

**UPAYA MENGATASI TERJADINYA PENUMPUKAN
KARBON PADA MESIN EGCS (*EXHAUST GAS CLEANING
SYSTEM*)ATAU SCRUBBER DI KAPAL MV. HL HADONG**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan Dan
Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I

IBRAHIM SUHARIYONO S

25.01.102.013

AHLI TEKNIKA TINGKAT I

PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ibrahim Suhariyono S
Nomor Induk Siswa : 25.01.102.013
Program Diklat : Ahli Teknik Tingkat I

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa karya ilmiah terapan yang saya tulis dengan judul:

“Upaya Mengatasi Terjadinya Penumpukan Karbon Pada Mesin *EGCS* (*Exhaust Gas Cleaning System*) Atau *Scrubber* Di Kapal MV. HL Hadong”

Merupakan karya asli yang saya buat sendiri dan sepanjang sepengetahuan saya di dalam naskah karya tulis ilmiah ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah di ajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau diterbitkan oleh orang lain. Kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar Pustaka.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar dan dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang di tetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, **25 MARET** 2025

Yang membuat pernyataan,



Ibrahim Suhariyono S.
NIS : 25.01.102.013

**PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : Upaya Mengatasi Terjadinya
Penumpukan Karbon Pada Mesin
EGCS (*Exhaust Gas Cleaning System*) Atau
Scrubber Di Kapal MV.HL Hadong

Nama Pasis : Ibrahim Suhariyono S.

Nomor Induk Siswa : 25.01.102.013

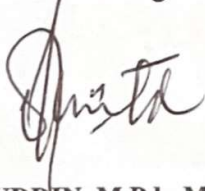
Program Diklat : Ahli Teknik Tingkat I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.

Makassar, 24 Maret 2025

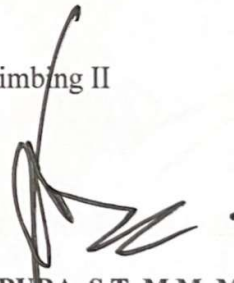
Persetujuan :

Pembimbing I



Dr. SARIFUDDIN, M.Pd., M.Mar.E
NIP: 196712091999031001

Pembimbing II



Ir. FRANS TANDIBURA, S.T., M.M., M.Mar.E
NIP : -

Mengetahui:
Manager Diklat Teknis
Peningkatan dan Penjenjangan



Ir. SUYUTI, M.Si., M.Mar.E
NIP. 196805082002121002

**UPAYA MENGATASI TERJADINYA PENUMPUKAN KARBON
PADA MESIN EGCS (*Exhaust Gas Cleaning System*) ATAU
SCRUBBER DI KAPAL MV. HL HADONG**

Disusun dan Diajukan Oleh:

IBRAHIM SUHARIYONO S.

NIS. 25.01.102.013

Ahli Teknik Tingkat I

Telah di pertahankan di depan panitia Ujian KIT
Pada tanggal, 25 Maret 2025

Pembimbing I

Menyetujui:

Pembimbing II

Dr. SARIFUDDIN M.Pd.,M.Mar.E
NIP : 196712091999031001

Ir. FRANS TANDIBURA,S.T.,M.M.,M.Mar.E
NIP : -

Mengetahui:

A.n. Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I

Capt. FAISAL SARANSI, M.T.,M.Mar
NIP. 197503291999031002

KATA PENGANTAR

Merupakan suatu kesyukuran yang tiada terhingga nilainya atas berkah dan rahmat yang di anugerahkan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas Karya Ilmiah Terapan dengan baik. Tak lupa pula penulis panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, taufiq dan hidayahnya sehingga penulis mampu menyelesaikan KIT ini yang di beri judul “Upaya Mengatasi Terjadinya Penumpukan Karbon pada Mesin *EGCS (Exhaust Gas Cleaning System)* atau *Scrubber* di Kapal MV HL HADONG.

Melalui lembaran ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang banyak memberikan bantuan dan konstribusi kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, terutama kepada kedua orang tua, istri dan seluruh keluarga atas segala doa, kasih sayang, pengertian, motivasi, serta bantuan moril dan materi yang telah diberikan selama ini. Tak lupa penulis mengucapkan terimah kasih sebesar besarnya kepada:

1. Capt. Rudi Santoso, M.Pd Sebagai Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E., selaku Manager Diklat Teknis Peningkatan dan Penjenjangan Politenik Ilmu Pelayaran Makassar
3. Bapak Dr. Sarifuddin, M.Pd., M.Mar.E, Selaku Pembimbing I penulisan KIT Politenik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Bapak Ir. Frans Tandibura, S.T., M.M., M.Mar.E., Selaku Pembimbing II penulisan KIT Politenik Ilmu Pelayaran Makassar
5. Seluruh Staf dan Pengajar Politenik Ilmu Pelayaran Makassar atas bimbingan yang diberikan kepada penulis selama mengikuti program diklat Ahli Teknika Tingkat I (ATT I) di PIP Makassar
6. Kedua Orang Tua ayahanda dan Ibunda yang telah memberikan doa dan dorongan serta bantuan moril dan materil, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan KIT ini
7. Istri tercinta yang selalu mendampingi dalam keadaan susah maupun senang, dalam keadaan sempit maupun lapang.

8. Teman-teman angkatan 43 program diklat ATT 1 yang saling memberikan dukungan dan masukan selama penulisan karya ilmiah terapan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Karya Ilmiah Terapan ini masih jauh dari kata sempurna, maka penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan Karya Ilmiah Terapan ini. Dan akhir kata semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu melindungi kita semua, semoga penulisan Karya Ilmiah Terapan ini bisa bermanfaat bagi para pembaca khususnya bagi penulis sendiri.

Makassar, Maret 2025



Ibrahim Suhariyono S

ABSTRAK

IBRAHIM SUHARIYONO S, 2025 Upaya Mengatasi Terjadinya Penumpukan Karbon pada Mesin *EGCS (Exhaust Gas Cleaning System)* atau *Scrubber* di Kapal MV. HL HADONG (dibimbing oleh Bapak Sarifuddin dan Bapak Frans Tandibura)

Seperti yang diketahui bahwa sesuai peraturan yang dikeluarkan oleh IMO yang berlaku sejak 1 Januari 2020 tentang penetapan pembatasan emisi belerang gas buang dari kapal-kapal. Maka setiap pemilik kapal yang masih menggunakan bahan bakar yang memiliki sulfur tinggi untuk melakukan pemasangan mesin *EGCS* atau *Scrubber* yang dimana untuk mengurangi emisi gas buang dari kapal. Adapun tujuan karya ilmiah ini adalah untuk mengetahui bagaimana cara untuk menghindari atau mengurangi penumpukan karbon pada mesin *EGCS* atau *Scrubber* guna efisiensi kerja dari mesin tersebut dalam menyaring gas buang yang dikeluarkan mesin-mesin di atas kapal.

Dalam penyusunan KIT ini penulis menggunakan metode pengumpulan data dalam bentuk observasi/pengamatan langsung yang secara partisipatif dilakukan untuk menggambarkan keadaan atau yang terjadi di atas kapal MV. HL HADONG, yang merupakan salah satu armada perusahaan H-LINE Shipping Korea Selatan, selama 10 bulan yakni dimulai pada bulan Februari 2024 sampai dengan bulan Desember 2024. Dalam melakukan analisis terhadap Karya Ilmiah Terapan ini menggunakan teknik analisis deskriptif.

Kesimpulan/hasil karya ilmiah terapan ini menunjukkan bahwa penumpukan karbon pada ruang *absorber EGCS* atau *Scrubber* sangat berpengaruh besar terhadap kerusakan komponen-komponen dan berkurangnya kinerja mesin tersebut guna untuk mengurangi kadar emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin di atas kapal. Serta pelaksanaan perawatan dan pembersihan secara berkala yang terstruktur dapat membuat *EGCS* atau *Scrubber* dapat bekerja optimal. *EGCS* diciptakan untuk memenuhi penanganan gas buang dari kapal sehingga emisi gas buang yang keluar dari kapal tidak mencemari lingkungan.

