

**KEGAGALAN SISTEM EGCS AKIBAT OVERHEATING
PADA UNIT KONTROL ELEKTRONIK SAAT CUACA
TROPIS DI KAPAL C. CHALLENGER**



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

AHMAD AFANDI
NIS: 25.05.102.005
AHLI TEKNIK TINGKAT I

PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASAR
2025

PERYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : AHMAD AFANDI

Nomor Induk Siswa : 25.05.102.005

Program Pelatihan : Ahli Teknik Tingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**KEGAGALAN SISTEM EGCS AKIBAT OVERHEATING PADA UNIT
KONTROL ELEKTRONIK SAAT CUACA TROPIS DI KAPAL C.
CHALLENGER**

Merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Makassar

Makassar, 2025



AHMAD AFANDI

PERSETUJUAN SEMINAR KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul : KEGAGALAN SISTEM EGCS AKIBAT
OVERHEATING PADA UNIT KONTROL ELEKTRONIK
SAAT CUACA TROPIS DI KAPAL C. CHALLENGER

NAMA PASIS : AHMAD AFANDI

NOMOR INDUK SISWA : 25.05.102.005

PROGRAM DIKLAT : AHLI TEKNIK TINGKAT I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.

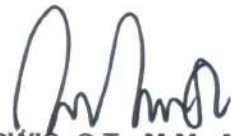
Makassar,

Menyetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. MUH. SYUAIB RAHMAN, M.T., M.Mar.E
NIP. 197303191998031002


DARWIS, S.T., M.M., M.Mar.E.
NIP. 197307312023211002

Mengetahui:
Manager Diklat Teknis
Peningkatan dan Penjenjangan


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

**KEGAGALAN SISTEM EGCS AKIBAT OVERHEATING PADA UNIT
KONTROL ELEKTRONIK SAAT CUACA TROPIS DI KAPAL C.
CHALLENGER**

Disusun dan Diajukan Oleh:

AHMAD AFANDI
25.05.102.005
AHLI TEKNIK TINGKAT I

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

Pembimbing I Pembimbing II

Menyetujui:



Ir. MUH. SYUAIB RAHMAN, M.T., M.Mar.E DARWIS, S.T., M.M., M.Mar.E.
NIP. 197303191998031002 NIP. 197307312023211002

Mengetahui:

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


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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, yang memungkinkan saya menyelesaikan penulisan KIT ini sebagai salah satu syarat untuk Perwira Siswa Jurusan Ahli Teknik Tingkat I (ATT I) di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar. Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini, baik dari segi tata bahasa, struktur kalimat, maupun metode penulisan. Terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak dan Ibu, serta istri saya, yang telah memberikan doa, dorongan, dan bantuan moril serta materil selama proses penulisan ini.

Tak lupa pada penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd. selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E. selaku Manager Diklat Teknis Peningkatan dan Penjenjangan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
3. Ir. Muh. Syuaib Rahman, M.T., M.Mar.E. selaku pembimbing I penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. Darwis, S.T., M.M., M.Mar.E. selaku pembimbing II penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
5. Seluruh Staf Pengajar Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar atas bimbingan yang diberikan kepada penulis selama mengikuti program diklat ahli Teknik tingkat I (I) di PIP Makassar.
6. Rekan-rekan Pasis Angkatan XLV Tahun 2025

Dalam penulisan KIT ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan- kekurangan dipandang dari segala sisi. Tentunya dalam hal ini tidak lepas dari kemungkinan adanya kalimat-kalimat atau kata-kata yang kurang berkenan dan perlu untuk diperhatikan. Namun walaupun demikian, dengan segala kerendahan hati penulis memohon kritik dan saran-saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan makalah ini. Harapan penulis semoga karya tulis ilmiah terapan ini dapat dijadikan bahan masukan serta dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Makassar,

2025



AHMAD AFANDI

ABSTRAK

AHMAD AFANDI, 2025 **KEGAGALAN SISTEM EGCS AKIBAT OVERHEATING PADA UNIT KONTROL ELEKTRONIK SAAT CUACA TROPIS DI KAPAL C. CHALLENGER** DI BIMBING OLEH SYUAIB RAHMAN DAN DARWIS

