KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

SKRIPSI

PERAWATAN PROBE FILTER UNTUK MENCEGAH PENURUNAN EFISIENSI EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM DI KAPAL MV. PAN HARVEST

Oleh:

OSADA AGUNG RAHESA

NRP. 565221689

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

PERAWATAN PROBE FILTER UNTUK MENCEGAH PENURUNAN EFISIENSI EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM DI KAPAL MV. PAN HARVEST

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program Pendidikan Diploma IV

Oleh:

OSADA AGUNG RAHESA

NRP. 565221689

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini Adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	: OSADA AGUNG RAHESA
NRP	: 565221689
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: TEKNIKA
Judul	: PERAWATAN PROBE FILTER UNTUK MENCEGAH PENURUNAN EFISIENSI EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM DI KAPAL MV. PAN HARVEST

Jakarta, 25 Mei 2026

Penulis



OSADA AGUNG RAHESA

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	: OSADA AGUNG RAHESA
NRP	: 565221689
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: TEKNIKA
Judul	: PERAWATAN PROBE FILTER UNTUK MENCEGAH PENURUNAN EFISIENSI EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM DI KAPAL MV. PAN HARVEST

Jakarta, 25 Mei 2026

Pembimbing Utama

SURSINA, ST., MT
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19720723 199803 2 001

Pembimbing Pendamping

IHROF MUZARODIN, S.E., M.Si.
Penata Tk. I (III/b)
NIP. 19810812 201012 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknika

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

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama	: OSADA AGUNG RAHESA
NRP	: 565221689
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: TEKNIKA
Judul	: PERAWATAN PROBE FILTER UNTUK MENCEGAH PENURUNAN EFISIENSI EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM DI KAPAL MV. PAN HARVEST

Jakarta, 29 Juni 2026

Ketua Penguji

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

Anggota Penguji

MERIYANTI AGUSTINAWATI, M.Pd.
Golongan x
NIP. 19890817 202321 2 052

Mengetahui;
Ketua Jurusan Teknika

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, dengan judul:

PERAWATAN PROBE FILTER UNTUK MENCEGAH PENURUNAN EFISIENSI EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM DI KAPAL MV. PAN HARVEST

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan kurikulum pendidikan program diploma IV yang diselenggarakan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Indonesia. Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyusun berdasarkan atas pengalaman yang penulis peroleh selama melaksanakan praktek laut (prala) di atas kapal serta dari buku referensi yang ada hubungannya dengan skripsi ini. Dalam penulisan skripsi ini dapat terjadi kesalahan atau kekurangan di dalam melakukan teknik penulisan maupun keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, kritik maupun saran yang diberikan oleh pembaca sangat dibutuhkan dan diharapkan oleh penulis. Tidak lupa penulis mengucapkan banyak 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 Indonesia.
2. Bapak Dr. Markus Yando Manurung, S.Si.T., M.M. selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknika.
3. Ibu Sursina, ST., MT selaku dosen pembimbing utama yang telah membantu membimbing dalam pengarahan pembahasan skripsi ini.
4. Bapak Ihrof Muzarodin, S.E., M.Si. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah membantu membimbing dalam pengarahan penulisan skripsi ini.
5. Seluruh Civitas Akademika, Staf, dan Dosen Pengajar Jurusan Teknika Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.

6. Kepada PAN OCEAN.CO.,L dan PT. JASINDO DUTA SEAGARA yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan praktek kerja laut (Prala) sehingga dapat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Ayahanda Kustoyo dan Ibunda Atik Widarti yang telah memberikan dukungan dengan baik serta doa yang menjadi kekuatan selama menjalani pendidikan di STIP.
8. Seluruh crew kapal MV. PAN HARVEST yang telah memberikan bantuan kepada penulis selama melaksanakan praktek laut.
9. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan baik moral maupun material serta doa dan penyemangat yang menjadi kekuatan untuk Penulis.
10. Senior dan junior Tim Pusroh Islam yang selalu memberikan dorongan dan semangat kepada penulis.
11. Teman dekat Penulis Tias Nur Apriliani yang telah memberikan dukungan maupun motivasi dan yang telah mendampingi penulis selama kuliah di STIP Indonesia.
12. Seluruh rekan-rekan seperjuangan angkatan LXV, yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
13. Semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Meskipun segala kemampuan telah penulis curahkan untuk menyelesaikan skripsi ini tetapi penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam membuat karya tulis ilmiah ini. Karena sesungguhnya manusia diciptakan dengan segala keterbatasannya dan hanya Allah SWT. Yang memiliki kesempurnaan itu. 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, 25 Mei 2026

Penulis



OSADA AGUNG RAHESA

DAFTAR ISI

Halaman

SAMPUL DALAM i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ii
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI iii
TANDA PENGESAHAN SKRIPSI iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL x
DAFTAR SINGKATAN xi
DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
ABSTRAK xiv
ABSTRACT xv
BAB I 1
A. LATAR BELAKANG 1
B. IDENTIFIKASI MASALAH 4
C. BATASAN MASALAH 5
D. RUMUSAN MASALAH 5
E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN 6
F. SISTEMATIKA PENULISAN 6
BAB II 9
A. TINJAUAN PUSTAKA 9
B. PENELITIAN TERDAHULU 25
C. KERANGKA PEMIKIRAN 27
BAB III 28
A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN 28
B. METODE PENELITIAN 30
C. SUMBER DATA 30

D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA 31
E. TEKNIK ANALISIS DATA 33
BAB IV 38
A. DESKRIPSI DATA 38
B. ANALISIS DATA 44
C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH 55
D. EVALUASI TERHADAP ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH 57
E. PEMECAHAN MASALAH 61
BAB V 62
A. KESIMPULAN 62
B. SARAN 63
DAFTAR PUSTAKA 65
LAMPIRAN 66

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Diagram *Exhaust Gas Cleaning System*…….. 17
Gambar 2.2 *CEMS (Continuous Emission Monitoring System)*……. 22
Gambar 2.3 Monitor *Exhaust Gas Cleaning System*…….……. 23
Gambar 2.4 Monitor *Water Analyzer*……. 24
Gambar 2.5 Kerangka Pemikiran……... 27
Gambar 3.1 *Drawing Exhaust Gas Cleaning System*……. 29
Gambar 3.2 Diagram *Fishbone*…… 35
Gambar 4.1 *Alarm record Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)*..... 39
Gambar 4.2 Panel *Continuous Emission Monitoring System (CEMS)*..... 40
Gambar 4.3 *Probe Filter*……. 41
Gambar 4.4 *T-Union*…… 42
Gambar 4.5 Diagram *Fishbone* pertama…….. 44
Gambar 4.6 *CEMS Analyzer Cabinet*…….. 47
Gambar 4.7 Proses kalibrasi…… 50
Gambar 4.8 *Strainer sea chest for scrubber*…… 51
Gambar 4.9 Diagram *Fishbone* kedua……. 52

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 *Daily routine* (Rutinitas harian)……. 11

Tabel 2.2 *Weekly routine* (Rutinitas mingguan)……. 11

Tabel 2.3 *Bi-weekly routine* (Rutinitas dua mingguan)……. 12

Tabel 2.4 *Monthly routine* (Rutinitas bulanan)…….. 12

Tabel 2.5 *Routine every six months* (Rutinitas setiap enam bulan)…… 13

Tabel 2.6 *Yearly routine* (Rutinitas tahunan)…….. 13

Tabel 2.7 Jenis-jenis *Analyzer*…… 24

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu…… 26

Tabel 3.1 Kriteria Wawancara……. 32

Tabel 4.1 Data Hasil Observasi …….. 41

Tabel 4.2 Analisis USG 1…… 45

Tabel 4.3 Analisis USG 2…… 53

DAFTAR SINGKATAN

MV : *Motor Vessel*

GT : *Gross Tonnage*

IMO : *International Maritime Organization*

MARPOL : *Marine Pollution*

EGCS : *Exhaust Gas Cleaning System*

CEMS : *Continuous Emission Monitoring System*

PMS : *Planned Maintenance System*

EIAPP : *Engine International Air Pollution Prevention Certificate*

IAPP *: International Air Pollution Prevention Certificate*

SOx *: Sulfur Oxides*

SO2 *: Sulfur Dioxide*

NOx *: Nitrogen Oxides*

CO2 *: Carbon Dioxide*

ECA *: Emission Control Areas*

EQA *: Environmental Quality Act*

HSFO *: High Sulfur Fuel Oil*

LSFO *: Low Sulfur Fuel Oil*

MDO *: Marine Diesel Oil*

USG : *Urgency, Seriousness, Growth*

SOP : *Standard Operational Procedure*

PSC : *Port State Control*

KR : *Korean Register*

DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

EGCS (Exhaust Gas Cleaning System): Sistem atau mesin bantu yang digunakan untuk menurunkan kadar emisi sulfur oksida (SOx) pada gas buang kapal, sering disebut juga sebagai *Scrubber*.

CEMS (Continuous Emission Monitoring System): Sistem pemantauan emisi gas buang secara terus-menerus yang keluar dari *scrubber* untuk memastikan tidak melampaui batas regulasi.

IMO (International Maritime Organization): Organisasi internasional yang mengatur standar keselamatan, keamanan, dan kinerja lingkungan pelayaran internasional.

ECA (Emission Control Areas)*:* Wilayah laut tertentu di mana kontrol emisi gas buang yang lebih ketat diterapkan.

Probe Filter*:* Komponen penyaring pertama yang digunakan untuk mengambil sampel gas buang pada cerobong sebelum dialirkan ke alat analisis *(analyzer).*

EIAPP (Engine International Air Pollution Prevention)*:* Sertifikat internasional yang memverifikasi bahwa mesin diesel kapal mematuhi batas emisi *Nitrogen Oksida (NOx).*

IAPP (International Air Pollution Prevention Certificate)*:* Sertifikat pencegahan polusi udara yang mencakup kapal secara keseluruhan.

PMS (Planned Maintenance System)**:** Sistem perencanaan perawatan permesinan di atas kapal.

SO_X **(Oksida Belerang)**: Gas polutan hasil pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur.

NO_X **(Nitrogen Oksida)**: Gas yang dihasilkan dari proses pembakaran pada suhu tinggi di atas 1300^0C.

CO_2 **(Karbon Dioksida)**: Salah satu kandungan gas hasil pembakaran mesin kapal.

H_2SO_4 **(Asam Sulfat)**: Hasil oksidasi SO_X di atmosfer yang menjadi penyebab utama hujan asam.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : *Ship Particular*

Lampiran 2 : *Crew List*

Lampiran 3 : Dokumentasi

Lampiran 4 : *EGCS Shipboard/Education/Training/Drill Assesment Record*

Lampiran 5 : *EGCS Parameters*

Lampiran 6 : Wawancara

ABSTRAK

Rahesa, Osada Agung. 2026, "Perawatan Probe Filter Untuk Mencegah Penurunan Efisiensi Exhaust Gas Cleaning System Di Kapal MV. PAN HARVEST"

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab kerusakan pada probe filter yang memengaruhi penurunan efisiensi EGCS, serta menjelaskan dampak yang timbul akibat ketidakfamiliaran dalam merawat sistem tersebut di kapal MV. Pan Harvest. Penulis melaksanakan praktek laut selama 10 bulan, terhitung 12 September 2024 sampai 06 Juli 2025. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif. Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara dengan Chief Engineer serta kru lain, sedangkan data sekunder diperoleh dari manual book, Planned Maintenance System (PMS), dan dokumen kapal. Teknik analisis data menggunakan diagram fishbone untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab masalah, kemudian dilanjutkan dengan metode USG (Urgency, Seriousness, Growth) untuk menentukan prioritas akar masalah dan alternatif pemecahannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan probe filter disebabkan oleh penumpukan karbon akibat tidak adanya pembersihan secara rutin dan perawatan yang tidak sesuai dengan manual book, sehingga gas analyzer gagal mendeteksi kadar SO2 dan CO2 pada gas buang. Sementara itu, ketidakfamiliaran disebabkan oleh kurangnya pengalaman serta tidak adanya pelatihan terhadap sistem EGCS sebelum kru bertugas di atas kapal. Pemecahan masalah yang diambil adalah melaksanakan work orders sesuai manual book untuk perawatan probe filter, serta memberikan pelatihan EGCS kepada kru sebelum naik kapal. Sebagai saran, perusahaan disarankan menjadwalkan pembersihan probe filter secara berkala menggunakan udara bertekanan sesuai PMS, menyelenggarakan pelatihan EGCS bagi engineer sebelum on board, serta mendorong familiarisasi mandiri antarkru agar penanganan permasalahan pada EGCS dapat dilakukan secara lebih cepat dan tepat.