ABSTRACT

IBRAHIM SUHARIYONO S, 2025 Efforts to Overcome the Occurrence of Carbon Accumulation in EGCS (Exhaust Gas Cleaning System) or Scrubber Engines on MV Ships. HL HADONG (guided by Mr. Sarifuddin and Mr. Frans Tandibura)

As is known, in accordance with the regulations issued by the IMO which has been in effect since January 1, 2020 regarding the determination of limits on sulfur emissions from ships. So every ship owner who still uses fuel that has high sulfur to install an EGCS or Scrubber engine which is to reduce exhaust gas emissions from the ship. The purpose of this scientific paper is to find out how to avoid or reduce carbon accumulation in EGCS or Scrubber engines for the efficiency of the work of these engines in filtering exhaust gases emitted by engines on board.

In the preparation of this KIT, the author uses a data collection method in the form of direct observation/observation which is carried out participatively to describe the situation or what happens on board the MV ship. HL HADONG, which is one of the fleets of South Korean H-LINE Shipping, for 10 months, starting from February 2024 to December 2024. In conducting an analysis of this Applied Scientific Paper, descriptive analysis techniques are used.

The conclusions/results of this applied scientific paper show that the accumulation of carbon in the EGCS or Scrubber absorber chamber has a great effect on the damage of components and the reduction in the performance of the engine in order to reduce the level of exhaust gas emissions produced by the engine on board. As well as the implementation of regular structured maintenance and cleaning can make EGCS or Scrubber work optimally. EGCS was created to meet the handling of exhaust gases from ships so that the exhaust emissions coming out of ships do not pollute the environment.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN SEMINAR.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK/ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
 BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan	3
E. Manfaat	4
F. Hipotesis.....	4
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Prinsip Dasar Mesin EGCS atau Scrubber	6

B. Pengertian dan Fungsi Mesin EGCS atau Scrubber	8
C. Cara Kerja Mesin EGCS atau Scrubber	9
D. Fungsi Sistem Mesin EGCS atau Scrubber	13
E. Sistem Instalasi pada Mesin EGCS atau Scrubber	15
F. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya masalah	21
G. Kerangka Pikir	24

BAB III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisis	25
1. Lokasi Kejadian	25
2. Situasi dan Kondisi	25
3. Spesifikasi / Data-data Kapal	26
4. Spesifikasi Mesin EGCS atau Scrubber	27
5. Temuan	27
B. Pembahasan	34

BAB IV. PENUTUP

A. Kesimpulan	42
B. Saran	42

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
2.1	Persiapan untuk menjalankan <i>system start-up</i> 10
2.2	Prosedur melakukan <i>emergency shutdown</i> 13

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
2.1	<i>start-up sequence</i>	11
2.2	<i>stop sequence</i>	12
2.3	Tampilan dasar pembagian seksi pada Panel Utama	14
2.4	Tampilan dasar pada Panel Utama	15
2.5	<i>Gas Monitoring System display</i>	16
2.6	<i>Gas Monitoring System</i> skema pengoperasian	17
2.7	<i>Water Monitoring system display panel</i>	18
2.8	<i>Sea water supply pump</i>	19
2.9	<i>Mist Eliminator (dirty condition)</i>	20
3.0	Tampilan secara umum sistem <i>damper Scrubber</i>	21
3.1	<i>nozzle spray and steel strainer</i>	28
3.2	<i>Pre absorber nozzle spray</i>	41

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1	Foto kapal MV. HL Hadong	45
2.1	Jam kerja (RH) dalam pelaksanaan perawatan dan perbaikan <i>EGCS</i>	46
2.2	Jam kerja (RH) dalam pelaksanaan perawatan dan perbaikan <i>sea water pump</i>	46
2.3	Jam kerja (RH) dalam pelaksanaan perawatan dan perbaikan <i>sealing air fan</i>	47
2.4	Jam kerja (RH) dalam pelaksanaan perawatan dan perbaikan <i>sealing air fan</i>	48
3.1	Foam pencatatan maintenance & adjustment komponen gas buang EGCS	49
3.2	Foam pencatatan maintenance & adjustment komponen air EGCS	50
3.3	Foam pencatatan data parameter harian pada EGCS	51
3.4	Foam pencatatan data parameter harian pada kondisi air dari EGCS	52
3.5	Foam pencatatan data parameter harian pada kondisi gas buang dari EGCS	53
4	contoh laporan pemeriksaan ruang Absorber dari EGCS (14 Agustus 2024)	54
5	contoh hasil Lab Analysis untuk bunkering HFO (18 October 2024)	55
6	Start / Stop Sequence dari EGCS	60
7	<i>Data record</i> harian dari EGCS	61

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Lingkungan Maritim mencakup muara – muara, perairan pantai dan lautan terbuka. Di daerah–daerah ini, manusia menimba sumber– sumber hayati maupun non hayati. Lingkungan maritim merupakan suatu lingkungan yang dinamis dan perubahannya secara tetap tercermin pada aneka ragamnya proses fisik, kimia dan biologis yang terjadi dilaut. Penggunaan lingkungan maritim dapat menghidupkan pertumbuhan ekonomi maupun masalah lingkungan. Lautan merupakan salah satu jalur transportasi yang dewasa ini semakin ramai dan berkembang seiring dengan perkembangan teknologi. Hal ini terbukti dengan semakin banyaknya kapal-kapal yang berukuran kecil maupun besar yang beroperasi di lautan, ke semuanya itu dapat mempengaruhi lingkungan di laut jika terjadi pencemaran.

Penentuan bahan bakar juga menentukan polusi udara yang ditimbulkan oleh gas buang dari kapal-kapal yang beroperasi di lautan. Hal ini menyebabkan pencemaran Udara yang mempunyai pengaruh cukup besar serta membawa akibat yang buruk terhadap lingkungan terkhususnya dilingkungan Udara atau *atmosphere*. Hal ini terjadi akibat tidak terkontrolnya Gas buang dari mesin mesin di atas kapal dan tidak mengikuti prosedur penanganan dan ketentuan gas buang yang telah ditetapkan. Sebagaimana yang sudah ditetapkan oleh Marpol 73/78 Annex VI : tentang peraturan-peraturan untuk pencegahan pencemaran Udara dari kapal-kapal.

Dalam upaya penanganan masalah tersebut dapat di atasi dengan pemilihan bahan bakar yang tepat atau dengan adanya mesin untuk menyaring/mengontrol gas buang seperti mesin EGCS (*Exhaust Gas Cleaning System*) atau *SCRUBBER*, yaitu suatu mesin yang dipergunakan untuk menyaring atau mengontrol pencemaran Gas buang. Gas buang yang dimaksudkan adalah gas buang yang di produksi oleh *Main Engine*, *Generator Engine* dan *Aux Boiler* sesuai dengan aturan yang berlaku sejak 1 Januari 2020 oleh

IMO tentang batas kandungan *sulfur* pada bahan bakar kurang dari 0.5 % pada Global dan kurang dari 0.1 % pada *Emission Control Area* (ECA). Pada mesin *EGCS* atau *Scrubber* terkadang terjadi masalah contohnya penumpukan karbon, kesalahan pembacaan sensor, tertutupnya lubang *nozzle spray* oleh kotoran atau karbon dan lain-lain.

Dalam pelaksanaan operasional mesin *EGCS* atau *Scrubber* terdapat banyak kendala atau masalah yang terjadi, baik itu dari faktor manusia, permesinan, kondisi cuaca dalam menjalankan pengoperasian, pemeriksaan berkala maupun penanganan masalah tersebut. Sesuai dengan pengalaman yang penulis dapatkan saat menjalankan atau mengoperasikan mesin *EGCS* atau *Scrubber* keterlambatan dalam melaksanakan pemeriksaan rutin dapat menimbulkan masalah yang dapat mengurangi kinerja dari mesin tersebut. Beberapa kali terjadinya penumpukan *karbon* saat mengoperasikan mesin tersebut diakibatkan oleh terlambatnya pemeriksaan berkala dan pembersihan dalam ruang *absorber*, akan tetapi hal-hal ini dipengaruhi dengan perjalanan atau *voyage* yang panjang. Akan tetapi pengawasan setiap hari terhadap kinerja mesin *EGCS* dari setiap parameter dapat mengurangi masalah tersebut.