Sistem Exhaust Gas Cleaning System (EGCS) pada kapal C. *Challenger* mengalami kegagalan fungsi akibat overheating unit kontrol elektronik saat melintasi zona Emission Control Area (ECA) pada Mei 2025. Permasalahan ini menimbulkan risiko terhadap kepatuhan regulasi MARPOL Annex VI serta menurunkan efisiensi operasional kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab overheating, mengevaluasi dampaknya terhadap performa sistem EGCS, dan merumuskan langkah-langkah teknis serta operasional untuk mencegah kejadian serupa di masa mendatang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi observasi langsung terhadap parameter EGCS seperti suhu panel kontrol, tekanan scrubber, dan aliran gas buang, serta kondisi fisik komponen elektronik berdasarkan standar IMO MSC.1/Circ.1589 dan manual teknis MAN B&W. Selain itu, wawancara semi-terstruktur dilakukan terhadap Chief Engineer, Second Engineer, Oilier, Technical Superintendent, dan Surveyor dari Lloyd's Register untuk mendapatkan informasi kualitatif terkait prosedur pemeliharaan, kendala teknis, dan kebijakan pengoperasian sistem kontrol. Data diverifikasi dengan alarm log, laporan suhu harian, dan rekaman perawatan rutin.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama overheating berasal dari ventilasi panel kontrol yang tidak memadai untuk iklim tropis, degradasi thermal paste, kerusakan kipas pendingin, serta ketidakakuratan sistem monitoring suhu. Dampaknya meliputi kerusakan modul kontrol, penurunan efisiensi sulfur removal sebesar 23%, dan peningkatan konsumsi energi sistem pendukung. Upaya perbaikan dilakukan melalui peningkatan sistem pendingin, penggantian komponen elektronik tahan panas, serta revisi prosedur operasional dan pemeliharaan berbasis standar IMO terbaru.

Kata Kunci: *Overheating* Sistem EGCS, Kontrol Elektronik Kapal,

ABSTRACT

AHMAD AFANDI, 2025 EGCS SYSTEM FAILURE DUE TO OVERHEATING OF ELECTRONIC CONTROL UNIT DURING TROPICAL WEATHER ON THE C. CHALLENGER SHIP GUIDED BY SYUAIB RAHMAN AND DARWIS

The Exhaust Gas Cleaning System (EGCS) on the C. Challenger experienced a malfunction due to overheating of the electronic control unit while crossing an Emission Control Area (ECA) in May 2025. This issue poses a risk to compliance with MARPOL Annex VI regulations and reduces the ship's operational efficiency. This study aims to identify the factors causing the overheating, evaluate its impact on EGCS system performance, and formulate technical and operational measures to prevent similar incidents in the future.

The methods used in this study include direct observation of EGCS parameters such as control panel temperature, scrubber pressure, and exhaust gas flow, as well as the physical condition of electronic components based on IMO standard MSC.1/Circ.1589 and the MAN B&W technical manual. Additionally, semi-structured interviews were conducted with the Chief Engineer, Second Engineer, Oiler, Technical Superintendent, and Surveyor from Lloyd's Register to obtain qualitative information regarding maintenance procedures, technical challenges, and control system operating policies. Data were verified with alarm logs, daily temperature reports, and routine maintenance records.

The research results showed that the primary causes of overheating were inadequate control panel ventilation for tropical climates, thermal paste degradation, cooling fan damage, and inaccurate temperature monitoring systems. These impacts included damage to the control module, a 23% decrease in sulfur removal efficiency, and increased energy consumption of the supporting systems. Improvements were made through cooling system upgrades, replacement of heat-resistant electronic components, and revision of operational and maintenance procedures based on the latest IMO standards.