Kata kunci : *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)*

ABSTRACT

Rahesa, Osada Agung. 2026, "*Perawatan Probe Filter Untuk Mencegah Penurunan Efisiensi Exhaust Gas Cleaning System Di Kapal MV. PAN HARVEST"*

This study aims to identify the causes of filter probe damage that reduce EGCS efficiency and to explain the consequences of crew unfamiliarity with maintaining the system on the MV Pan Harvest. The author conducted a ten-month sea service internship, spanning from September 12, 2024, to July 6, 2025. A descriptive qualitative research methode was employed. Primary data were gathered through direct observation and interviews with the Chief Engineer and other crew members, while secondary data were obtained from technical manuals, the Planned Maintenance System (PMS), and ship documentation. Data analysis utilized a fishbone diagram to identify contributing factors, followed by the USG (Urgency, Seriousness, Growth) methode to prioritize root causes and determine potential solutions. The findings indicate that the filter probe damage resulted from carbon buildup caused by a lack of routine cleaning and maintenance procedures that deviated from the manual, leading to the gas analyzer's failure to detect SO2 and CO2 levels in the exhaust gas. Meanwhile, the unfamiliarity stemmed from a lack of experience and the absence of EGCS-specific training prior to the crew's assignment on board. The adopted solutions involve executing maintenance work orders for the filter probe in accordance with the manual and providing EGCS training to crew members before they embark. Recommendations include scheduling periodic filter probe cleaning using compressed air as per the PMS, conducting EGCS training for engineers prior to boarding, and encouraging peer-to-peer familiarization among the crew to ensure faster and more accurate resolution of EGCS-related issues.

Keywords : *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)*

BAB I
PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Industri pelayaran global saat ini menghadapi regulasi lingkungan yang semakin ketat, terutama yang diatur oleh *International Maritime Organization (IMO),* melalui MARPOL Annex VI. Regulasi ini bertujuan untuk mengurangi emisi polutan berbahaya dari kapal, khususnya *Sulfur Oksida* (SO2) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar kapal. Batasan kandungan *sulfur* dalam bahan bakar yang digunakan oleh kapal telah mendorong penggunaan sistem alternatif untuk kepatuhan, salah satunya adalah *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS),* atau yang lebih dikenal sebagai *Scrubber*. Mesin bantu ini juga merupakan langkah dari perusahaan kapal untuk mengurangi biaya bahan bakar karena bahan bakar *HSFO* lebih murah daripada *MDO*. Di dalam bahan bakar *HSFO* sendiri memiliki kadar sulfur yang tinggi yaitu 3.50% atau bahkan bisa lebih tinggi tergantung dari *bunker barge* yang dipesan oleh perusahaan. *Exhaust Gas Cleaning System* akan mengurangi kadar sulfur dari bahan bakar hingga 0.5% atau 0.1%, dengan hal tersebut kapal akan tetap ramah lingkungan walaupun menggunakan bahan bakar yang memiliki kadar *sulfur* yang tinggi.

IMO (International Maritime Organization) telah mengatur standar kadar sulfur yang rendah yang dispesifikkan di dalam ANNEX VI tentang *marine pollution*. Di dalamnya mengatur batas batas sulfur yang ditetapkan sejak 1 Januari 2020 yaitu bahan bakar secara global adalah 0.50% m/m (massa per massa). Kemudian juga di wilayah tertentu yang ditetapkan sebagai *Emission Control Areas (ECA)* yaitu 0.1% m/m. Sesuai dengan peraturan 14 Lampiran VI, kandungan sulfur dalam bahan bakar tidak melebihi 1,5% dan harus dikurangi menjadi 0,1% di dalam *ECA (Emission Control Areas)* dan 0,5% di perairan internasional mulai 1 Januari 2015. Peraturan 13

mengharuskan kapal untuk mengurangi kandungan NO_X. Emisi dan produsen diharuskan memasang komponen pengurang NOx. Karena pengurangan sebesar ini tidak mungkin hanya dengan mengontrol proses pembakaran. Untuk mematuhi hal tersebut perusahaan kapal PAN OCEAN Co.,Ltd. menggunakan alternatif *Exhaust Gas Cleaning System* untuk mengurangi kadar polutan emisi gas buang walaupun menggunakan bahan bakar yang memiliki kadar sulfur yang tinggi.

Kapal dengan rute yang menjangkau dunia atau biasa disebut *world wide ship route* umumnya menggunakan bahan bakar yang massa jenisnya berat dan memiliki kandungan rata-rata sulfur yang tinggi yaitu di atas 2,7%. Hasil pembakaran dari kapal yang menggunakan bahan bakar dengan kadar sulfur yang tinggi akan menghasilkan beberapa kandungan gas lain antara lain *karbon dioksida* (CO2), *nitrogen oksida* (NO_X), dan *oksida belerang* (SO_X), dan juga berdasarkan penelitian yang dilakukan bahwa kapal merupakan salah satu penyumbang polusi atmosfer terbesar. SO_X dan NO_X merupakan penyumbang besar hujan asam, SO_X dan NO_X yang terperangkap di dalam awan akan teroksidasi menjadi SO3 yang membentuk asam sulfat (H_2SO_4). Ketika bertemu dengan air yang berada di awan. Air yang sudah tercampur dengan asam sulfat akan diturunkan ke bumi melalui hujan yang menyebabkan korosi pada besi dan mengurangi kesuburan tanah.

Di era sekarang, MARPOL di dalam annex IV telah menetapkan klasifikasi kapal berdasarkan tahun pembuatan mesin yang meliputi Tier I 2000-2010, Tier II 2011-2025, Tier III 2026-sekarang. Langkah ini merupakan langkah yang diambil IMO untuk mengetahui atau menghitung emisi gas buang dari masing masing kapal, apakah kapal tersebut memenuhi syarat untuk masuk ke dalam area yang tercakup oleh *Emission Control Area (ECA)* atau tidak. Di dalam Tier sendiri meliputi batasan NOx yang dihasilkan oleh mesin yang dapat dihitung oleh masing-masing kapal. NOx sendiri adalah gas yang dihasilkan oleh *Oksigen dan Nitrogen Oksida* yang dipanaskan pada suhu tinggi lebih dari 1300^0C di dalam ruang pembakaran dan menghasilkan Nox. Kapal yang mempunyai rute yang masuk ke dalam *Emission Control Area (ECA)* juga harus memiliki sertifikat yaitu *Engine International Air Pollution Prevention Certificate (EIAPP).* Sertifikat tersebut adalah sertifikat Internasional yang

menyatakan bahwa mesin diesel kapal mematuhi batas emisi udara yang ditetapkan dalam lampiran VI Konvensi MARPOL. *EIAPP* memverifikasi kepatuhan mesin diesel kapal terhadap standar emisi *Nitrogen Oksida* NOx sudah memenuhi standar yang ditetapkan. Selain sertifikat *EIAPP*, ada juga sertifikat *IAPP* (*International Air Pollution Prevention Certificate*) yang menjangkau kapal secara keseluruhan, sedangkan *EIAPP* hanya untuk mesin saja.

Emisi gas buang yang dihasilkan dari MV. PAN HARVEST merupakan salah satu permasalahan utama yang dirasakan oleh dunia. SO2 yang dihasilkan oleh kapal akan berpengaruh terhadap iklim dunia dimana akan menutupi lapisan atmosfer, sehingga panas yang dihasilkan oleh bumi tidak dapat dilepas ke luar atmosfer yang menyebabkan bumi menjadi panas. *EGCS* sendiri akan menangani kadar sulfur dengan menyaring gas buang dengan menyemprotkan air laut, kadar sulfur yang ada akan terbawa juga oleh air laut yang membilas dan akan dibuang ke laut. Dengan adanya pengontrolan terhadap emisi gas buang diharapkan akan menjaga iklim di bumi yang stabil dan nyaman untuk ditempati.

Exhaust Gas Cleaning System (EGCS) dibuat untuk menanggulangi gas buang yang melebihi batas yang ditentukan serta jawaban dari peraturan yang ditetapkan *International Maritime Organization (IMO)* yang dibuat untuk mengatur emisi gas buang pada kapal. Di dalam sistem *Exhaust Gas Cleaning System* terdapat *Probe Filter* yang digunakan untuk menyaring sampel gas buang pada cerobong yang akan dianalisis. *T-Union* juga berpengaruh terhadap aliran sampel gas buang yang akan dialirkan ke *gas analyzer.* Tersumbatnya *T-union* akibat penumpukan karbon di dalam *sample line* menyebabkan tersumbatnya aliran gas sampel. Ketidaksesuaian gas buang yang tidak sesuai terhadap regulasi yang ditetapkan bisa mengakibatkan pencemaran udara yang dapat merusak lingkungan serta ekosistem di bumi.

Pada saat penulis melakukan praktek laut ditemukanlah kerusakan pada probe filter di kapal MV. PAN HARVEST dikarenakan ketidakfamiliaran terhadap sistem *Exhaust Gas Cleaning System* menyebabkan kerusakan pada probe filter yang tidak diketahui, maka sirkulasi sampel gas buang menuju *(CEMS) Continuous Emission Monitoring System* akan terhambat sehingga gas analyzer tidak bekerja dengan maksimal. Dari

segi operasional maupun perawatan *EGCS* tergolong mudah dilakukan. Namun, dalam prakteknya seringkali terjadi penurunan terhadap sistem ini. Probe filter merupakan penyaring gas buang yang di dalamnya terdapat zat karbon yang akan menyumbat filter jika tidak dilakukan perawatan berkala. Untuk mengantisipasi akan kerusakan pada probe filter, masinis 1 melakukan familiarisasi terhadap sistem *EGCS* dan melakukan perawatan terhadap probe filter sesuai dengan *manual book* maupun saran dari kru lain yang memiliki pengalaman terhadap sistem *EGCS*. Setelah mengetahui bagaimana cara perawatan atau antisipasi supaya tidak terjadinya kerusakan *probe filter,* masinis 1 melakukan *maintenance* secara berkala terhadap *probe filter* sehingga *Continuous Emission Monitoring System (CEMS)* dapat bekerja dengan maksimal. Masalah ini menarik perhatian penulis akan pentingnya perawatan pada *Probe Filter* untuk menunjang kelancaran pada sistem *Exhaust Gas Cleaning System,* maka penulis mengambil judul :

”PERAWATAN PROBE FILTER UNTUK MENCEGAH PENURUNAN EFISIENSI EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM DI KAPAL MV. PAN HARVEST”.

Dengan adanya perawatan yang sesuai diharapkan tidak terulangnya kerusakan pada *Probe Filter* yang menyebabkan penurunan efisiensi *Exhaust Gas Cleaning System.* Di samping itu penulis mengangkat judul ini untuk mengetahui langkah pengambilan tindakan masalah-masalah yang dapat terjadi.

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang, penulis dapat menyimpulkan berdasarkan *manual book*, pengalaman penulis pada saat praktek laut, dan wawancara terhadap masinis 1 selaku engineer yang bertanggung jawab bahwa kerusakan pada probe filter sangat berpengaruh terhadap kinerja *Exhaust Gas Cleaning System.* Masalah yang terjadi jika terdapat kerusakan pada *probe filter* adalah :

1. Kerusakan *probe filter* mempengaruhi kinerja *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS).

2. Ketidakfamiliaran dalam melakukan perawatan sistem *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS).
3. Sampel gas buang tidak tersirkulasi ke dalam *gas analyzer*.
4. Kadar sulfur yang cukup tinggi di dalam gas buang.