Mencermati akan pentingnya mesin *EGCS* atau *Scrubber* diatas kapal maka diperlukan wawasan dan pengetahuan tentang mesin *EGCS* atau *Scrubber* selain itu perlu dilakukan tindakan pemeriksaan dan perawatan secara rutin untuk menjaga kondisi mesin ini terus dalam keadaan baik sehingga dapat bekerja secara optimal. Oleh karena itu, maka penulis mencoba mengangkat salah satu permasalahan dan menuangkan dalam suatu bentuk penelitian dengan judul : **“Upaya Mengatasi Terjadinya Penumpukan Karbon Pada Mesin *EGCS* (*Exhaust Gas Cleaning System*) atau *Scrubber* Di Kapal MV. HL Hadong”**

B. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dapat penulis ambil dalam penelitian ini adalah :

1. Apa penyebab utama terjadinya penumpukan karbon pada mesin *EGCS* atau *Scrubber* ?

Apakah faktor teknis seperti kualitas bahan bakar, design mesin, atau pemeliharaan yang kurang tepat yang berkontribusi terhadap penumpukan karbon pada mesin *EGCS* ?

2. Bagaimana dampak penumpukan karbon terhadap kinerja mesin *EGCS* atau *Scrubber* ?

Apakah penumpukan *karbon* mempengaruhi emisi gas buang, efisiensi energi atau kerusakan jangka Panjang pada komponen mesin *EGCS* ?

3. Apa metode yang dapat diterapkan untuk mencegah atau mengurangi penumpukan karbon pada mesin *EGCS* atau *Scrubber* ?

Apa teknologi atau prosedur pemeliharaan yang dapat meningkatkan kinerja mesin *EGCS* dan mencegah akumulasi *karbon* ?

C. Batasan Masalah

Mengingat begitu luasnya permasalahan diatas kapal yang berkaitan dengan *EGCS/Scrubber*, maka penulis membatasi ruang lingkup hanya tentang penumpukan karbon pada ruang *Pre Absorber* dan ruang *Absorber*.

D. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Teoritis

Mendeskripsikan tentang akibat penumpukan karbon dari mesin *EGCS* atau *Scrubber* terhadap kinerja dan pengaruhnya terhadap pencemaran lingkungan udara sekitar.

2. Tujuan Praktis

- a. Untuk mengetahui faktor-faktor apa yang mempengaruhi terjadinya penumpukan karbon pada mesin *EGCS* atau *Scrubber*
- b. Meningkatkan perawatan dan mengetahui cara kerja serta pengoperasian pada mesin *EGCS* atau *Scrubber*
- c. Untuk mengetahui dan mengatasi dampak penumpukan karbon terhadap kinerja mesin *EGCS* atau *Scrubber*

E. Manfaat Penelitian

1. Diri Sendiri

Sebagai gambaran penulis sebagai perwira (masinis) yang bekerja di atas kapal jika menghadapi permasalahan seperti ini, yaitu pada saat terjadinya penumpukan karbon pada mesin *EGCS* atau *Scrubber* di atas kapal dan juga sebagai bahan kajian penulis dalam pengembangan Karya Ilmiah Terapan.

2. Sefrofesi

Memberikan informasi atau sebagai referensi bagi rekan-rekan Perwira Mesin (Masinis) tentang mesin *EGCS* atau *Scrubber*. Dan juga sebagai bahan masukan bagi para pembaca, khususnya Pasis dan Taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar jurusan Teknika.

3. Perusahaan

Memberikan informasi atau sebagai referensi bagi perusahaan dalam rangka pelaksanaan *training*/pelatihan terhadap perwira dan *crew* (ABK) yang akan bergabung (*on board*) pada perusahaan tersebut sehingga kondisi pelayaran akan dapat berjalan dengan lancar dan baik.

4. Institusi

Sebagai salah satu syarat penulis untuk penyelesaian karya ilmiah terapan (KIT) sehingga program pendidikan dapat terselesaikan dengan baik dan juga untuk dapat menghasilkan perwira siswa yang berkualitas.

5. Peneliti Lanjutan

Dengan adanya penelitian ini dapat menjadi bahan acuan atau dasar referensi bagi para peneliti yang akan melakukan penelitian yang lebih mendalam tentang penelitian ini.

F. Hipotesis

Berdasarkan permasalahan pokok yang dikemukakan diatas, maka penulis mengambil dugaan sementara yang menjadi faktor penyebab terjadinya penumpukan karbon pada mesin *EGCS* atau *Scrubber* diduga karena :

1. Terjadinya sumbatan (*clogging*) pada *nozzle spray* dalam ruang *Absorber* dan *Pre Absorber*
2. Kurangnya tekanan air laut sebagai media *spray* untuk membersihkan gas buang
3. Kurangnya perawatan dan pemeriksaan berkala pada mesin dan komponennya
4. Penentuan bahan bakar yang kurang tepat atau spesifikasi bahan bakar tidak memenuhi standar.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Prinsip Dasar Mesin *EGCS* atau *Scrubber*

EGCS atau *Scrubber* adalah kumpulan berbagai macam alat kendali polusi udara yang dapat digunakan untuk membuang partikel dan/atau gas dari *Main Engine*, *Generator Engine* dan *Aux Boiler*. *EGCS* atau *Scrubber* berkaitan dengan peralatan control polusi menggunakan cairan untuk mencuci polutan yang tidak diinginkan dari arus gas. *EGCS* atau *Scrubber* adalah salah satu peralatan pokok yang mengontrol emisi gas terutama gas asam.

EGCS atau *Scrubber* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan variasi alat yang menggunakan cairan untuk membuang polutan. Pada *EGCS* atau *Scrubber* arus gas kotor dibawa menuju kontak dengan cairan pencuci dengan cara menyemprotkan, mengalirkannya atau dengan metode kontak lainnya.

Karakteristik *exhaust gas* dan sifat karbon, jika terdapat partikel adalah hal yang sangat penting. *EGCS* atau *Scrubber* di design untuk mengumpulkan polutan partikel atau gas. *EGCS* atau *Scrubber* membuang partikel dengan cara menangkapnya dalam tetesan atau butiran cairan. Sedangkan untuk polutan gas proses *EGCS* atau *Scrubber* adalah melarutkan dan menyerap polutan ke dalam cairan. Adapun butiran cairan yang masih terdapat dalam dalam arus gas buang pasca pencucian selanjutnya harus dipisahkan menjadi gas bersih dengan alat yang disebut *mist eliminator* atau *entrainment separator*

Menurut Lampiran VI MARPOL 1973/78 konvensi IMO adalah :

Bagian dari konvensi internasional untuk pencegahan polusi dari kapal (MARPOL) yang berfokus pada pencegahan polusi udara yang disebabkan oleh kapal. Konvensi ini diadopsi oleh Organisasi Maritim Internasional (IMO) pada tahun 1973 dengan revisi pada tahun 1978 dan Lampiran VI diterapkan untuk membatasi emisi gas-gas berbahaya yang dihasilkan oleh kapal, seperti *sulfur dioksida (SO₂)*, *Nitrogen Oksida (Nox)* dan zat-zat lain yang dapat mencemari

atmosfer. Berikut adalah beberapa hal utama yang di atur dalam Lampiran VI MARPOL :

1. Pembatasan Emisi Sulfur

Menetapkan batas maksimum kandungan sulfur dalam bahan bakar kapal untuk mengurangi emisi sulfur *dioksida* yang dapat menyebabkan hujan asam dan masalah Kesehatan.

2. Pengendalian Emisi *Nitrogen Oksida (Nox)*

Menetapkan standar emisi NOx untuk mesin kapal yang digunakan diluar wilayah pelabuhan atau area-area tertentu

3. Zona Emisi Rendah

Beberapa area seperti laut Baltik dan laut utara ditetapkan sebagai zona dengan standar emisi yang lebih ketat untuk mengurangi polusi udara

4. Peralatan Pengendalian Polusi Udara

Kapal juga harus dilengkapi dengan teknologi yang dapat mengurangi emisi, seperti sistem pengurangan emisi *nitrogen* atau perangkat pengolahan gas buang

5. Pencatatan dan Pelaporan

Kapal diwajibkan untuk mencatat data tentang bahan bakar yang digunakan dan pelaksanaan pengendalian emisi yang harus tersedia untuk inspeksi oleh otoritas pelabuhan

Menurut Fujimoto (2019) dalam bukunya *Advanced Marine Pollution Control Technologies* adalah :

Karbon yang terbentuk dalam mesin *EGCS* sering kali merupakan hasil sampingan dari pembakaran bahan bakar yang kurang efisien. Karbon ini bisa berbentuk partikel kecil atau senyawa karbon lainnya yang terperangkap dalam gas buang. Mesin *EGCS* dirancang untuk menghilangkan *sulfur dioksida*, namun penumpukan karbon dapat mengganggu proses ini, mengurangi efektivitas sistem dan mempercepat kerusakan komponen mesin jika tidak dikelola dengan baik.