Keywords: EGCS System Overheating, Ship Electronic Controls,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	4
F. Hipotesis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Faktor Manusia	7
B. Faktor Organisasi Diatas Kapal	8
C. Faktor Kapal	9
D. Faktor Manajemen Perusahaan	10
E. Faktor Luar Kapal	11
BAB III METODE PENGAMBILAN DATA	
A. Observasi/Pengamatan	13
B. Intrview/Wawancara	13
C. Studi Pustaka	14

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Kejadian	15
B. Situasi dan Kondisi	15
C. Temuan	17
D. Urutan Kejadian	24

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	26
B. Saran	26

DAFTAR PUSTAKA	27
-----------------------	-----------

LAMPIRAN	28
-----------------	-----------

RIWAYAT HIDUP	34
----------------------	-----------

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS) merupakan teknologi penting yang digunakan untuk memenuhi regulasi emisi pelayaran internasional. Fungsinya adalah mengurangi kadar sulfur oksida dari gas buang mesin kapal agar sesuai dengan standar IMO. Namun, sistem ini rentan terhadap gangguan operasional, terutama di lingkungan dengan suhu tinggi seperti daerah tropis. Salah satu masalah yang sering muncul adalah *overheating* pada komponen elektronik, yang dapat mengganggu kinerja sistem secara keseluruhan. Jika tidak ditangani dengan tepat, hal ini dapat menyebabkan kegagalan fungsi kritis dan memengaruhi operasional kapal.

IMO melalui MARPOL Annex VI mensyaratkan bahwa kapal harus memastikan sistem pengendalian emisi beroperasi dengan baik selama pelayaran. Pasal 14 mengatur kewajiban kepatuhan terhadap batas emisi sulfur, sementara SOLAS *Regulation* II-1/26.5 menekankan pentingnya keandalan sistem kontrol elektronik. Jika terjadi kegagalan, kapal harus memiliki prosedur mitigasi untuk mencegah pelanggaran aturan lingkungan. EGCS yang tidak berfungsi dapat menyebabkan emisi melebihi batas yang diizinkan, sehingga berpotensi menimbulkan sanksi atau penahanan kapal.

Pada 12 Mei 2025, kapal C. Challenger mengalami masalah EGCS saat melintasi Selat Malaka. Sistem tiba-tiba mati karena alarm suhu kritis. Setelah diperiksa, tidak ada kerusakan mekanis, sehingga dihidupkan kembali. Namun, dua jam kemudian, sistem mati lagi. Pengecekan lebih lanjut menunjukkan suhu dalam panel kontrol mencapai 48-54°C, padahal normalnya 35-40°C. Suhu tinggi ini berbahaya karena dapat merusak komponen elektronik di dalamnya. *Overheating* menyebabkan unit kontrol tidak bekerja stabil. Akibatnya, *Exh Fan* (kipas pembuangan) pada mesin EGCS rusak karena sering start-stop mendadak. Tanpa kipas ini, sistem tidak bisa mengatur aliran

gas buang dengan benar

Masalah diperparah oleh kegagalan *Exh Fan*, yang berfungsi untuk mendinginkan komponen elektronik. Ketika fan tidak berjalan optimal, panas terperangkap di dalam panel, mempercepat kenaikan suhu. Akibatnya, sistem terus mengalami *shutdown* berulang karena tidak mampu mempertahankan suhu operasional yang aman. Pada kasus ini, kenaikan suhu hingga 54°C menyebabkan instabilitas sinyal kontrol, sehingga memicu perintah *shutdown* yang tidak direncanakan. Tanpa pendinginan yang memadai, sistem tidak dapat mempertahankan operasi yang stabil.

Selain itu, kegagalan *Exh Fan* memperparah kondisi karena komponen ini berperan penting dalam sirkulasi udara pada sistem EGCS. Ketika fan tidak berfungsi optimal, panas yang dihasilkan oleh komponen elektronik tidak dapat dibuang dengan efisien. Akibatnya, suhu dalam panel terus meningkat hingga mencapai level kritis. Masalah ini semakin menunjukkan ketergantungan sistem pada komponen pendukung yang juga rentan terhadap *overheating*.