C. BATASAN MASALAH

Berdasarkan identifikasi masalah, dan banyaknya masalah yang ada di atas kapal, penulis menyimpulkan batasan masalah yang dapat diambil dari judul dan dapat dikembangkan pada bab selanjutnya sebagai berikut :

1. Kerusakan *probe filter* mempengaruhi kinerja *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS).
2. Ketidakfamiliaran dalam melakukan perawatan sistem *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS).

D. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, serta pengalaman penulis selama menjalani praktek laut dan beberapa kejadian yang terjadi di kapal MV. PAN HARVEST , penulis merumuskan beberapa masalah. Rumusan masalah ini disusun untuk mempermudah dalam penulisan skripsi dan diharapkan dapat membantu dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Di dalam rumusan masalah penulis akan memperjelas tujuan penelitian berdasarkan pengalaman selama praktek laut dan menganalisis sesuai dengan objek sebenarnya. Hal ini bertujuan untuk memperjelas bagaimana kerusakan tersebut dapat terjadi berdasarkan kejadian yang sebenarnya. Rumusan masalah yang diambil oleh penulis merupakan hasil dari Kesimpulan observasi yang dilakukan penulis selama melakukan praktek laut selama 10 bulan. Maka dari itu penulis menyimpulkan 2 rumusan masalah yaitu:

1. Apa penyebab kerusakan *probe filter* pada *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)*?
2. Untuk mengetahui penyebab ketidakfamiliaran dalam melakukan perawatan sistem *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS).*

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Penelitian

a. Untuk mengetahui penyebab kerusakan pada *probe filter* yang mempengaruhi penurunan efisiensi *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)* di kapal MV. PAN HARVEST

b. Dampak yang terjadi jika tidak familiar dalam melakukan perawatan *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)*

2. Manfaat Penelitian

a. Aspek Teoritis

1) Temuan dalam penelitian ini diharapkan dapat memperkaya referensi keilmuan serta berfungsi sebagai rujukan ilmiah dalam merumuskan solusi atas kendala praktis di lapangan.

2) Sebagai bahan masukan dalam mencegah kerusakan pada *probe filter* dalam *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS).*

b. Aspek Praktis

1) Penelitian ini ditujukan untuk memperluas perspektif pembaca, praktis pelaut, mengenai prosedur pemeliharaan *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)*, khususnya pada komponen *probe filter*.

2) Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya wawasan sekaligus menjadi panduan praktis dalam mengoptimalkan perawatan sistem EGCS secara keseluruhan.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan adalah kerangka atau tata urutan standar dalam menyusun sebuah karya ilmiah (seperti makalah, skripsi, atau laporan). Pada sistematika penulisan di bawah ini adalah terdiri dari lima bab, dan antara bab pertama sampai bab lima itu saling berhubungan satu sama lain dengan harapan dapat memudahkan dalam pembacaan dan pemahaman tentang isi skripsi yang penulis buat. Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis menguraikan tentang latar belakang permasalahan mengenai permesinan *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS),* regulasi yang berlaku terhadap pengontrolan emisi gas buang, dan klasifikasi jenis kapal berdasarkan tahun pembuatan mesin kapal. Sehingga dapat ditemukan judul penelitian, serta mengenai identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini penulis menjelaskan hasil penelitian yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas mengenai *EGCS* yang memaparkan tentang faktor faktor yang relevan untuk memecahan masalah dan juga berisikan pengertian/definisi, teori, dan kerangka pemikiran. Landasan tersebut juga dapat diambil dari *Manual Book,* wawancara terhadap kru, maupun berdasarkan evaluasi pengalaman penulis selama di kapal.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini memberikan informasi tentang waktu dan tempat penelitian yang dilakukan, metode pendekatan yang digunakan, teknik pengumpulan data, sumber data, serta teknik analisis data. Hal ini bertujuan untuk menemukan cara dan mendapatkan data melalui observasi selama melaksanakan praktek laut, juga wawancara terhadap kru yang bertanggung jawab terhadap pokok permasalahan tersebut.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan pembahasan mendalam mengenai seluruh pokok permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Bagian ini menguraikan hasil analisis data secara komprehensif dengan mengintegrasikan teori pendukung, fakta lapangan, pengalaman kru dalam mengoperasikan sistem, serta alternatif solusi yang diusulkan

untuk mengatasi kendala yang ada.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini merangkum poin-poin penting dari hasil pembahasan analisis data guna menjawab tujuan penelitian. Selain menyajikan kesimpulan, bab ini memuat rekomendasi serta tindakan preventif terkait optimalisasi sistem EGCS, sekaligus menawarkan opsi pemecahan masalah yang telah dirancang oleh penulis.

BAB II
LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

1. Perawatan (*Maintenance)*

Menurut (Zein et al., 2019), Perawatan *(maintenance)* merupakan serangkaian aktivitas yang dirancang untuk memelihara fasilitas operasional melalui tindakan perbaikan, penyesuaian, ataupun penggantian komponen. Secara konseptual, tindakan ini memadukan berbagai upaya teknis guna menjaga dan memulihkan kondisi suatu peralatan agar tetap berada pada tingkat performa yang dapat diterima, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar sesuai target yang diharapkan. Perawatan dalam suatu sistem produksi merupakan aktivitas teknis yang berfokus pada objek tertentu melalui tindakan pemeliharaan, pembersihan, penyetelan, pemeriksaan, perbaikan, hingga penggantian komponen. Rangkaian kegiatan ini—termasuk pengisian ulang bahan habis pakai—sangat krusial untuk menjaga stabilitas performa mesin serta keandalan aset perusahaan agar dapat terus beroperasi sebagaimana mestinya. Dengan demikian, kebijakan pemeliharaan harus dirancang secara seimbang. Ketiadaan pemeliharaan akan mengakibatkan penurunan keandalan mesin secara drastis, sedangkan intensitas perawatan yang berlebihan justru akan memicu membengkaknya biaya operasional perusahaan (*over-maintenance*). Adanya kecenderungan di mana peran pemeliharaan kerap dinilai sebelah mata karena faktor beban finansial tambahan yang harus dikeluarkan perusahaan. Dampaknya, kesadaran akan pentingnya tindakan preventif ini baru muncul sebagai prioritas mutlak ketika sistem telah memanifestasikan gangguan atau tidak dapat lagi dijalankan untuk kebutuhan produksi.

Menurut Arsyad,M.,& Sultan, A. Z. (2018) Pengelompokkan jenis-jenis perawatan antara satu perusahaan dengan perusahan yang lain tidak ada yang sama. Hal ini disebabkan setiap perusahaan memiliki karakter dan pola manajemen yang berbeda. Namun demikian, secara umum pengelompokan kegiatan perawatan dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu Perawatan Terencana (Planned Maintenance), dan Perawatan Tidak Terencana (Unplanned Maintenance). Jenis-jenis Perawatan:

1. **Perawatan Pencegahan (Preventive Maintenance)** adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau kegiatan perawatan yang direncanakan untuk melakukan pencegahan (preventif). Ruang lingkup kegiatan perawatan pencegahan tersebut meliputi: inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan., sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi terhindar dari kerusakan.
2. **Perawatan Korektif (Corrective Maintenance)** adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas/peralatan hingga mencapai kondisi yang dapat diterima. Dalam perbaikan dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik.
3. **Perawatan Darurat (Emergency Maintenance)** adalah kegiatan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.
4. **Perawatan Berjalan (Running Maintenance)** dimana pekerjaan perawatan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan beroperasi. Perawatan berjalan diterapkan pada peralatan-peralatan yang harus beroperasi terus dalam melayani proses produksi. Beberapa kegiatan yang dilakukan seperti pembersihan, pemeriksaan, penyetelan.
5. **Perawatan Berhenti (Shut Down Maintenance)** dimana pekerjaan perawatan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan harus dalam keadaan berhenti. Perawatan berhenti merupakan kegiatan perawatan yang telah direncanakan. Beberapa kegiatan yang dilakukan seperti pembersihan, pemeriksaan, overhaul.
6. **Perawatan setelah terjadi kerusakan (Breakdown Maintenance)** merupakan Pekerjaan perawatan dilakukan setelah terjadi kerusakan pada peralatan, dan untuk

memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, material, alat-alat dan tenaga kerjanya.

7. **Perawatan Menyeluruh (Overhaul Maintenance)** merupakan kegiatan rutin yang meliputi pembongkaran, pembersihan, pemeriksaan, pengukuran, perbaikan, perakitan, dan pengetesan.

Adapun perawatan-perawatan pada *Exhaust Gas Cleaning System* yang sesuai dengan *manual book* adalah:

Tabel 2.1 *Daily routine* (Rutinitas harian)

Unit	**Keterangan**
Heated sample line	Periksa suhu dengan tangan Tabung sampel harus terasa hangat di bagian keluaran probe dan masukan kabinet.
Semua instrument	Periksa tampilan instrumen untuk melihat pesan kesalahan.
Filter	Periksa filter pada SCS *(Scrubber Control System)*

Tabel 2.2 *Weekly routine* (Rutinitas mingguan)

Unit	**Keterangan**
Unit pendingin	Periksa apakah lubang masuk dan keluar udara bebas dari pasir, debu, atau benda asing lainnya.
Modul analisis	Periksa aliran pada bentang dan saluran masuk udara dengan menggunakan flowmeter yang terpasang pada braket penyangga bawah kabinet analyzer
Probe filter	Lakukan penggantian secara berkala jika diperlukan.

Tabel 2.3 *Bi-weekly routine* (Rutinitas dua mingguan)

Unit	Keterangan
Kalibrasi	Lakukan pengecekan rentang waktu dua mingguan. Jika penyimpangan signifikan, lakukan kalibrasi. Vimex merekomendasikan kalibrasi setiap dua minggu untuk memastikan penganalisis selalu akurat. Interval dapat diperpanjang jika penyimpangannya tidak signifikan.

Tabel 2.4 *Monthly routine* (Rutinitas bulanan)

Unit	Keterangan
Eksterior kabinet dan unit	Bersihkan semua permukaan.
Kalibrasi	WAJIB BULANAN! (tetapi Vimex merekomendasikan penayangan dua mingguan) Agar sesuai dengan sertifikat persetujuan tipe yang dikeluarkan untuk penganalisis ini, kalibrasi manual harus dilakukan setiap 30 hari.
Jalur sampel di dalam kabinet	Periksa seluruh selang secara visual untuk melihat adanya kondensasi, kontaminasi, dan kebocoran.
Sampel *probe filter*	Periksa adanya kontaminasi dan kerusakan fisik. Ganti elemen filter jika diperlukan.
Sampel Gas Filter	Lakukan pemeriksaan visual untuk kontaminasi dan kerusakan fisik. Ganti jika diperlukan. Dapat diganti lebih awal jika aliran berkurang hingga tingkat yang memicu alarm atau jika filter terkontaminasi.
Filter partikel pada Unit Penyaring Udara	Periksa filter apakah ada kontaminasi. Ganti jika perlu.

Filter penyerap oli pada Unit Penyaring Udara	Periksa filter apakah ada kontaminasi. Ganti jika perlu.

Tabel 2.5 *Routine every six months* (Rutinitas setiap enam bulan)

Unit	**Keterangan**
Sampel *probe filter*	Ganti elemen filter.
Sampel *gas filter*	Ganti elemen filter. Dapat diganti lebih awal jika aliran berkurang hingga tingkat yang memicu alarm atau jika filter terkontaminasi.
Tabung gas kalibrasi	Periksa tanggal kedaluwarsa pada tabung. Pesan tabung baru jika tekanan turun di bawah 50 barg.