Menurut Yuan, S., & Zhang, C., (2020) dalam “Modeling of sulfur oxides removal in exhaust gas cleaning systems.” *Environmental Science & Technology*, 54(5), 2447-2454. adalah :

Karbon dalam gas buang kapal sebagian besar terdiri dari *karbon dioksida* (CO_2), yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar *hidrokarbon*. Pembakaran yang tidak sempurna menghasilkan *karbon monoksida* (CO) serta partikel karbon. Karbon dioksida adalah gas rumah kaca utama yang berkontribusi pada perubahan iklim global, sementara *karbon monoksida* dan partikel karbon dapat membahayakan Kesehatan manusia dan kualitas udara.

B. Pengertian dan Fungsi Mesin EGCS atau Scrubber

Menurut IMO (*International Maritime Organization*)

Mesin EGCS atau sistem pembersihan gas buang adalah teknologi yang dirancang untuk mengurangi kandungan polutan dalam gas buang kapal, khususnya *sulfur dioksida* (SO_2) yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar berbasis sulfur. EGCS bertujuan untuk mematuhi peraturan internasional mengenai batasan emisi sulfur yang ditetapkan oleh MARPOL Annex VI, yang membatasi kadar sulfur dalam bahan bakar kapal

Menurut Zhang, Q., & Li, Z. (2019). “A review on marine engine emissions control technologies: EGCS and beyond.” *Marine Pollution Bulletin*, 148, 105-108. adalah :

Mesin EGCS merupakan teknologi yang digunakan untuk membersihkan gas buang yang dihasilkan oleh mesin kapal dengan cara menurunkan konsentrasi *sulfur dioksida* (SO_2) hingga memenuhi standar yang ditetapkan. Sistem ini dapat menggunakan reaksi kimia dengan bahan penyerapan atau melalui proses fisik dengan air laut, bergantung pada design teknologi yang di gunakan.

Menurut Nugroho, E., & Hermawan, M. (2022).” Kajian penumpukan karbon pada mesin kapal yang dilengkapi dengan sistem EGCS di pelayaran Indonesia.” *Jurnal Teknik Perkapalan*, 14(4), 56-63 adalah :

Mesin *EGCS* adalah system yang efektif digunakan dalam industry pelayaran untuk mengurangi polusi udara yang berasal dari emisi gas buang kapal. Sistem ini juga berfungsi sebagai alternatif terhadap penggunaan bahan bakar rendah sulfur yang mahal. Prosesnya terdiri dari pencucian gas buang dengan cairan untuk menghilangkan kandungan sulfur dioksida dan gas berbahaya lainnya.

Menurut Lembaga Teknologi Energi adalah :

Mesin *EGCS* bekerja dengan cara menyaring dan membersihkan gas buang dari mesin pembakaran melalui proses kimiawi dan fisik untuk mengurangi kadar sulfur dan polutan lainnya. Pada umumnya proses pembersihan gas buang dilakukan menggunakan air laut atau air tawar dalam jenis *wet scrubber* dan pada *dry scrubber* menggunakan pembersihan dengan bahan kimia kering.

Menurut G.D.Collins (2020) dalam bukunya *Ship Pollution and its Control* adalah :

Mesin *EGCS* berfungsi untuk mengontrol emisi gas berbahaya dan mematuhi persyaratan lingkungan yang semakin ketat dalam insustri pelayaran. Dengan system ini, kapal dapat mengurangi emisi sulfur dioksida dan polutan lainnya, yang berfungsi untuk melindungi kualitas udara dan ekosistem laut dari dampak negatif yang dihasilkan oleh polusi.

C. Cara Kerja Mesin *EGCS* atau *Scrubber*

Semua peralatan yang terdapat dalam sistem *scrubber* dipantau dan di kendalikan oleh kontrol utama yang berada di Ruang kontrol Pusat (*Kontrol Panel*). Semua item atau peralatan dapat dikendalikan dari jarak jauh dapat di operasikan secara cara otomatis ataupun manual dan sistem penguncian saling terkait sama lain, dan peralatan-peralatan tersebut dapat diprogram untuk pengoperasian setiap saat.

System ini dapat di operasikan pada “*open loop*” dimana dapat di operasikan secara otomatis.

1. Untuk menjalankan secara otomatis, peralatan *remote control* harus di persiapkan sesuai di bawah :

Table 2.1 Persiapan untuk menjalankan *system start-up*

No.	Item	Tag No.	Status	Operation mode
1	Damper (bypass & Scrubber inlet)	DM-ME1A,ME1B DM-GE1A-3A DM-GE1B-3B	Auto	Open/close
2	Seal air fan	FN-001A/B	Running	Start/stop
3	Sea water pump	PP-001A/B/C	Remote/auto 2 pump select	Start/stop
4	Sea water pump in/out valve	V311, V321, V331, V313, V323, V333	Open	Open/close
5	Wash water discharge valve	V512, V522, V532	Open	Open

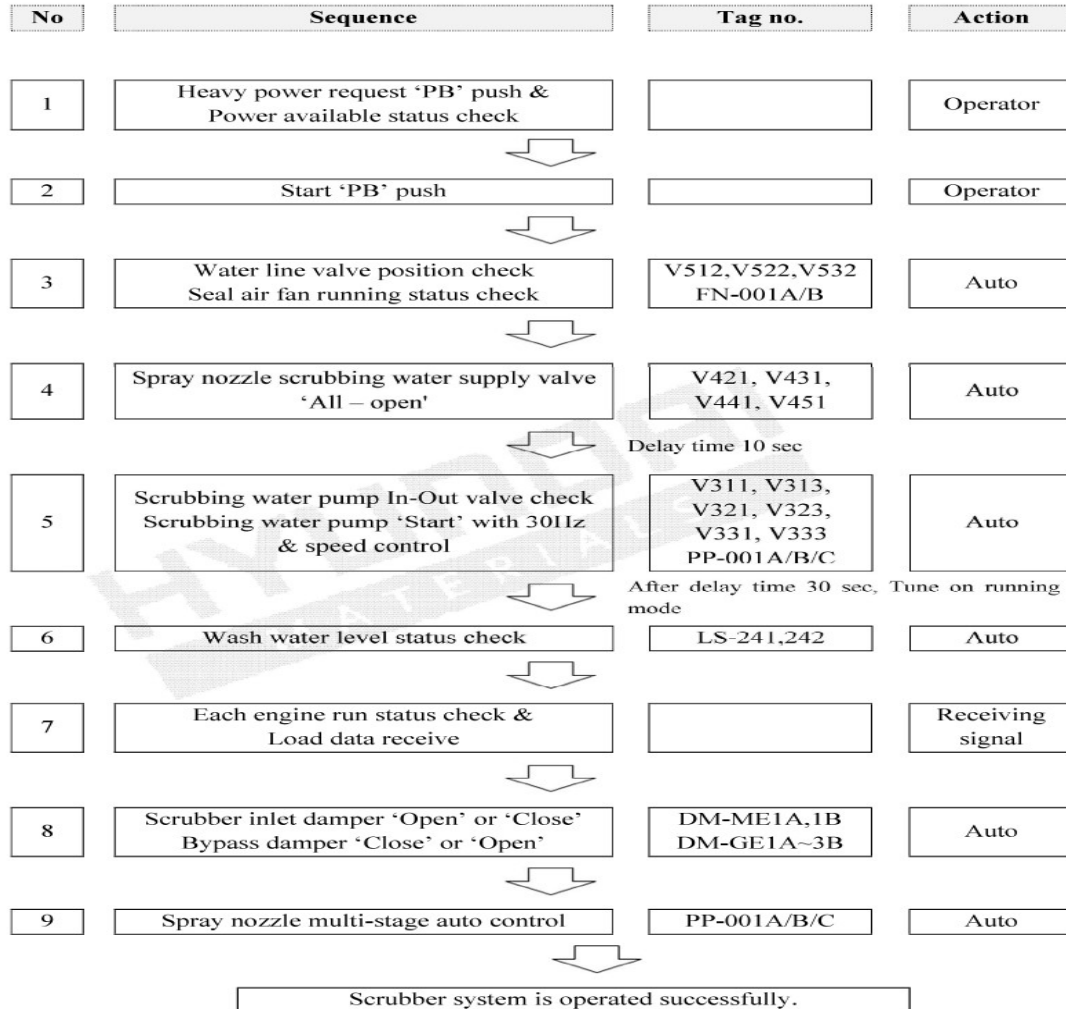
Sumber : *Instruction Manual Book Mesin EGCS atau Scrubber* di kapal MV. HL Hadong