Kegagalan berulang setelah restart mengindikasikan bahwa masalah tidak hanya bersifat sementara. *Overheating* yang terjadi telah memengaruhi integritas komponen elektronik, sehingga sistem tidak dapat pulih sepenuhnya tanpa intervensi teknis lebih lanjut. Hal ini membatasi kemampuan awak kapal untuk mengembalikan operasi EGCS secara mandiri selama pelayaran..Berdasarkan pengalaman di atas, penulis tertarik untuk mengangkat masalah tersebut dan menuangkannya dalam bentuk Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul **"KEGAGALAN SISTEM EGCS AKIBAT OVERHEATING PADA UNIT KONTROL ELEKTRONIK SAAT CUACA TROPIS DI KAPAL C. CHALLENGER "**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apa faktor penyebab terjadinya *overheating* pada unit kontrol elektronik dalam sistem EGCS di kapal C. Challenger?
2. Bagaimana dampak *overheating* terhadap kinerja dan keandalan sistem EGCS, khususnya pada komponen seperti *Exh Fan* dan sistem kontrol elektronik?
3. Apa solusi yang dapat diterapkan untuk mencegah terjadinya kegagalan sistem EGCS akibat suhu lingkungan tinggi selama pelayaran?

C. Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi analisis pada kegagalan sistem EGCS akibat *overheating* di unit kontrol elektronik pada kapal C. Challenger yang terjadi pada tanggal 12 Mei 2025 saat melintasi Selat Malaka, dengan fokus utama pada kenaikan suhu panel kontrol hingga 48-54°C, kerusakan *Exh Fan*, dan *shutdown* berulang sistem. Dampak yang ditinjau terbatas pada gangguan kinerja komponen elektronik, ketidakstabilan operasional EGCS, dan potensi pelanggaran regulasi emisi. Penelitian tidak membahas faktor eksternal seperti cuaca tropis, desain kapal secara keseluruhan, atau masalah teknis di luar unit kontrol elektronik dan sistem pendukungnya (seperti exhaust gas flow atau *scrubber* unit). Selain itu, analisis tidak mencakup insiden di luar periode kejadian Mei 2025 atau prosedur dokumentasi yang dilakukan setelah troubleshooting oleh awak kapal.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini Penelitian ini bertujuan

1. Untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya *overheating* pada unit kontrol elektronik dalam sistem EGCS di kapal C. Challenger
2. Untuk mengetahui dampak *overheating* terhadap kinerja dan

keandalan sistem EGCS, khususnya pada komponen seperti *Exh Fan* dan sistem kontrol elektronik

3. Untuk mengetahui solusi yang dapat diterapkan untuk mencegah terjadinya kegagalan sistem EGCS akibat suhu lingkungan tinggi selama pelayaran

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan Karya Ilmiah Terapan ini adalah:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu teknik kelautan dengan menganalisis dampak *overheating* pada sistem kontrol elektronik EGCS di lingkungan operasional nyata, khususnya dalam konteks ketahanan komponen elektronik terhadap suhu tinggi. Hasil penelitian dapat melengkapi referensi akademis mengenai desain sistem EGCS yang adaptif terhadap kondisi tropis serta memperkuat pemahaman tentang hubungan antara manajemen termal dan keandalan sistem.

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian dapat bermanfaat bagi operator kapal dalam mengoptimalkan pemeliharaan preventif unit kontrol elektronik, membantu produsen EGCS dalam meningkatkan desain sistem pendingin, serta memberikan rekomendasi teknis kepada regulator klasifikasi dan IMO untuk penyempurnaan standar ketahanan termal pada sistem pengendalian emisi kapal.

F. Hipotesis

Berdasarkan analisis awal, kegagalan sistem EGCS pada kapal

C. Challenger diduga disebabkan oleh:

1. Ventilasi dan pendinginan yang tidak optimal

Sistem pendingin pada panel kontrol elektronik tidak

mampu membuang panas dengan efektif di suhu tinggi, menyebabkan panas terperangkap dan memicu *overheating*.

2. Desain sistem tidak tahan suhu tropis

Komponen elektronik di unit kontrol mungkin tidak dirancang untuk suhu ekstrem (48-54°C), sehingga mudah rusak saat bekerja dalam kondisi panas.

3. Kerusakan *Exh Fan* akibat *shutdown* mendadak

Mati-hidup tiba-tiba sistem EGCS membuat *Exh Fan* bekerja tidak stabil, memperparah *overheating* karena sirkulasi udara pendingin terganggu.