Tabel 2.6 *Yearly routine* (Rutinitas tahunan)

Unit	**Keterangan**
Heated sample line	Periksa kelembapan dan kontaminasi. Bersihkan sesuai kebutuhan.
Gas pump membrane	Periksa kondisi fisik. Ganti jika diperlukan
Solenoid valves	Lakukan uji fungsional. Lakukan uji kebocoran
Filter partikel pada Unit Penyaring Udara	Ganti filter.
Filter penyerap oli pada Unit Penyaring Udara	Ganti penyaring
Sampel *probe* dengan *demister*	Ganti bahan pengisi pada alat penghilang embun.
Analisis Perangkap kondensasi	Ganti perangkap kondensasi

Data di atas merupakan prosedur yang ditetapkan oleh perusahaan yang mengatur tentang perawatan pada *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)* terutama pada *Continuous Emission Monitoring System (CEMS)* yang di dalamnya juga terdapat *probe filter.*

Tujuan-tujuan melakukan *maintenance* di antaranya adalah :

1. Mencegah terjadinya kerusakan berat yang memerlukan biaya perbaikan yang lebih tinggi.
2. Untuk menjamin keselamatan tenaga kerja yang menggunakan mesin yang bersangkutan.
3. Tingkat ketersediaan mesin yang maksimum (berkurangnya downtime)
4. Dapat memperpanjang masa pakai mesin atau peralatan kerja

Dari hal diatas, prosedur yang menjadi fokus peneliti yaitu *Preventive Maintenance* untuk melakukan pencegahan terhadap kemungkinan yang dapat menyebabkan kerusakan pada sistem *Exhaust Gas Cleaning System*.

2. *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)*

Menurut (Hidayat, 2021) *scrubber* merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan partikel padat (debu) yang terdapat pada gas atau udara dengan memanfaatkan cairan sebagai media bantu. Sedangkan menurut penulis *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)* merupakan alat atau mesin bantu yang berfungsi untuk mengurangi kadar SOx pada gas buang kapal sehingga emisi yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Dengan penggunaan EGCS, kapal tetap dapat menggunakan bahan bakar berkualitas rendah yang harganya lebih murah, sehingga biaya operasional kapal dapat ditekan dan menjadi lebih ekonomis. Alat ini bertujuan untuk menurunkan kadar sulfur yang terkandung dalam gas buang. Dalam proses scrubbing, air merupakan cairan yang paling umum digunakan, meskipun cairan lain seperti asam sulfat dan jenis cairan tertentu lainnya juga dapat dimanfaatkan. Pada awalnya, scrubber dikenal sebagai alat pengendali polusi yang menggunakan cairan untuk membersihkan zat pencemar yang tidak diinginkan dari aliran gas. Namun, saat ini istilah *scrubber* juga digunakan dalam industri pelayaran guna menetralisir atau membersihkan gas asam. Oleh karena itu, scrubber menjadi salah satu peralatan utama dalam pengendalian emisi gas, khususnya gas asam.

Dari definisi tersebut penulis menyimpulkan bahwa *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)* merupakan peralatan bantu permesinan yang banyak digunakan oleh perusahaan pelayaran untuk memenuhi peraturan emisi yang ditetapkan oleh

International Maritime Organization. Selain itu, EGCS juga berfungsi sebagai upaya pengendalian pencemaran udara di atmosfer dengan cara membersihkan gas buang yang mengandung sulfur sebelum dilepaskan ke lingkungan.

Exhaust Gas Cleaning System (EGCS) pada kapal MV. PAN HARVEST memiliki spesifikasi kemampuan kapasitas pemisahan udara yang bersih dan pembuangan air yang bersih yang memenuhi persyaratan tidak lebih dari 0.1% sampai 0.5% sesuai dengan Marpol Annex VI (tentang peraturan polusi udara kapal) yang mewajibkan kapal pengangkut maritim untuk mengurangi emisi gas buang, sesuai dengan peraturan 14 dalam lampiran VI. *Probe filter* sebagai salah satu rangkaian alat pendeteksi pada saat pembuangan emisi gas buang dari kapal supaya dapat menjamin agar udara yang dibuang tidak melebihi yang diizinkan (0.1 sampai 0.5%).

a) Jenis-jenis *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)*

Berdasarkan metode pembersihan, EGCS diklasifikasikan menjadi dua metode pembersihan utama:

1) ***Scrubber* Basah (*Wet Scrubber*)**: Metode ini menggunakan cairan, biasanya air laut atau air tawar yang dicampur dengan bahan kimia alkali (seperti natrium hidroksida), untuk menghilangkan polutan (terutama sulfur dioksida atau SOx) dari gas buang. Gas buang dialirkan melalui semprotan cairan, di mana terjadi reaksi kimia yang menetralkan sifat asam gas buang tersebut.
2) ***Scrubber* Kering (*Dry Scrubber*)**: Metode ini menggunakan bahan penyerap atau adsorben kering (seperti kapur) yang disuntikkan ke dalam aliran gas buang. Polutan bereaksi dengan bahan kering tersebut dan kemudian dikumpulkan sebagai partikel padat. Sistem ini umumnya tidak menghasilkan air limbah cair.

Berdasarkan Sistem Operasi (Umumnya di Kapal) diklasifikasikan berdasarkan cara pengelolaan air bilasan (washwater):

1) **Sistem Loop Terbuka (*Open-Loop System*)**:

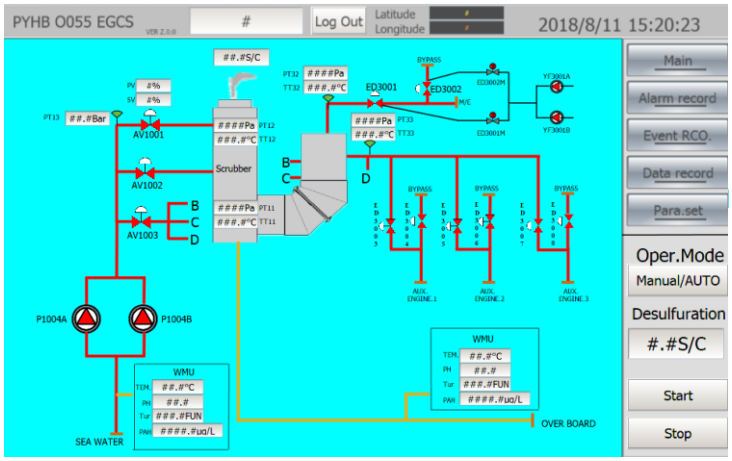
Sistem ini menggunakan air laut sebagai media pencuci untuk menetralisir SOx dalam gas buang. Setelah digunakan, air bilasan yang telah diolah

(memenuhi standar kualitas air) langsung dibuang kembali ke laut. Sistem ini populer karena tidak memerlukan tangki penyimpanan air bilasan yang besar di atas kapal.

2) **Sistem Loop Tertutup (*Closed-Loop System*)**:
   Sistem ini menggunakan air tawar yang dicampur dengan bahan kimia alkali (misalnya, natrium hidroksida) sebagai media pencuci. Air bilasan didaur ulang dalam sistem setelah melalui proses pengolahan untuk menghilangkan partikel padat dan menetralkan pH-nya. Hanya sebagian kecil air yang dibuang ke laut atau ditampung di tangki penampungan (*sludge tank*) untuk dibuang di darat. Sistem ini cocok untuk beroperasi di area dengan peraturan pembuangan air yang ketat.
3) **Sistem Hibrida (*Hybrid System*)**:
   Sistem ini menggabungkan fitur loop terbuka dan loop tertutup, memungkinkan kapal untuk beralih di antara kedua mode operasi tersebut. Fleksibilitas ini memungkinkan kapal untuk beroperasi dalam mode loop terbuka di perairan terbuka dan beralih ke mode loop tertutup saat berada di Area Kontrol Emisi *(ECA)* atau pelabuhan dengan peraturan pembuangan air yang ketat.

b) Prinsip kerja *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)*
   1) Pompa utama memasok air ke penyemprot atau *nozzle jet*.
   2) Jumlah air yang dipompa diatur untuk memastikan pembuangan SOx yang maksimal sesuai dengan set point yang ditentukan.
   3) Air bekas cucian yang keluar dari *jet section* dan *absorber* masuk ke saluran pembuangan. Di dalamnya air bekas pencucian akan melewati *demister* dan partikel karbon akan tersaring olehnya.
   4) Air bekas cucian akan dibuang ke laut. Sebelum air cucian dibuang ke laut, air akan dimonitor terlebih dahulu. Di dalamnya akan terdeteksi suhu air, pH, Turbidity dan PAH.
   5) Gas buang yang sudah dibersihkan akan menuju ke cerobong. Sistem pengendalian gas buang pada scrubber memiliki saluran *bypass* nya sendiri.

Jika scrubber tidak digunakan maka katup tersebut akan tertutup dan gas buang yang berasal dari main engine akan langsung keluar menuju ke cerobong.



Gambar 2.1 Diagram *Exhaust Gas Cleaning System* di kapal MV.PAN HARVEST

Sumber: Buku panduan *Exhaust Gas Cleaning System*

Berdasarkan *manual book Exhaust Gas Cleaning System (EGCS),* proses kerja *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)* dalam membersihkan gas buang yaitu gas buang hasil pembakaran mesin akan dibersihkan menggunakan air laut yang dipompa oleh *scrubber pump.* Air yang sudah digunakan untuk membersihkan gas buang akan dianalisis terlebih dahulu pada *Water Monitoring Unit (WMU).* Sedangkan gas yang telah dibersihkan akan dianalisis oleh *CEMS Continuous Emission Monitoring System* apakah sudah sesuai dengan batas yang ditentukan atau belum sebelum dilepaskan ke udara. Masalah yang terjadi yaitu jika sampel gas buang tidak dapat tersalurkan ke *gas analyzer*, maka *Continuous Emission Monitoring System* tidak dapat mendeteksi adanya gas, sehingga sampel gas tidak dapat terbaca yang akan menjadi masalah ketika ada pemeriksaan tentang data log dari EGCS.

c) Jenis-jenis Mode

1) Mode *Manouver*

Exhaust Gas Cleaning System (EGCS) bekerja dengan merespons sinyal operasi yang berasal dari unit pembakaran yang terhubung. Tergantung pada

jenis mesin utama maupun mesin bantu, terdapat beberapa kondisi yang terjadi pada EGCS ketika kapal sedang melakukan manuver.

Mesin utama : Pada mesin utama, mesin akan dihidupkan dan dimatikan secara berulang untuk mengubah arah pelayaran. Setiap kali mesin berhenti atau kembali dijalankan, katup pengambilan serta katup bypass damper pada mesin tersebut akan membuka dan menutup secara otomatis.

Mesin bantu : Sementara pada mesin bantu terjadi perubahan beban mesin yang besar dan berlangsung dengan cepat. Kondisi ini menyebabkan katup pada penyemprot air aktif secara berulang dalam interval waktu yang singkat.

Oleh karena itu, mode manuver digunakan untuk memodifikasi sinyal mesin agar perilaku katup tetap stabil selama mode manuver diaktifkan. Sinyal kerja mesin harus tetap aktif pada setiap jalur utama mesin yang terhubung dengan monitor *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)*. Dengan kondisi tersebut, katup damper pada mesin akan tetap berada dalam posisi terbuka, sedangkan bypass damper valve tetap tertutup selama mode manuver berlangsung.

Tersedia opsi untuk mengatur nilai beban scrubber guna mencegah terjadinya perubahan berulang pada katup penyemprot air. Mode manuver hanya memberikan pengaruh pada mesin utama, sedangkan untuk unit pembakaran lainnya seperti mesin bantu tetap menggunakan kontrol scrubber normal. Selama mode manuver berlangsung, proses pembersihan otomatis pada demister maupun pembersihan cerobong tidak dilakukan. Setelah mode manuver dinonaktifkan, seluruh sinyal yang berkaitan dengan mesin akan segera kembali ke kondisi normal atau status semula.