2. Proses start up EGCS atau Scrubber

Sebelum melakukan pengoperasian mesin *EGCS*, lakukan pengecekan terhadap setiap komponen yang mendukung serta peralatan untuk melaksanakan *pre start*. Hal ini penting untuk menghindari kegagalan pengoperasian yang membutuhkan waktu yang cukup lama. Dalam menjalankan mesin *EGCS*, sangat perlu di perhatikan komponen yang bergerak atau beropersi secara otomatis baik itu pengoperasian katup/*valve*, parameter temperatur dan tekanan, ataupun damper perpindahan gas buang.

Proses urutan start up dapat ditunjukkan pada table/gambar di bawah ini :

Gambar 2.1 : *start-up sequence*



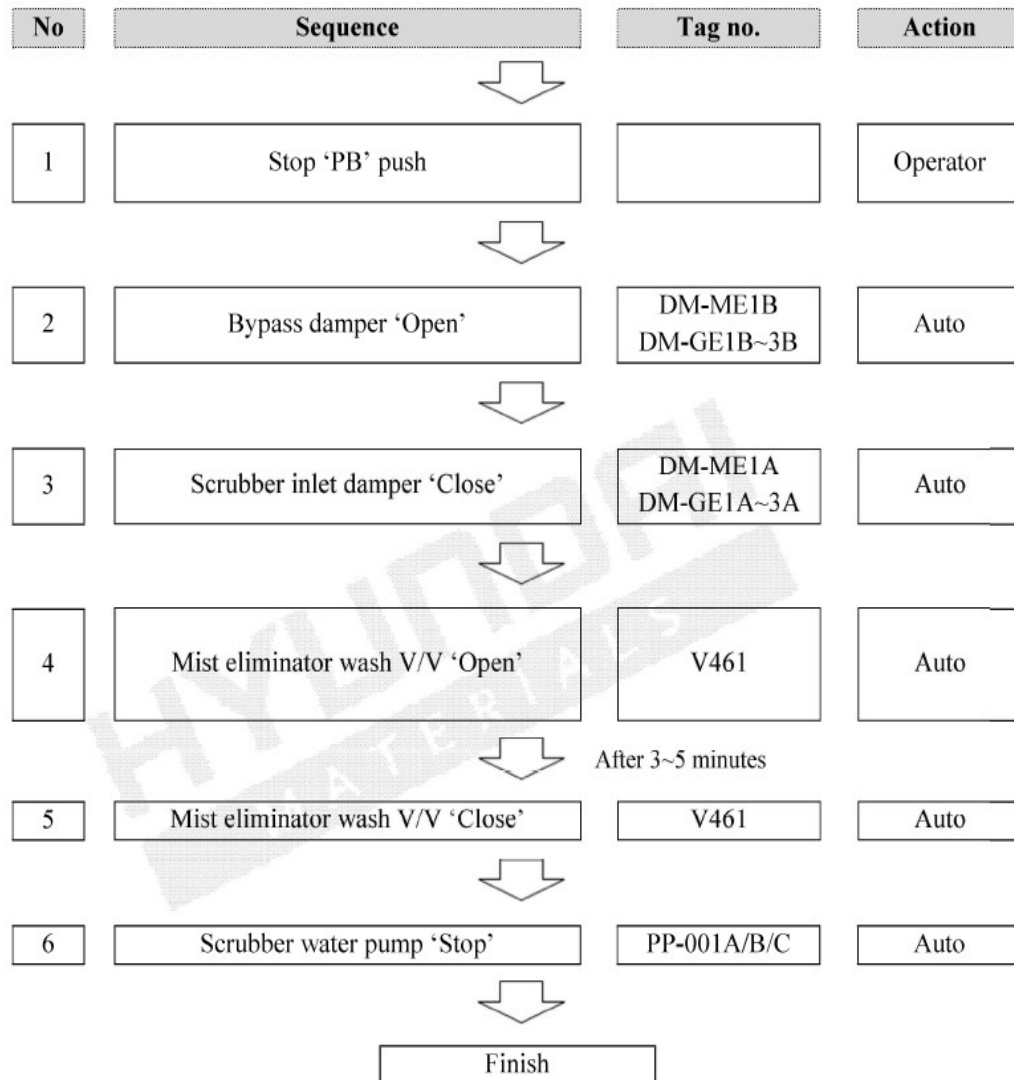
Sumber : *Instruction Manual Book Mesin EGCS atau Scrubber*

3. Proses stop EGCS atau *Scrubber*

Untuk melaksanakan proses *stop*, dapat dilakukan secara bertahap sistem *EGCS* harus dilakukan oleh operator dengan kondisi dimana telah memenuhi persyaratan baik dari segi permesinan ataupun penggunaan bahan bakar.

Proses urutan *stop* dapat ditunjukkan pada table/gambar dibawah ini :

Gambar 2.2 : stop sequence



Sumber : *Instruction Manual Book Mesin EGCS atau Scrubber* di kapal MV. HL Hadong

4. Prosedur melakukan *Emergency shutdown*

Menghentikan secara darurat dapat merusak secara serius pada *system* itu *Scrubber*. Gas buang harus dilewati ke atmosfer dan tidak menetap didalam *scrubber*. Proses yang terjadi sesuai di bawah ini :

Table 2.2 : Prosedur melakukan *emergency shutdown*

No.	Sequence	Tag No.	Action
1	Discharge overboard valve close SCB discharge water level 'HH' SCB inlet water pressure 'LL' Emergency & abnormal stop status Scrubber water pump 3 EA fault Normal Power fail Scrubber in-out gas different pressure 'HH' Scrubber outlet gas temperature 'HH' Scrubber inlet gas temperature 'HH' Instrument air pressure 'LL'	-	Auto
2	Bypass damper 'Open' Scrubber water pump 'stop'	DM-ME1B DM-GE1B-3B PP-001 A/B/C	Auto
3	Scrubber inlet damper 'close'	DM-ME1A DM-GE1A-3A	Auto