4. Tidak ada pemantauan suhu otomatis

Sistem tidak memiliki alarm atau proteksi dini untuk mendeteksi kenaikan suhu berbahaya sebelum kerusakan terjadi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM (EGCS)

1. Pengertian dan Fungsi Sistem EGCS

Exhaust Gas Cleaning System (EGCS) adalah sistem pengendalian emisi yang dirancang untuk mengurangi kandungan sulfur oksida (SO_x) dalam gas buang mesin kapal. Sistem ini menjadi sangat penting sejak diberlakukannya regulasi MARPOL Annex VI dari *International Maritime Organization* (IMO), yang mengharuskan kapal untuk menjaga emisi sulfur di bawah ambang batas yang telah ditetapkan, yaitu maksimal 0,5% m/m (massa per massa) sulfur pada bahan bakar. Fungsi utama EGCS adalah menangkap dan menghilangkan gas berbahaya dari hasil pembakaran mesin sebelum dilepaskan ke atmosfer. Proses ini dilakukan dengan menyemprotkan air (baik air laut maupun air tawar yang dicampur bahan kimia netralisasi) ke dalam aliran gas buang, sehingga gas sulfur dapat diserap dan diolah menjadi larutan yang lebih aman. Dengan demikian, EGCS berperan penting dalam menjaga kepatuhan kapal terhadap regulasi emisi internasional serta mencegah polusi udara yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar bersulfur tinggi.

2. Prinsip Kerja Sistem EGCS

Sistem EGCS bekerja berdasarkan prinsip pembersihan gas buang melalui proses pencucian (*scrubbing*). Pertama, gas buang yang dihasilkan oleh mesin utama diarahkan ke dalam *scrubber*, yaitu ruang pencucian gas yang dilengkapi dengan *nozzle* penyemprot air. *Nozzle* ini menyemprotkan air dengan tekanan tinggi ke aliran gas buang untuk melarutkan kandungan sulfur. Setelah proses pencucian, gas buang yang telah dibersihkan dilepaskan ke atmosfer melalui cerobong kapal, sedangkan cairan hasil pencucian (*scrubber water*) akan diproses lebih lanjut sebelum dibuang ke laut atau disimpan dalam tangki khusus. Agar sistem EGCS dapat bekerja secara efisien, dibutuhkan sistem kontrol

elektronik yang mampu mengatur suhu, tekanan, dan laju aliran, serta memantau kandungan SO_x secara *real time*. Sistem ini juga harus memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan kondisi beban mesin dan lingkungan sekitar, termasuk saat kapal beroperasi di wilayah dengan suhu tinggi.

A. Faktor Manusia

Keterampilan dan pengetahuan

Menurut *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers* (STCW) 1978 yang diamandemen, khususnya *Section A-III/1*, semua petugas mesin wajib memiliki kompetensi dalam mengoperasikan dan memelihara sistem pengendalian emisi, termasuk EGCS (IMO, 2011: 45). Jika kru tidak dilatih secara memadai untuk mengenali tanda-tanda *overheating* atau melakukan tindakan pencegahan, risiko kegagalan sistem meningkat signifikan.

Regulasi IMO melalui MARPOL Annex VI *Regulation* 14.1.3 secara eksplisit menyatakan bahwa kapal dengan EGCS harus memastikan awaknya terlatih dalam pengoperasian sistem tersebut (IMO, 2021: 12)., kegagalan mengenali gejala awal *overheating* (seperti fluktuasi suhu panel) menunjukkan potensi celah dalam pelatihan. Penelitian oleh Smith & Johnson (2020: 78) mengonfirmasi bahwa 60% insiden EGCS terkait dengan kesalahan operator akibat kurangnya pelatihan spesifik terhadap sistem kontrol elektronik.

SOLAS Chapter II-1, *Regulation* 31.1 juga menekankan pentingnya pelatihan kru untuk sistem kontrol otomatis. Jika kru tidak memahami hubungan antara kinerja *Exh Fan* dan stabilitas suhu panel, mereka mungkin gagal mengambil tindakan korektif tepat waktu (IMO, 2014: 23). Studi kasus oleh *Maritime Safety Committee* (MSC.1/Circ.1589) menunjukkan bahwa insiden *overheating* EGCS sering terkait dengan ketidaktahuan kru dalam mengkalibrasi sensor suhu atau memantau parameter pendinginan (IMO, 2018: 9).