2) Mode *Bypass*

Pada mode *bypass,* katup *bypass damper* pada setiap unit pembakaran yang terhubung ke *scrubber* akan terbuka, sedangkan katup intake damper tertutup. Kondisi ini menyebabkan gas buang dari unit pembakaran langsung dialirkan menuju cerobong tanpa melewati scrubber. Mode *bypass* dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis. Dengan demikian, *Exhaust Gas Cleaning*

System (EGCS) tetap dapat dijalankan meskipun gas buang tidak dialirkan melalui *scrubber.* Adapun mode bypass biasanya digunakan dalam kondisi sebagai berikut:

a. Melakukan pengujian secara berkala terhadap kerja katup intake damper dan bypass damper sebagai bagian dari kegiatan pemeliharaan preventif.
b. Untuk menjalankan pembersihan *demister* manual.
c. Untuk pengecekan yang dilakukan dengan *scrubber* yang sedang berjalan.
d. Untuk mengoperasikan komponen bergerak, seperti pompa dan katup, selama *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)* tidak digunakan dalam jangka waktu yang lama.
e. Ketika kapal berlayar di wilayah regulasi *ECA (Emission Control Area)* dan menggunakan bahan bakar dengan kadar sulfur rendah, mode bypass dapat diaktifkan sehingga operasional kapal tetap dapat berjalan sebagaimana mestinya tanpa penggunaan scrubber secara penuh.

d) Komponen *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)*

Berikut merupakan komponen-komponen utama pada *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)* berdasarkan *operation manual book scrubber*:

1. Saluran Masuk, *bypass / uptake, dan sealing/* Pembersih gas buang

Saluran masuk gas buang yang dilengkapi dengan *intake damper* dan *bypass* pada bagian *inlet scrubber* berfungsi untuk mengarahkan aliran gas buang dari unit pembakaran menuju *scrubber* atau langsung ke cerobong. Arah aliran gas buang diatur oleh dua katup, yaitu *bypass damper* dan *uptake damper*. Setiap unit pembakaran dilengkapi dengan kedua jenis *damper* tersebut untuk mengontrol jalur aliran gas buang sesuai kebutuhan operasi.

a) Saat *scrubber* beroperasi, intake damper pada setiap unit pembakaran yang aktif akan terbuka, sedangkan *bypass damper* yang terkait akan tertutup. Dengan kondisi tersebut, gas buang dari unit pembakaran dialirkan ke bagian inlet, kemudian masuk ke dalam *scrubber* untuk proses pembersihan.

b) Ketika unit pembakaran tidak beroperasi, maka *bypass damper* pada unit tersebut akan berada dalam posisi terbuka.
c) Ketika *scrubber* dimatikan atau berada dalam *mode bypass,* seluruh *bypass damper* akan terbuka, sedangkan semua *intake damper* akan tertutup.

Setiap gas buang yang dihasilkan dapat dialirkan melalui *scrubber* atau langsung menuju cerobong tanpa proses pembersihan. Untuk melindungi unit pembakaran, salah satu dari kedua damper selalu berada dalam posisi terbuka. Sistem *intake damper* dan *bypass damper* saling dikendalikan dengan mekanisme *interlock,* sehingga *intake damper* tidak dapat menutup sebelum *bypass damper* terbuka penuh, dan sebaliknya.

Pada kondisi penghentian yang tidak terkontrol, seperti keadaan darurat atau kegagalan daya, *bypass damper* akan secara otomatis dipaksa terbuka oleh aktuator pneumatik fail-safe. Setiap *damper* juga dilengkapi roda tangan untuk pengoperasian manual, misalnya saat perawatan *scrubber.* Ketika mode manual diaktifkan pada *gearbox damper*, maka kontrol otomatis dari sistem EGCS tidak lagi berfungsi.

Sistem *sealing* dan *cleaning* pada EGCS memerlukan suplai udara untuk menutup *intake damper* dan *bypass damper* (sealing air). Tekanan udara yang diberikan pada katup *double disc* ini memastikan tidak ada gas buang yang dapat lolos melalui katup. Selain itu, udara juga digunakan untuk proses pembersihan *scrubber.* Apabila diperlukan pekerjaan di dalam *scrubber*, suplai udara ini dimanfaatkan untuk melakukan *purging* atau pembersihan area *scrubber t*erlebih dahulu sebelum dilakukan perawatan.

2. *Jet section*

Saat *intake damper* terbuka, gas buang masuk ke *scrubber* melalui bagian atas *jet section*. Pada bagian ini, gas buang didinginkan dan dibersihkan dengan cara dicampurkan secara intensif dengan air. Setelah melalui proses tersebut, gas kemudian dialirkan ke bagian *absorber* untuk proses pembersihan lanjutan. Kebutuhan air bergantung pada total beban mesin, sehingga jumlah air yang digunakan dapat lebih banyak atau lebih sedikit. Pengaturan debit air dilakukan

dengan mengaktifkan atau menonaktifkan lapisan *spray water* sesuai kebutuhan operasi.

Apabila diperlukan pekerjaan di dalam *scrubber,* bagian *jet* dan *absorber* harus dibersihkan terlebih dahulu menggunakan udara. Udara tersebut disuplai oleh *sealing* atau *cleaning air fan*. Saat *scrubber* dihentikan, jalur suplai udara diarahkan ke jet, dan proses *cooldown* dimulai selama periode waktu tertentu, dengan *spray layer* bagian atas tetap aktif untuk mendinginkan area jet.

3. *Absorber*

   Di bagian *absorber,* gas buang yang berasal dari jet dibersihkan lebih lanjut dengan cara mencampurkan gas secara menyeluruh dengan air. Jumlah lapisan penyemprotan air yang digunakan disesuaikan dengan total beban mesin. Pengaturan jumlah air dilakukan dengan mengaktifkan atau menonaktifkan lapisan *spray* tertentu sesuai kebutuhan operasi. Hubungan antara beban mesin dan jumlah air telah ditentukan dan diatur melalui menu pengaturan EGCS.

4. *Inlet Water Analysis*

   Unit *Inlet Water Analyzer* berfungsi untuk mengukur kualitas air yang masuk ke bagian jet dan spray pada absorber. Parameter yang dianalisis meliputi suhu air, tingkat pH, kekeruhan *(turbidity),* kandungan PAH *(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)*, serta laju aliran *(flow rate).*

5. *Demister*

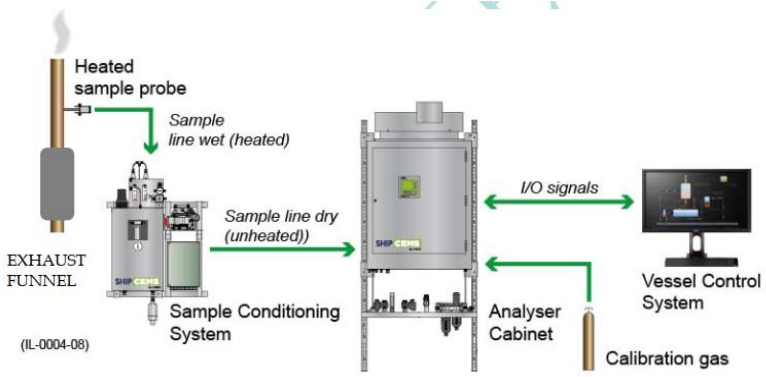
   Pada bagian atas *absorber*, unit *demister* berfungsi untuk menangkap tetesan air agar tidak ikut terbawa ke cerobong. Untuk menjaga kebersihan *demister,* tersedia sistem penyemprotan air yang digunakan khusus untuk proses pembersihan *demister* tertentu. Kondisi operasional sistem akan menentukan apakah *demister* masih dalam kondisi baik serta kapan proses pembersihan perlu dilakukan.

6. Unit Analisis Gas

   Unit analisis gas atau *Continuous Emission Monitoring System (CEMS)* berfungsi untuk memantau gas buang yang keluar dari *scrubber*. Apabila batas emisi terlampaui, sistem akan memberikan peringatan atau *alarm* secara otomatis. Air hasil pencucian dari *scrubber* kemudian dialirkan menuju saluran

pembuangan. Pada bagian perpipaan di bawah *absorber* terdapat komponen yang disebut elemen *degassing*. Komponen ini berfungsi untuk melepaskan gas yang masih terperangkap dalam air cucian sebelum air tersebut dibuang ke laut.

Elemen *degassing* dibuat dengan diameter yang lebih besar untuk mengurangi kecepatan aliran, sehingga proses pelepasan gas *(degassing)* dapat berlangsung lebih efektif. Katup pengatur level juga menjaga sejumlah volume air tetap berada di dalam elemen *degassing,* sehingga proses pembuangan tertunda dan memberikan waktu tambahan untuk proses degassing. Kualitas air buangan dipantau oleh sistem *Outlet Water Analysis.* Jika parameter kualitas air melebihi batas yang ditentukan, maka sistem EGCS akan mengeluarkan peringatan sebagai bentuk proteksi lingkungan dan keselamatan operasi.



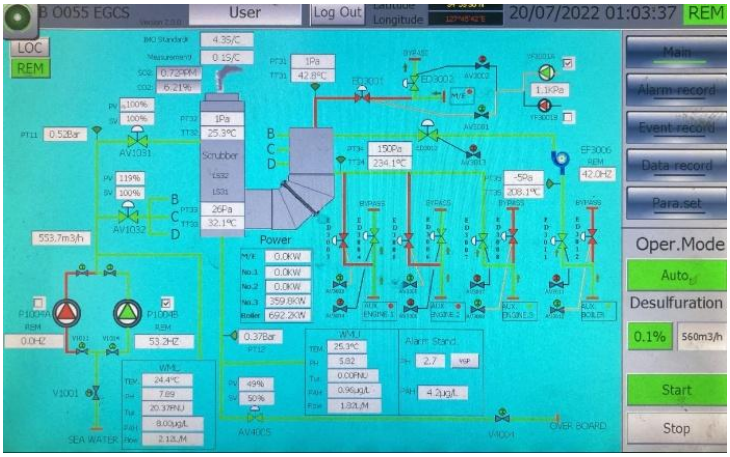
Gambar 2.2 *CEMS (Continuous Emission Monitoring System)* di kapal MV. PAN HARVEST
Sumber: Buku panduan *Exhaust Gas Cleaning System*

7. Kontrol Panel

   Terdapat dua panel kontrol yang digunakan untuk mengoperasikan Exhaust Gas Cleaning System (EGCS), yaitu:

   a) *The Local Control Panel (LCRP)* (Ruang Kontrol Lokal)

      Diindikasikan sebagai panel 802' pada wiring diagram kelistrikan. Panel ini terletak di lantai 5 engine room atau tepatnya di cerobong/funnel. Panel ini digunakan pada saat *scrubber* dalam operasi darurat atau pada saat melakukan perawatan dalam *Continuous Emission Measuring System* sehingga *scrubber* dapat dikontrol melalui panel terdekat.



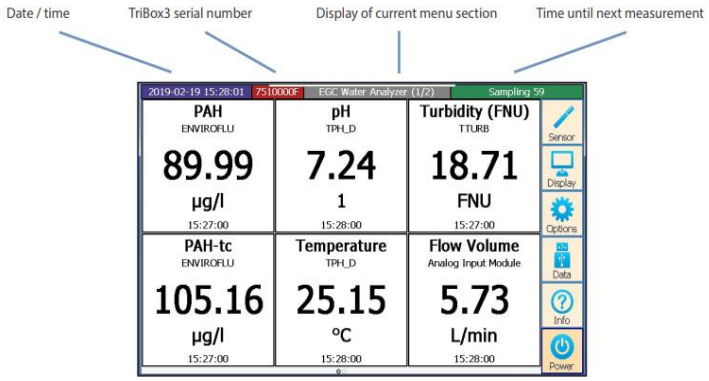
Gambar 2.3 Monitor *Exhaust Gas Cleaning System* di kapal MV. PAN HARVEST
Sumber: Dokumen pribadi

b) *The Engine Control Room Panel* (ECRP) (panel ruang control mesin)

Panel ini diindikasikan sebagai "Panel 803" pada wiring diagram kelistrikan dan umumnya ditempatkan di ruang kendali mesin (engine control room). Panel tersebut digunakan untuk mengoperasikan *scrubber* serta memantau status operasionalnya. Selain itu, panel ini dilengkapi dengan tombol emergency shutdown dan layar sentuh *(touch screen)* yang digunakan terutama pada saat pengoperasian awal atau start-up scrubber.

e) Pemantau emisi gas buang dan *water analyzer*

Sistem EGCS dilengkapi dengan unit analisis air dan analisis gas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Sistem EGCS akan memberikan peringatan apabila hasil emisi melebihi atau berada di luar batas yang telah ditentukan. Tabel berikut memberikan gambaran mengenai unit analisis, aliran yang dipantau, serta jenis pengukuran yang dilakukan.