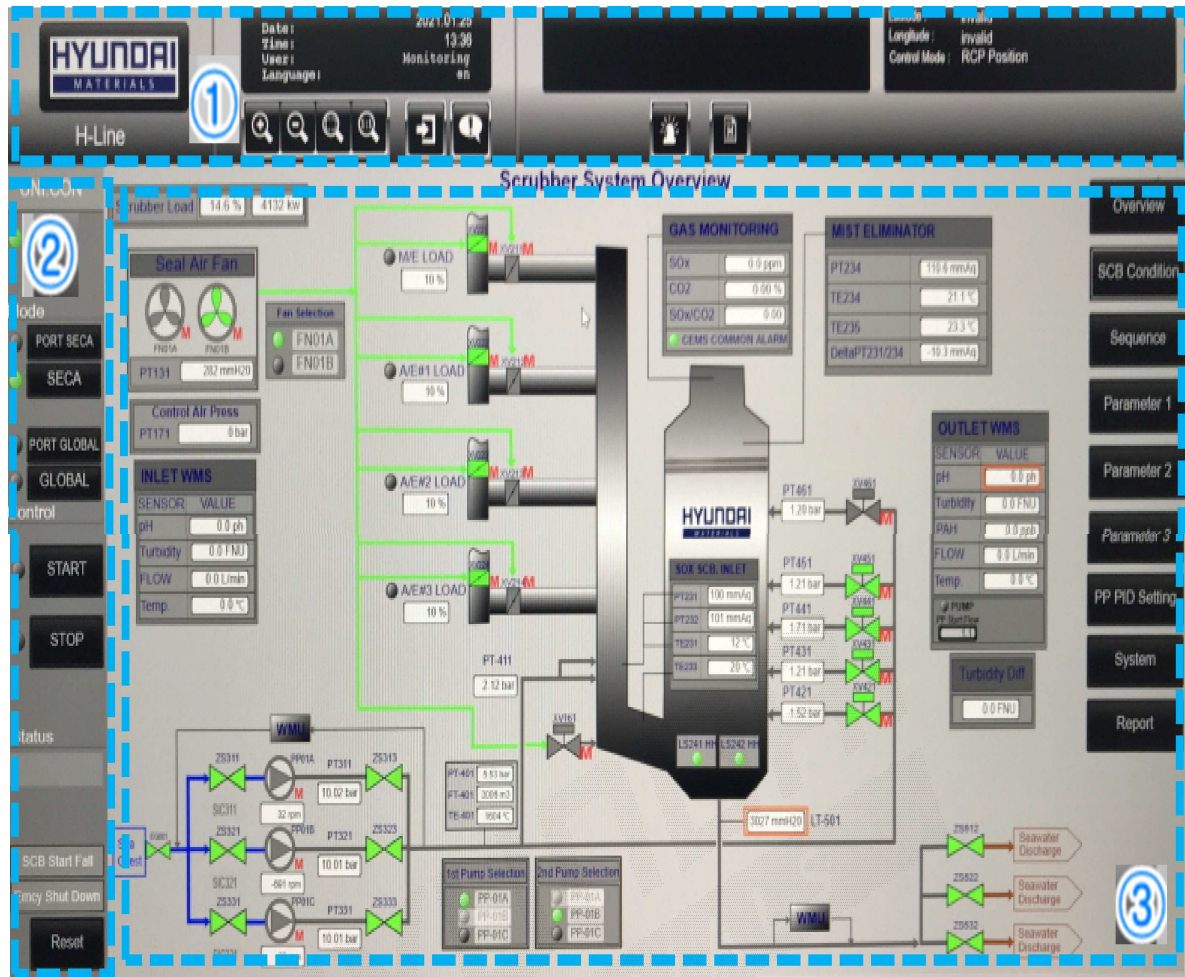
Sumber : *Instruction Manual Book Mesin EGCS atau Scrubber* di kapal
MV. HL Hadong

D. Fungsi Sistem Mesin *EGCS* atau *Scrubber*

1. Komposisi dasar layar

Pada Main Panel ataupun *Remote Control Panel* dapat terlihat tampilan dasar dan beberapa bagian untuk melakukan pengoperasian pada mesin *EGCS* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

Gambar 2.3 : Tampilan dasar pembagian seksi pada Panel Utama



[Fig. 5 System screen]

Sumber : *Instruction Manual Book Mesin EGCS atau Scrubber*

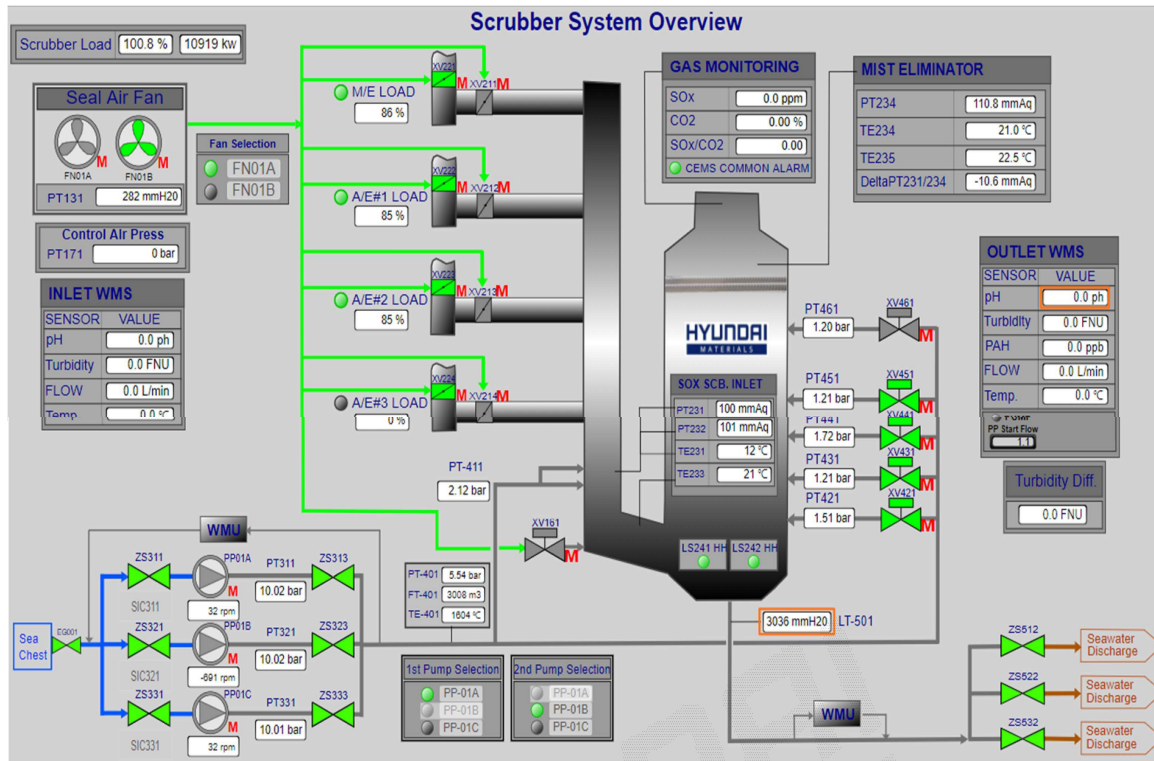
Dari gambar 3 anda dapat mengecek dan menggunakan menu, status *scrubber* dan alarm yang diperlukan untuk menggunakan sistem dengan menggerakkan beberapa halaman. Ketika pengguna memulai / menghentikan sistem, warna akan berubah mengikuti atau menampilkan nilai :

- ① Tampilan bagian atas : akses untuk fitur seperti waktu, alarm, otorisasi pengguna, *zoom in* dan *out system*
- ② tampilan bagian kiri : periksa status sistem *Scrubber*

- ③ tampilan bagian kanan dan layer utama : gunakan tombol mimic di sebelah kanan untuk beralih ke halaman di layar anda sedang lihat

2. Tampilan layar utama

Gambar 2.4 : Tampilan dasar pada Panel Utama



[Fig. 6 Overview page]

Sumber : *Instruction Manual Book Mesin EGCS atau Scrubber* di kapal MV. HL Hadong

Dari tampilan diatas adalah halaman utama dalam menggunakan scrubber dan memungkinkan untuk memeriksa status operasi dan system operasi. Mimic pada halaman memantai nilai sensor yang dipasang dan memungkinkan pompa, katub dan damper dimanipulasi.

E. Sistem Instalasi Pada Mesin *EGCS* atau *Scrubber*

Dalam instalasi ini pada penataan *EGCS* atau *Scrubber* tentunya terdiri dari beberapa bagian peralatan atau permesinan yang merupakan satu kesatuan, tanpa adanya peralatan-peralatan tersebut tentunya sistem penataan instalasi ini kurang efisien.

Adapun peralatan atau permesinan pada sistem instalasi ini adalah sebagai berikut :

1. *GMS (Gas Measurement System)*

GMS pada sistem *EGCS* atau *Scrubber* merujuk pada sistem yang di gunakan untuk mengukur konsentrasi gas-gas tertentu dalam gas buang yang melalui sistem pembersihan. *GMS* berfungsi untuk memantau emisi dan memastikan bahwa sistem *EGCS* beroperasi dengan baik serta sesuai dengan standar lingkungan yang ditetapkan.

GMS adalah perangkat pengukuran yang digunakan untuk memantau dan menganalisis gas buang yang di hasilkan oleh mesin di atas kapal atau sumber emisi lainnya yang melewati *EGCS*. *GMS* mencakup beberapa sensor atau instrument yang dapat mengukur konsentrasi sulfur dioksida (SO_2), karbon dioksida (CO_2), oksigen (O_2) dan parameter lain yang relevan untuk menilai keberhasilan pembersihan gas buang.

Gambar 2.5 : *Gas Monitoring System display*



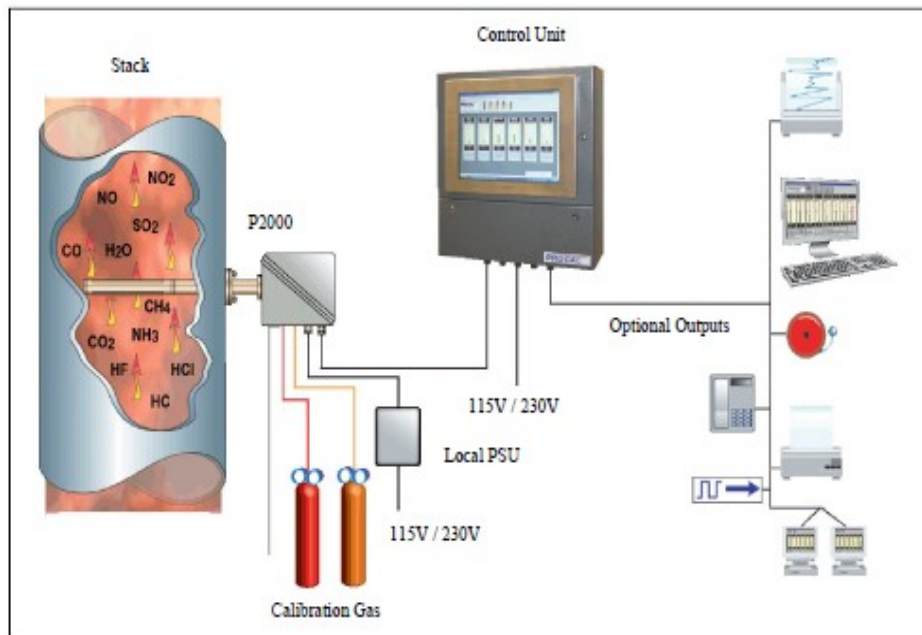
Sumber : Foto asli tampilan *GMS* pada kapal MV. HL Hadong

Fungsi utama dari komponen *GMS* adalah :

- a. Memantau emisi gas
- b. Mengontrol efektivitas *EGCS*

- c. Kepatuhan terhadap regulasi lingkungan
- d. Peringatan dini terhadap peningkatan emisi gas
- e. Meningkatkan efisiensi operational

Gambar 2.6 : *Gas Monitoring System* skema pengoperasian



Sumber : *instruction manual book of EGCS* pada kapal MV. HL Hadong

2. *WMS (Water Monitoring System)*

WMS pada *EGCS* adalah sistem yang digunakan untuk memantau kualitas air yang dihasilkan oleh proses pembersihan gas buang di dalam sistem *EGCS*, terutama dalam proses *scrubber*. Fungsi utama dari *WMS* adalah memastikan bahwa air yang dibuang ke laut atau sistem lainnya tidak mencemari lingkungan dan memenuhi standar yang ditetapkan oleh regulasi lingkungan.

WMS adalah perangkat yang memantau kualitas air yang digunakan dalam proses pembersihan gas buang pada *EGCS*, termasuk parameter-parameter seperti *pH*, kadar sulfat, *Turbidity* (kekeruhan) dan kadar zat berbahaya lainnya. Dalam *EGCS* menggunakan air untuk menghilangkan

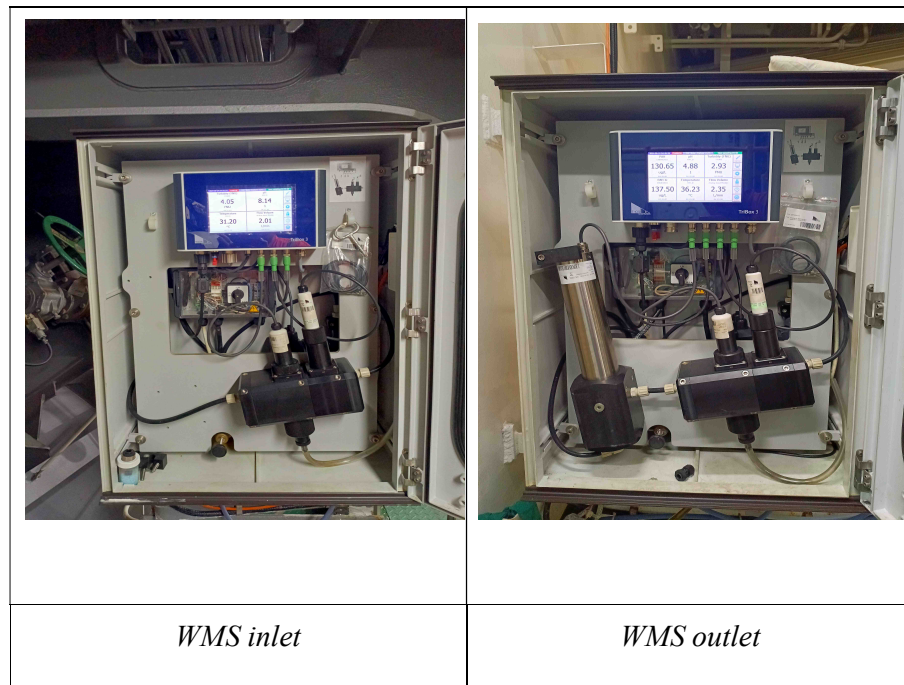
sulfur dan polutan lain dari gas buang dan *WMS* berperan memastikan bahwa air yang digunakan atau dibuang tidak mencemari lingkungan.

Fungsi utama dari komponen *WMS* adalah :

- a. Memantau kualitas air
- b. Kepatuhan terhadap peraturan lingkungan
- c. Peringatan dan pengendalian kualitas air
- d. Memastikan efisiensi *EGCS*
- e. Mendukung pelaporan dan audit

WMS terbagi 2, *WMS inlet* untuk mengontrol kualitas air untuk pembersihan gas buang dan *WMS outlet* untuk mengontrol kualitas air yang di buang ke laut agar tidak mencemari lautan.

Gambar 2.7 : *Water Monitoring system display panel*



Sumber : Foto asli tampilan *WMS* inlet dan outlet pada kapal MV. HL Hadong

3. *Sealing Air Fan*

Sealing air fan pada *EGCS* adalah sistem atau perangkat yang digunakan untuk menjaga keseimbangan tekanan dan mencegah terjadinya kebocoran gas atau air dalam sistem pembersihan gas buang, khususnya di area *scrubber*. *Fan* ini mengalirkan udara yang memiliki tekanan lebih tinggi untuk memastikan bahwa gas buang atau air yang telah diproses oleh *EGCS* tetap terkendali dan tidak bocor ke lingkungan atau bagian lain dari sistem.

4. Pompa Air Laut

Pompa air laut (*sea water pump*) adalah pompa yang bertugas untuk menarik air laut dari luar kapal menuju sistem *scrubber* dalam *EGCS*. Proses ini penting karena *scrubber* menggunakan air laut untuk menyerap *sulfur dioksida* (SO_2) dan partikel lainnya dari gas buang yang dihasilkan mesin kapal. Setelah proses *scrubbing*, air yang telah terkontaminasi dengan polutan akan diproses dan dibuang kembali ke laut, sesuai dengan standar lingkungan yang berlaku.

Gambar 2.8 : *Sea water supply pump*



Sumber : Foto asli pompa air laut ke *EGCS* pada kapal MV.

HL Hadong

5. *Mist Eliminator*

Mist eliminator adalah komponen yang digunakan untuk menghilangkan tetesan air halus yang terbentuk saat gas buang melewati *scrubber*. Proses *scrubbing* menggunakan air untuk membersihkan gas buang, namun air yang terkontaminasi ini dapat membentuk kabut (*mist*) yang keluar dari sistem. *Mist eliminator* berfungsi untuk menangkap dan memisahkan kabut tersebut, sehingga air yang terkontaminasi tidak terlepas ke atmosfer atau sistem lainnya.