Gambar 2.4 Monitor *Water Analyzer*
di kapal MV. PAN HARVEST
Sumber: Buku panduan *Exhaust Gas Cleaning System*

Tabel 2.7 Jenis-jenis *Analyzer*

Analysis Unit	*Monitors*	*Measures*
Gas Analyzer	*Exhaust Gas*	*Sox & CO2*
Inlet Water Analyzer	*Sea Water Inlet*	*Temp, Turbidity, pH, Pah, Flow rate*
Outlet Water Analyzer	*Sea Water Outlet*	*Temp, Turbidity, pH, Pah, Flow rate*

3. Pencemaran Udara

Menurut (Jayamahendra, 2024) “Penambahan suatu bahan atau substansi fisik maupun kimia ke dalam udara atmosfer normal hingga mencapai konsentrasi tertentu, sehingga dapat terdeteksi atau diukur, serta dapat menimbulkan dampak terhadap manusia, hewan, tumbuhan, maupun material. Sedangkan, pencemaran udara berdasarkan *Environmental Quality Act* 1974 mendefinisikan polusi udara sebagai setiap perubahan langsung maupun tidak langsung pada sifat fisik, termal, kimia, atau biologis dari bagian lingkungan akibat penggunaan, pelepasan, atau penyimpanan zat berbahaya, polutan, atau limbah. Perubahan tersebut dapat mengubah kondisi yang awalnya bermanfaat menjadi merugikan, serta menimbulkan atau berpotensi menimbulkan kondisi berbahaya bagi manusia, kesehatan masyarakat, kesejahteraan

umum, satwa liar, kehidupan air, tumbuhan, maupun lingkungan secara keseluruhan, terutama jika dilakukan tanpa izin dari otoritas setempat.

Menurut Keputusan Menteri Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. 02/MENKLH/1988, pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air atau udara, serta terjadinya perubahan tatanan (komposisi) air atau udara akibat kegiatan manusia maupun proses alam. Kondisi tersebut menyebabkan kualitas air atau udara menurun atau tidak lagi dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Jadi, menurut penulis, pencemaran lingkungan dapat diartikan sebagai masuknya berbagai unsur, baik benda maupun makhluk hidup ke dalam lingkungan dalam jumlah tertentu yang menyebabkan terganggunya keseimbangan lingkungan sehingga lingkungan tersebut tidak lagi berfungsi sebagaimana mestinya.

4. Gas Buang

Menurut (Priyanto & Alfadin Jayamahendra, 2024) Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran dari mesin kendaraan, baik kendaraan darat, kapal, maupun pesawat terbang. Emisi ini umumnya terjadi akibat proses pembakaran yang tidak sempurna pada sistem pembakaran dan pembuangan mesin, serta pelepasan partikel-partikel yang disebabkan oleh kurangnya pasokan oksigen selama proses pembakaran tersebut. Sedangkan menurut penulis, gas buang merupakan suatu emisi yang dihasilkan dari sisa gas pembakaran suatu mesin yang dapat mengakibatkan polusi yang mengganggu ekosistem baik manusia maupun hewan.

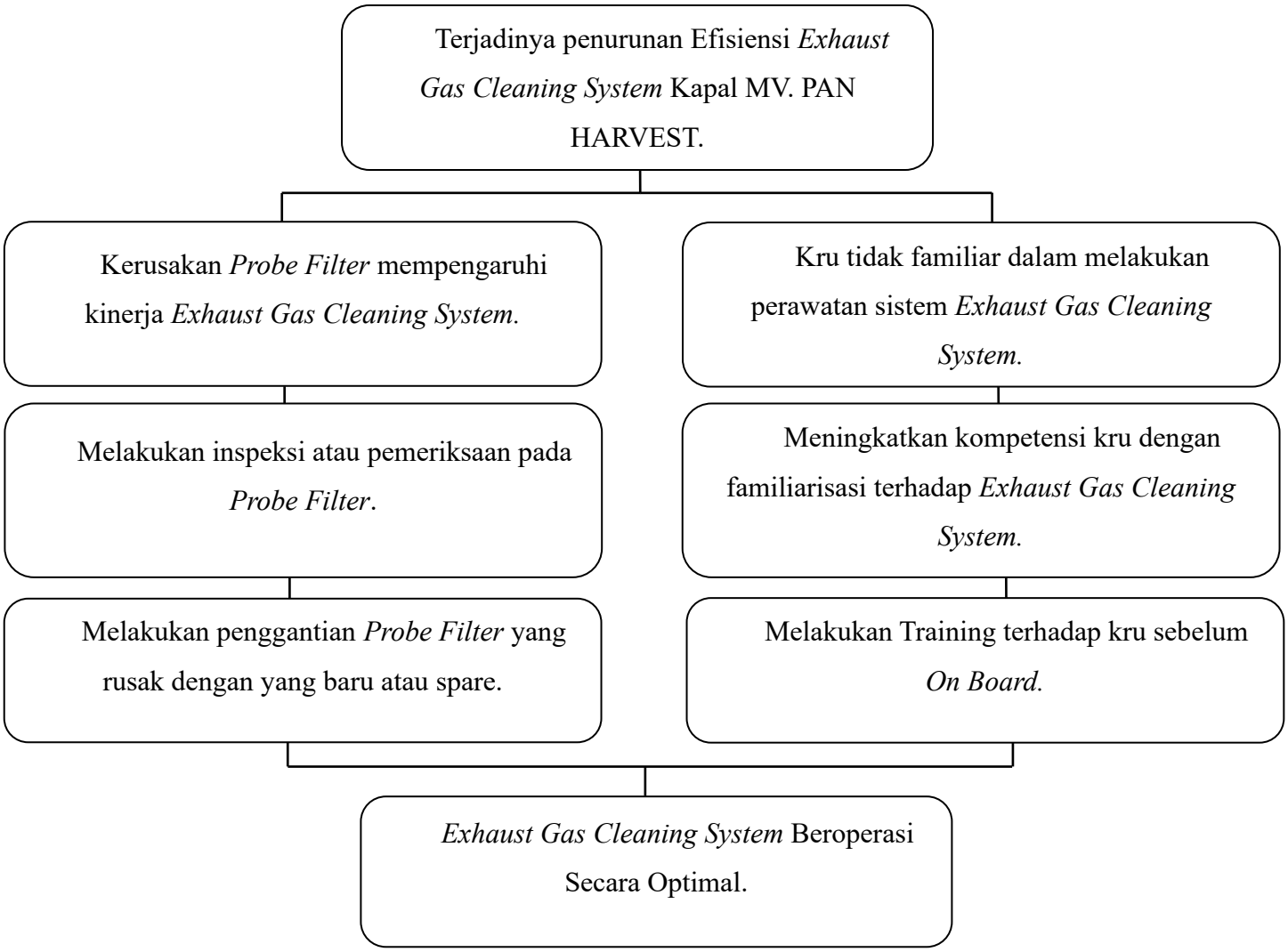
B. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian terdahulu ini bertujuan untuk menunjukkan perbedaan antara penelitian yang dilakukan penulis dengan penelitian-penelitian sebelumnya, serta diperoleh dari data yang valid melalui repository dari berbagai sumber yang telah dikumpulkan. Perbedaan mendasar penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada fokus dan objek teknisnya. Jika penelitian sebelumnya banyak berfokus pada analisis dampak emisi sulfur secara makro, sedangkan pada penelitian ini diarahkan pada tindakan preventif melalui perawatan rutin *Probe Filter* di kapal MV. PAN HARVEST.

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Nama Penulis dan Tahun Terbitan	Hasil
1.	Analisa Terjadinya Korosi Pada *Scrubber Tower* di MT. Gandini	Kelwin Habibu, 2019	Menjelaskan faktor penyebab korosi pada tower scrubber akibat paparan zat kimia dan gas buang, serta upaya pencegahannya.
2.	Optimalisasi Penggunaan Alat Bantu Scrubber Dalam Mengatasi Pencemaran Udara Dengan Metode EGCS Exhaust Gas Cleaning System	YNURH HARRY - 2021	Penelitian ini membahas tentang belum optimalnya kinerja alat scrubber (EGCS) di MV.HL Port Hedland dalam memenuhi regulasi IMO 2020 terkait ambang batas sulfur gas buang maksimal 0,50%.
3.	Analisis Daya Dan Biaya Penggunaan Low Sulfur Fuel Oil (LSFO) Dengan High Sulfur Fuel Oil (HSFO) Dilengkapi Scrubber Pada Kapal Niaga	Wahyudi, B., & Fachruddin, I. (2020).	Penelitian ini menganalisis perbandingan penggunaan bahan bakar rendah sulfur (LSFO < 0,5%) dengan bahan bakar tinggi sulfur (HSFO > 0,5%) yang dilengkapi sistem scrubber pada kapal komersial demi mematuhi regulasi MARPOL Annex VI
4.	Optimalisasi Scrubber Dalam Menurunkan Kadar Sulfur Dioksida Di Kapal Mv. Cma Cgm Elbe	AI Kamal, RB Wicaksono, M David Jurnal Maritim, 2024	optimalisasi penggunaan scrubber jenis Exhaust Gas Cleaning System (EGCS) di kapal MV. CMA CGM ELBE guna mematuhi regulasi IMO terkait ambang batas kandungan sulfur dioksida (SO2) maksimal 0,5% pada gas buang.
5.	Peran Scrubber Pada Bahan Bakar Rendah Sulfur Dalam Mengatasi Polusi Udara Maritim	Hutajulu, S., Aprilla, R., & Pardi, H. (2023).	membahas peran teknologi scrubber dalam mengatasi pencemaran udara dengan mengolah emisi bahan bakar yang mengandung SO2 menjadi lebih ramah lingkungan.

C. KERANGKA PEMIKIRAN



Gambar 2.5 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini disusun sebagai landasan logis untuk memecahkan rumusan masalah yang telah ditetapkan. Fokus utama penelitian adalah Perawatan *Probe Filter* untuk mencegah penurunan efisiensi *Exhaust Gas Cleaning System*. Peneliti menghubungkan antara teori perawatan komponen mesin dengan fakta lapangan mengenai kendala operasional, sehingga ditemukan sebuah metode penanganan yang efektif untuk menjaga kinerja sistem tetap optimal.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, observasi, dan analisis data menggunakan metode *Fishbone* dan *USG* (*Urgency, Seriousness, Growth*) mengenai perawatan *probe filter* di kapal MV. PAN HARVEST, penulis menyimpulkan bahwa :

1. Kerusakan *probe filter* disebabkan oleh penumpukan karbon dan tidak adanya pembersihan secara rutin, sehingga saluran sampel gas menuju *Continuous Emission Monitoring System (CEMS)* tersumbat. Hal ini mengakibatkan gas analyzer tidak dapat mendeteksi kadar SO2 dan CO2. Oleh karena itu, tindakan yang diambil adalah melaksanakan *work orders* (perintah kerja) yang terdapat pada *manual book* tentang perawatan sistem *Exhaust Gas Cleaning System.* Jika kru melaksanakan *work orders* sesuai dengan *manual book*, tindakan tersebut dapat mengurangi risiko kerusakan terhadap *probe filter* yang dapat mempengaruhi kelangsungan kerja *EGCS*. *work orders* juga memberikan instruksi cara kerja yang jelas atau *Standard Operational Procedure (SOP),* sehingga kru yang kurang berpengalaman sekalipun memiliki panduan dalam melakukan perawatan.