Gambar 2.9 : *Mist Eliminator (dirty condition)*

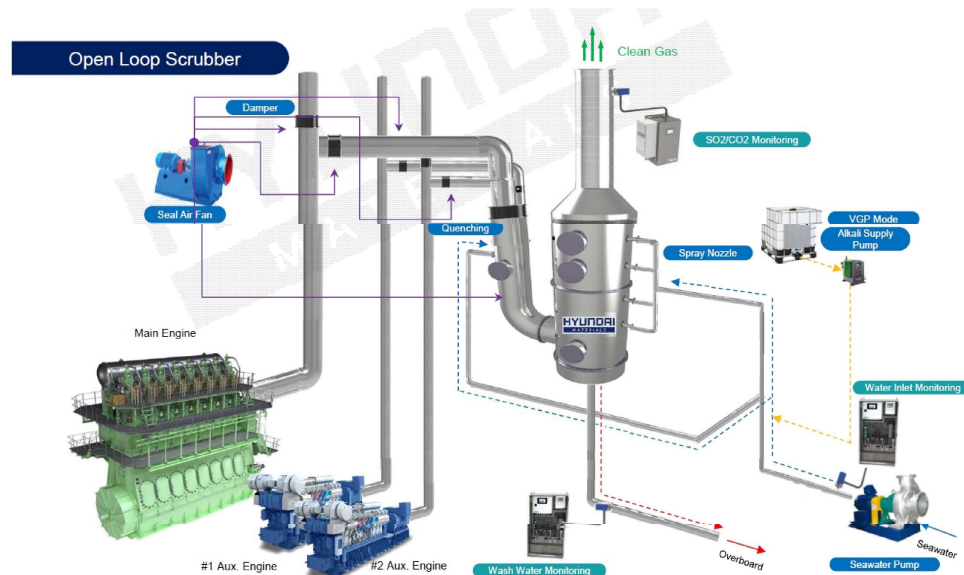


Sumber : Foto asli *Mist eliminator* pada kapal MV. HL Hadong

6. *Damper (ke EGCS dan ke By-pass)*

Damper adalah katup yang dapat di atur secara manual atau otomatis untuk mengontrol aliran gas dalam saluran gas buang pada *EGCS*. *Damper* di pasang pada bagian ruang cerobong yang menghubungkan antara cerobong gas buang mesin ke *pre absorber* pada *EGCS*. Fungsi utama adalah untuk mengatur laju aliran gas buang yang melewati sistem *scrubber* agar proses pembersihan dapat dilakukan dengan optimal. Dalam pelaksanaan pengoperasian jika terjadi permasalahan atau terdeteksi sistem eror, *damper* akan berpindah otomatis ke *Damper by-pass* untuk mengalirkan gas buang langsung ke atmosfer.

Gambar 3.0 : Tampilan secara umum system *damper scrubber*



Sumber : Foto asli *Mist eliminator* pada kapal MV. HL Hadong

F. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya masalah

1. Faktor Material / Mesin

Penumpukan karbon pada *scrubber* dapat dipengaruhi oleh beberapa factor yang berkaitan dengan mesin atau material yang digunakan. Berikut adalah beberapa faktor utama yang yang dapat mempengaruhi penumpukan karbon pada *scrubber* :

a. Jenis bahan material *scrubber*

Material yang digunakan dalam pembuatan *scrubber* seperti baja tahan karat, plastik atau material lain dapat mempengaruhi penumpukan karbon. Beberapa material mungkin lebih rentan terhadap penumpukan karbon akibat reaksi kimia yang terjadi selama proses penyaringan.

b. Temperatur dan tekanan

Proses *scrubber* sering melibatkan gas atau uap dengan temperatur dan tekanan tertentu. Pada suhu tinggi, reaksi kimia yang menghasilkan karbon dapat berlangsung lebih cepat. Jika temperature terlalu tinggi

atau tidak terkontrol karbon dapat terbentuk lebih banyak dan menumpuk didalam sistem.

c. Kandungan gas atau partikel yang di saring

Gas atau uap yang mengandung senyawa karbon seperti CO_2 , CO atau senyawa hidrokarbon lainnya, dapat mempengaruhi jumlah penumpukan karbon pada *scrubber*. Jika gas yang dihisap mengandung konsentrasi tinggi partikel karbon atau senyawa organik, proses penumpukan karbon akan lebih signifikan.

d. Kecepatan dan aliran gas

Kecepatan aliran gas yang melewati *scrubber* dapat mempengaruhi efisiensi penyerapan dan pengendapan karbon. Aliran yang terlalu cepat dapat menyebabkan kontak yang kurang antara gas dan material penyaring, sehingga karbon tidak tersaring dengan baik dan menumpuk dalam sistem

e. Frekuensi dan kualitas perawatan

Pemeliharaan rutin dari *scrubber* juga mempengaruhi seberapa banyak karbon yang dapat menumpuk. Jika sistem tidak dibersihkan atau dipelihara dengan baik, akumulasi karbon bisa terjadi lebih cepat dan mengurangi efisiensi sistem secara keseluruhan.

f. Kondisi operasional *scrubber*

Jika *scrubber* tidak beroperasi pada kondisi yang optimal, seperti pada pengaturan aliran gas, kecepatan atau pengaturan kimia/air laut, ini dapat menyebabkan pembetukan karbon yang berlebihan dalam sistem. *Operator* perlu memastikan bahwa semua parameter operasi sesuai dengan rekomendasi pabrik atau *maker* untuk meminimalkan penumpukan karbon.

2. Faktor Manusia

Penumpukan karbon pada *EGCS* atau *scrubber* yang sering digunakan pada kapal untuk mengurangi emisi *sulfur dioksida* dari gas buang, dapat dipengaruhi factor manusia dalam beberapa cara meliputi :

a. Kesalahan dalam pengoperasian

Operator yang tidak mematuhi prosedur pengoperasian yang benar atau tidak memahami cara kerja *EGCS* atau *scrubber* dapat menyebabkan pengaturan yang salah pada sistem seperti suhu, tekanan atau aliran gas yang tidak tepat. Pengoperasian yang tidak benar ini dapat menyebabkan pembetulan dan penumpukan karbon dalam sistem

b. Kurangnya pemeliharaan rutin

EGCS atau *scrubber* memerlukan pemeliharaan dan pembersihan berkala untuk memastikan sistem berfungsi secara efisien. Jika pemeliharaan tidak dilakukan dengan benar atau terlewat, penumpukan karbon bisa terjadi didalam sistem karna sisa-sisa hasil pembakaran atau gas yang tidak terbuang dengan sempurna. faktor manusia dalam hal ini mencakup kelalaian atau keterlambatan dalam melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan

c. Pengawasan dan pemantauan yang tidak tepat

Tanpa pemantauan yang tepat, masalah dalam sistem *EGCS* atau *scrubber* seperti penumpukan karbon bisa terlewatkan. Kurangnya pemantauan kinerja sistem seperti analisis gas buang atau evaluasi hasil penyaringan dapat menyebabkan terjadinya penumpukan karbon yang tidak terdeteksi lebih awal

d. Kurangnya pelatihan dan pengetahuan

Operator yang kurang terlatih atau yang tidak memiliki pemahaman mendalam tentang teknologi *EGCS* atau *Scrubber* dan dampaknya terhadap emisi gas buang mungkin tidak menyadari pentingnya pengaturan dan pemeliharaan sistem dengan benar. Ini bisa menyebabkan penumpukan karbon akibat ketidaktahuan mengenai cara-cara pencegahannya.

e. Kegagalan untuk mengikuti *SOP*

Tidak mengikuti prosedur operasi standar yang sudah ditetapkan dapat menyebabkan kesalahan dalam pengopersian *EGCS* atau *scrubber*. Misalnya, pengoperasian sistem parameter yang tidak sesuai

seperti suhu atau *pH* larutan, dapat mempengaruhi kinerja sistem dan menyebabkan penumpukan karbon.

G. Kerangka Pikir

Sesuai dengan judul karya ilmiah yang di ambil penulis, maka susunan kerangka pikir yaitu sebagai berikut :