2. Tidak familiarnya terhadap sistem EGCS serta tidak adanya pelatihan/*training* bagi *engineer* (Masinis 1) mengenai sistem *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)* menyebabkan penanganan masalah *(troubleshooting)* menjadi lambat dan tidak efektif. Sehingga tindakan yang diambil yaitu melakukan pelatihan atau *training* terhadap kru terkait sistem *Exhaust Gas Cleaning System* sebelum naik ke atas kapal. Pelatihan kepada kru tidak hanya semata-mata pelatihan untuk

menunjang operasional kapal. Namun pelatihan ini juga sebagai investasi perusahaan dalam memberikan fasilitas terbaik kepada kru agar kedepannya kapal-kapal yang dipegang oleh perusahaan tersebut dapat terjaga dengan baik dan aman, juga tidak memerlukan pelatihan lagi terhadap kru-nya karena sudah mendapatkan pelatihan dan pengalaman sebelumnya.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai permasalahan pada *probe filter* sehingga mengganggu operasional kapal saat berlayar, maka penulis mencoba memberikan saran-saran agar dapat mencegah permasalahan pada *probe filter* yang terjadi dan diharapkan dapat dijadikan bahan masukan agar operasional kapal berjalan dengan baik.

1. Kerusakan *probe filter* disebabkan oleh penumpukan karbon dan tidak adanya pembersihan secara rutin, sehingga saluran sampel gas menuju *Continuous Emission Monitoring System (CEMS)* tersumbat. Selain melaksanakan *work orders* (perintah kerja) yang terdapat pada *manual book* tentang perawatan sistem *Exhaust Gas Cleaning System,* melakukan pembersihan secara teratur dengan menggunakan udara bertekanan pada *probe filter.* Jika cara tersebut dilakukan dengan benar dan teratur sesuai PMS, diharapkan dapat menjaga kondisi *probe filter* tetap dalam kondisi yang stabil sehingga dapat mencegah permasalahan yang ada pada *Exhaust Gas Cleaning System* yang disebabkan oleh *probe filter*.
2. Selain melakukan *training* atau pelatihan kepada kru terkait sistem *Exhaust Gas Cleaning System* sebelum naik ke atas kapal, melakukan familiarisasi mandiri maupun dengan kru lain yang sudah mempunyai pengalaman terhadap sistem *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS).* cara tersebut diharapkan dapat mengurangi dampak akibat ketidakfamiliaran yang menyebabkan kurangnya perawatan pada Exhaust Gas Cleaning System dan juga menjadi opsi ketika dalam kondisi darurat. Melakukan wawancara dengan masinis lainnya yang sudah mempunyai pengalaman sebelumnya diharapkan dapat membantu masinis 1 selaku *engineer* yang bertanggung jawab dalam menangani *Exhaust Gas Cleaning System.*

Selain saran-saran yang diusulkan untuk memecahkan masalah, penulis juga menyarankan agar kedepannya perusahaan dapat lebih teliti dalam mempersiapkan kru kapal sehingga kemungkinan kerusakan yang diakibatkan oleh manusia dapat terhindari. Saran tersebut diharapkan dapat menjadi pemecahan masalah yang ada serta tidak hanya menjadi saran belaka, namun juga dapat dilakukan di atas kapal untuk menunjang keberlangsungan operasional kapal yang baik dan benar.

DAFTAR PUSTAKA

Balaka, M. Y. (2022). *Metodologi penelitian kuantitatif*.

Hidayat, H. Y. N. (2021). Optimalisasi Penggunaan Alat Bantu Scrubber Dalam Mengatasi Pencemaran Udara Dengan Metode Egcs (Exhaust Gas Cleaning System) Di Mv. Hl Port Hedland. *(Doctoral Dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)*.

Iskandar, A., Fitriani, R., Ida, N., & Sitompul, P. H. S. (2023). *Dasar metode penelitian*. Yayasan Cendekiawan Inovasi Digital Indonesia.

Jabnabillah, F., & Fahlevi, M. R. (2023). *Efektivitas Situs Web Pemerintah Sebagai Sumber Data Sekunder Bahan Ajar Perkuliahan Statistika*. *06*, 59–70.

Jailani, M. S. (2023). *Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif*. *1*, 1–9.

Jayamahendra, M. A. (2024). Pengaruh Exhaust Gas Cleaning System Gas Buang Yang Gagal Dimurnikan (Di Kapal MV Cosmo Gloria). *Marine Science and Technology Journal*, *5*(2), 84–89.

Priyanto, & Alfadin Jayamahendra, M. (2024). Pengaruh Exhaust Gas Cleaning System Gas Buang Yang Gagal Dimurnikan (Di Kapal MV Cosmo Gloria). *Marine Science and Technology Journal*, *1*(2), 84–89. http://e-journal.ivet.ac.id/index.php/maristec

Zein, I., Mulyati, D., & Saputra, I. (2019). Perencanaan Perawatan Mesin Kompresor Pada PT. Es Muda Perkasa Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Serambi Engineering*, *4*(1), 383. https://doi.org/10.32672/jse.v4i1.848

Arsyad, M., & Sultan, A. Z. (2018). Manajemen perawatan.

LAMPIRAN

Lampiran 1 *Ship Particular*

Vessel's Particulars
Part B - Bulk Carrier

Name of Vessel	Call Sign	IMO Number
MV PAN HARVEST (EX. NAUTICAL RUNA)	3E3445	9699335

Flag	Port of Registry	Classification Society
PANAMA	PANAMA	KR (Korea register of shipping)

Owner	Operator
POS MARITIME WE S.A.	PAN OCEAN CO.LTD

Type of Vessel	Date of Delivery	Yard of Built / Number of Built
BULK CARRIER	04 SEP 2015	Jiangsu New Hantong Shipbuilding, China / HT64-153

Length o.a.	Length b.p.	Beam	Max. Draft
199.90 m	194.80 m	32.26 m	13.30 m

Depth	Air Draft	Gross Tonnage	Net Tonnage
18.51 m	49.136 m	36468 GT	21580 NT

Deadweight	Light Ship	Displacement	Crew
63,577.04 $t_{(metric)}$	11,619.56 $t_{(metric)}$	75,196.60 $t_{(metric)}$	20 Persons

Total Capacity			Character of Class	
No.of Holds	Bale	Grain	Hull	Machinery
5	73,680 m^3	78,928.87 m^3	100A1, Bulk Carrier, Single Hull CSR BC-A GRAB (20)	LMC - UMS

Main Engines		Aux. Generator Diesels	
Number, Output	Type	Number, Output	Type
1×8050 kW	MAN B & W 5S60ME-C8.2	3×770 kW	Daihatsu 6DK-20E

Propeller		Shaft Generator	
Number, Type	Diameter	Number, Output	Type
1×FIXED PITCH	6.70 mm	N/A	N/A

Bow Thruster		Speed	
Number, Output	Type	In Ballast	Laden
N/A	N/A	14.50 kn	13.75 kn
CRANE	4 CRANE	MAKER : TTS BOHAI MACHINERY CO.	SWL HOOK 36 MT GRAB 28 MT

LOADLINE	FREE BOARD	DRAFT	Displacement (mt)	Deadweight (mt)	FWT (m3)
Summer S	5234 mm	13.300 m	75196.6 mt	63577.0 mt	FWT P = 253.90
Summer Fresh Water F	4932 mm	13.602 m	75200.8 mt	63581.2 mt	FTW S = 212.40
Tropic T	4957 mm	13.577 m	76924.7 mt	65305.1 mt	Distilled = 41.50
Tropic F. Water TF	4655 mm	13.879 m	76888.2 mt	65268.6 mt	Total = 507.80 m3
Winter W	5511 mm	13.023 m	73469.8 mt	61850.2 mt	

VOLUME OF HOLDS	CBM	VCG/M3	BALLAST TANK/M3	FRESH WATER ALLOWANCE	DIST. DRAFT MARKS TO A.P.
1	13985.78	10.832	FPT – 1372.9	302.0 mm	FWD = - 5.38 m
2	17693.69	10.522	WBT 1P/S – 3262.4	TPC SUMMER	MID = - 1.07 m
3	15385.80	10.566	WBT 2P/S – 3668.4	62.30 mt	AFT = + 11.08 M
4	15871.30	10.522	WBT 3P/S – 3680.8		
5	15994.30	10.921	WBT 4P/S – 2234.6		
			WBT 5P/S – 2346.6 APT – 1136.09		
	TOTAL 78,928.87	TOTAL 10.666	TOTAL 17701.8		

Communication Numbers:

INMART-C TLX : 444 002 951(LRIT) / 444 002 952 (SSAS)
FBB PHONE : 006870773060167
EMAIL : panharvest@panocean.com

MMSI No. 352 001 184
VSAT: +82 070 8897 3672(BRDIGE)
+82 070 8897 3673 (Capt)
+82 070 8897 3674 (ECR)

Lampiran 2 *Crew List*

IMO CREW LIST

1. Name of ship - Call Sign	2. Port of Arrival	3. Gross Tonnage	7. Date	
PAN HARVEST 3E3445		**36468 GT**		
4. Nationality of ship	5. Next Port:	6. IMO Number		
PANAMA		**9699335**		

No.	Family name, given name	Rank	Gender	Nationality	PLACE AND DATE OF BIRTH	Passport no. / Expiry	Panama Seamans Book / Expiry	Date of Join Ship/Place
1	SON DONGJIN	MASTER	M	REPUBLIC OF KOREA	KOREA	M696C7698	PA0576863	2025.04.24
					1972.12.31	2034.02.01	2029.12.15	Mizushima, Japan
2	ABDUL HASAN	C/OFF	M	INDONESIA	INDRAMAYU	C8970575	P0061139A	2024.12.12
					1984.11.21	2027.05.27	2029.12.19	Longkou, China
3	LEONARDO PRAKARSA	2/OFF	M	INDONESIA	JAKARTA	X1333658	P0061083A	2024.12.12
					1998.07.17	2027.03.10	2029.12.02	Longkou, China
4	ARDI TRIYOGA	3/OFF	M	INDONESIA	JAKARTA	C8542244	PA0569554	2025.05.22
					2001.10.19	2027.04.01	2028.12.12	Pohang, South Korea
5	KANG DAE KYU	C/ENG	M	REPUBLIC OF KOREA	KOREA	M27511366	PA0438431	2024.12.10
					1971.10.15	2028.01.24	2028.08.16	Longkou, China
6	EDI PURNOMO	1/ENG	M	INDONESIA	BOJONEGORO	E2081701	PA0545306	2024.09.14
					1982.04.12	2033.02.16	2028.02.27	Bristol, UK
7	DAVID JEFRYNOEL SIMAMORA	2/ENG	M	INDONESIA	JAKARTA	C9944933	PA0272888	2024.09.14
					1998.12.02	2027.07.29	2026.12.15	Bristol, UK
8	LAODE MUHAMAD FITRA	3/ENG	M	INDONESIA	JAKARTA	E2606086	PA0458520	2024.12.12
					1999.02.10	2033.06.07	2027.06.17	Longkou, China
9	SOLIKHIN MADI SALI	BSN	M	INDONESIA	TEGAL	X3614203	PA0560491	2024.12.12
					1969.01.04	2034.09.24	2029.10.24	Longkou, China
10	ARWIN	A/B	M	INDONESIA	TOBIA	E2605495	PA0569149	2025.04.23
					1977.08.12	2033.05.29	2030.04.21	Mizushima, Japan
11	SUPARDI MUBIN MANAKIR	A/B	M	INDONESIA	BANGKALAN	C9660092	PA0007822	2025.04.23
					1979.04.19	2027.06.30	2026.04.30	Mizushima, Japan
12	TOMI IRAWAN	A/B	M	INDONESIA	BANGKALAN	C8426355	PA0203081	2024.12.12
					1984.09.05	2027.01.06	2027.05.30	Longkou, China
13	ARIF MUJAHIDIN	OS	M	INDONESIA	INDRAMAYU	E2713181	PA0459722	2025.04.23
					1990.08.26	2033.02.17	2028.08.21	Mizushima, Japan
14	ISWANTORO ICHWAN	NO.1 OLR	M	INDONESIA	TULUNG AGUNG	E1409418	PA0152353	2025.04.23
					1980.01.15	2032.11.15	2026.11.17	Mizushima, Japan
15	RICO LIMBONG	OILER	M	INDONESIA	BEKASI	E5525314	PA0193782	2024.12.12
					1979.03.09	2033.10.30	2027.03.09	Longkou, China
16	RAGA DENI ISTIANTO	OILER	M	INDONESIA	KUNINGAN	C8101882	P0538107	2025.03.10
					1985.05.19	2026.10.28	2025.10.01	New Orleans, USA
17	ASMAR SUANDI	OILER	M	INDONESIA	CILALLANG	E9474381	PA0475878	2025.04.23
					1991.08.24	2035.03.20	2029.01.31	Mizushima, Japan
18	ASMAWI MUHAMAD TOHIR	C/CK	M	INDONESIA	WAYNIPAH	C8681971	PA0007879	2024.12.12
					1979.10.12	2027.06.14	2026.05.02	Longkou, China
19	ISKANDAR NURBA	2/CK	M	INDONESIA	KENDARI	X4936891	PA0272685	2025.04.23
					1985.05.07	2035.01.24	2027.08.14	Mizushima, Japan
20	MOHAMMAD NUR RADITYA PUTRA	A/O	M	INDONESIA	SLEMAN	E5596987	PA0545700	2024.09.14
					2003.05.14	2034.02.24	2029.09.04	Bristol, UK
21	OSADA AGUNG RAHESA	A/E	M	INDONESIA	BANJARNEGARA	E5596751	PA0545645	2024.09.14
					2004.09.17	2034.02.23	2029.09.04	Bristol, UK

TOTAL CREW MEMBER : 21 PERSONS

CREW NATIONALITY :

KOREAN : 2 PERSONS

INDONESIAN : 19 PERSONS

12. Date and signature by master , authorized agent or officer

PAN OCEAN Co., Ltd. M/V PAN HARVEST MASTER 3E3445 PANAMA

CAPT. SON DONGJIN
Master of m/v PAN HARVEST

ONGJIN
HARVEST

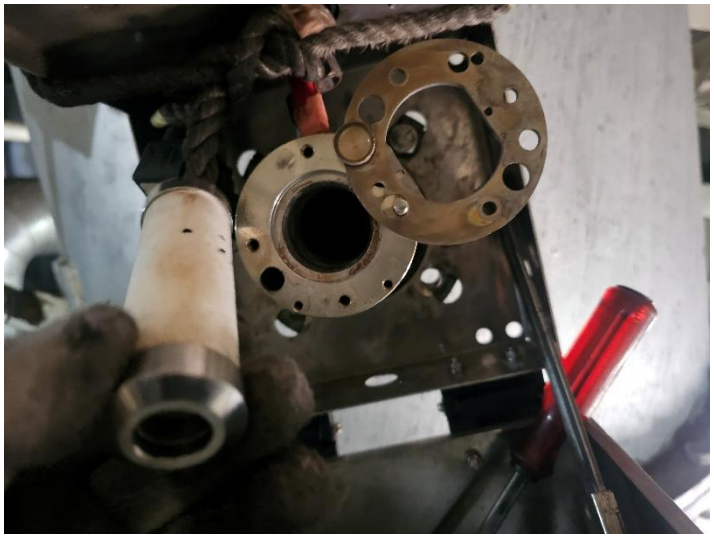
Lampiran 3 Dokumentasi



Gambar 1 sebelum diganti



Gambar 2 setelah diganti



Probe Filter



Scrubber Sea Chest

Lampiran 4 *EGCS Shipboard/Education/Training/Drill Assesment Record*

POS	**Shipboard Education/Training/Drill Assessment Record**	Form Number	TRA – 03
		Revision Number	01
		Revision Date	2018.08.06

Vessel : M/V PAN HARVEST

Kind of *Education* : EGCS Record

Lecturer : C/E

Date held : 14th Sept. 2024

Position	Name	Signature	Evaluation	Position	Name	Signature	Evaluation
1/ENG	EDI PURNOMO		GOOD				
2/ENG	IRVIAN VICKY ARIESZA		GOOD				
3/ENG	DAVID JEFRYNOEL S.		GOOD				
A/E	OSADA AGUNG RAHESA		GOOD				

Details of *Education/Training/Drill/Exercise* 교육훈련 내용:

Educated to all Engineer regarding proper & regular record of EGCS on board according to guidelines of resolution MEPC 259 (68) and According to the plan chosen for approval. Our EGCS type is open loop type & scheme B. Document to be prepared for our EGCS are SOx Emission Compliance Plan (SECP), EGCS technical manual (ETM-B), Onboard Monitoring Manual (OMM), EGCS record book. All engineers well understood

Evaluation of *Education/Training/Drill/Exercise* 교육훈련 평가

1. Evaluation method 평가방법

Evaluation method 평가방법	Selection 선택	Rate 비율	Evaluator 평가자	Remark 비 고
Evaluation of Observation 관찰평가	√	40%	Lecturer	Attendance in education/training 출석(20%) Attitude during the education/training 태도(20%)
Interview 구술평가(*)	√	60%	"	Evaluation by interrogatory method 문답식
Practice test 실기평가(*)		60%	"	Evaluation by practice 현장실습
Written/Subject test 필답/과제 평가 (*)		60%	"	Evaluation by written/subject test
Lecturer's opinion (교육자 의견)				

(*) : Choose the best one, among these methods.

2. Evaluation Levels : Excellence (*more than* 90), Good (75-89) Normal (60-74), Poor (*less than* 60)

3. A person with poor evaluation shall be re-educated until he gets the normal or higher.

Attachment 유첨(Yes☐ / No☐) :

C/E LEE HAEAN

Lampiran 5 *EGCS Parameters*

表 1.1 EGC 参数
Table 1.1 EGC parameters

参数 Parameters	参数值 Parameters value	备注 Note
制造商 Manufacture	威海普益船舶环保科技有限公司 Weihai Puyi Marine Environmental Technology Co., Ltd.	
型号 Model	PYDeSO$_x$-O055	
项目序列号 Project serial NO.	PYHB T804	
运行模式 Operation type	开环模式 Open loop	
接入 EGC 设备的机器 Equipment connected to the EGC system	一套EGCS连至一台主机、三台辅机、一台锅炉 One EGCS connected to 1×M/E, 3×A/E and 1×Boiler	
塔型式 Type of Scrubber	U型、湿塔 U type and Wet type	
EGC 处理范围 EGC Processing range	0-70,200kg/h; or 功率 Power：≤7.835 MW	
SOx 去除率 SOx Removal rate	97%（0.1%S）; 85.7 %（0.5%S）	
处理后废气中 SOx 含量 SOx Content in treated exhaust gas	等同于最大0.1%m/m硫含量燃油(基于3.5% HFO)； Equivalent to max.0.1%m/m sulphur in fuel oil (Base on 3.5% HFO) ;	
进口水压力 Inlet water pressure	≥0.4bar	
最小 pH 值 Minimum pH value	6.5（距离舷外排放点 4m 处） 6.5 (At the point of 4 meters from the overboard);	
进口水最小碱度 Minimum inlet water alkalinity	2,200μmol/L	
提供足够中和剂所必须的元素（闭环）	不适用 Not applicable	

PUYIER

参数 Parameters	参数值 Parameters value	备注 Note
Elements necessary to provide adequate neutralizing agents (Closed loop)		
废气进口温度范围 Exhaust gas inlet temperature range	0-350℃	
废气出口温度 Exhaust gas outlet temperature range	最小：海水温度； 最大：40℃ Min.: Seawater temperature; Max.: 40℃	
废气压差范围 Exhaust gas differential pressure range	≤1,300Pa	
塔最大入口压力（MCR/80%额定功率时） Max. inlet pressure of Scrubber (at MCR/80% of power rating)	Abt. 1,700Pa	
中和剂 Neutralizer	不适用 Not applicable	
压缩空气 Compressed air	0.6～0.7Mpa	
供电（消耗） Power (Consumption)	≤160kW	
洗涤水流量（m^3/h） Washing water flow rate (m^3/h)	@0.5%S， 540 (400-540) m^3/h; @0.1%S， 650 (400-650) m^3/h;	详情见表 1.2* Please see the table 1.2 for the details
气体监测 Gas monitoring	SO_2 (ppm), CO_2 (vol %) 在废气出口采用连续监测系统进行分析 Analyzed at exhaust outlet using continuous emission monitoring system	

PUYIER

Lampiran 6 Wawancara

Cadet : “Selamat sore bass, Terima kasih sudah meluangkan waktu. Ijin bas, saya sedang menyusun skripsi mengenai perawatan probe filter di kapal ini, terutama terkait kejadian beberapa hari lalu ketika alarm di CEMS berbunyi. izin bass, sebagai Masinis 1 yang bertanggung jawab, bisa diceritakan kronologi kejadiannya?”

Masinis 1 : “Ooh iya det. Jadi waktu saat dalam perjalanan menuju Longkou, China. Mesin utama dan EGCS berjalan normal. Tiba-tiba dari monitor di ECR, saya lihat ada alarm failure di Flue Gas Detector. Saya lihat layar CEMS, ternyata kadar SO2 dan CO2 yang terbaca menjadi 0 atau tidak terdeteksi. Ini kan masalah besar karena secara teori, gas buang pasti ada kandungannya. Kalau tidak terbaca, artinya sistem monitoringnya yang bermasalah. Kami tidak bisa mempertanggungjawabkan kadar sulfur yang keluar.”

Cadet : “lalu, apa langkah yang bass lakukan?”

Masinis 1 : “Saya akui, ini pertama kalinya saya bertanggung jawab penuh atas EGCS. Di kapal sebelumnya, kapal tidak punya scrubber, jadi saya harus berpikir dari dasar. Saya buka manual book, dan mulai melacak jalurnya. Saya juga sempat menanyakan sama masinis 3 yang sebelumnya punya pengalaman di kapal yang ada EGCS nya, dan beliau memberi tahu untuk mengecek bagian probe filter du funnel casing. Kemudian Saya menuju ke sana dan coba cek dari gas analyzer di CEMS cabinet, sampai akhirnya saya telusuri pipa sampel gasnya ke atas, ke area funnel casing.”

Cadet : “Ketika sampai di probe filter, apa yang bass temukan?”

Masinis 1 : “Saya buka rumah probe filter-nya, dan saya kaget. Probe filternya sudah patah dan penuh dengan kerak karbon tebal. Bahkan hampir menutup saluran isap gasnya. Tidak heran gas tidak bisa terhisap masuk ke analyzer. Ini jelas karena sudah terlalu lama tidak dibersihkan atau diganti.”

Cadet : “Apakah langsung menggantinya, bass?”

Masinis 1 : “Ya, untungnya ada spare partnya det. Saya langsung ganti dengan yang baru. Saya juga sekalian bersihkan T-Union dan pipa-pipa jalurnya dengan udara bertekanan. Setelah saya pasang kembali dan hidupkan CEMS, akhirnya data CO2 dan SO2 terbaca normal lagi.”

Cadet : “Baik bass, terima kasih atas waktu yang telah diberikan, wawancara ini sangat berarti bagi saya dan saya berharap kedepannya dapat menjadi bahan reverensi untuk penelitian saya bass.”