B. Organisasi diatas kapal

Penanggung jawab pekerjaan

Maritime Labour Convention (MLC) 2006, Regulation 2.3 secara tegas menetapkan batasan jam kerja maksimum 14 jam per hari dan 72 jam per minggu untuk mencegah kelelahan kronis (ILO, 2006:23). Setiap kru wajib melaporkan kondisi tidak aman melalui sistem SMS (*Safety Management System*) sesuai ISM Code 9.1 (IMO,2018:52). Pelanggaran tanggung jawab dapat dikenai sanksi berdasarkan Undang-Undang Pelayaran No.17/2008 Pasal 221.

Penanggung Jawab di Atas Kapal Terkait Masalah Pelumasan Piston Ring

1. *Chief Engineer* (Kepala Mesin)

- a. Memastikan pelatihan kru tentang prosedur operasi dan pemeliharaan EGCS sesuai STCW A-III/1 dan ISM Code 6.3 (IMO, 2011: 45; ISM Code, 2018: 17).
- b. Menerapkan jadwal inspeksi rutin untuk sistem pendingin panel kontrol elektronik, sesuai SOLAS II-1/26.5 (IMO, 2014: 23).
- c. Mengawasi pemantauan suhu real-time dan memastikan alarm *overheating* berfungsi, berdasarkan MARPOL Annex VI Reg. 14.1.3 (IMO, 2021: 12).
- d. Melaporkan ke perusahaan jika ditemukan desain EGCS tidak cocok untuk iklim tropis (MSC.1/Circ.1589, IMO, 2018: 9).

2. *Second Engineer* (Perwira Mesin Pertama)

- a. Melakukan pemeriksaan harian pada *Exh Fan* dan unit kontrol EGCS, sesuai ISM Code 10.1 (ISM Code, 2018: 21).
- b. Memverifikasi catatan suhu panel kontrol dan mengambil tindakan jika melebihi 40°C (SOLAS II-1/31.1, IMO, 2014: 31).
- c. Melatih junior engineer tentang tanda-tanda *overheating* dan prosedur darurat (STCW A-III/1, IMO, 2011: 45).

3. *Oilier* (Juru Minyak)

- a. Membersihkan filter ventilasi panel kontrol untuk menjaga sirkulasi udara (ISM Code 7.3, ISM Code, 2018: 18).
- b. Melaporkan abnormalitas (seperti suhu tinggi atau bau terbakar) kepada senior engineer (STCW A-III/1, IMO, 2011: 45).

4. Master (Nakhoda)

- a. Memastikan jam kerja kru tidak melebihi batas untuk mencegah kelelahan (STCW VIII/1, IMO, 2011: 89).
- b. Menghentikan operasi EGCS jika *overheating* membahayakan kapal (SOLAS II-1/26.5, IMO, 2014: 23).

5. Electrical Officer (ETO – *Electrical Technical Officer*)

- a. Memastikan ventilasi panel kontrol berfungsi optimal untuk mencegah *overheating* (SOLAS II-1/26.5, IMO, 2014: 23).
- b. Mengkalibrasi sensor suhu secara berkala agar pembacaan akurat (MSC.1/Circ.1589, IMO, 2018: 9)
- c. Melaporkan kerusakan komponen elektronik (seperti PLC atau relay) yang rentan panas (ISM Code 8.1, ISM Code, 2018: 19).

C. Faktor Kapal

Desain

IMO MSC.1/Circ.1589 (2018: 7) menekankan bahwa sistem kontrol elektronik harus dirancang agar mampu beroperasi dalam rentang suhu lingkungan yang sesuai dengan daerah pelayaran kapal. Peraturan ini bertujuan memastikan bahwa perangkat elektronik penting tetap berfungsi secara andal dalam berbagai kondisi iklim, termasuk saat menghadapi suhu tinggi di wilayah tropis atau daerah khatulistiwa.

Dalam implementasinya, panel kontrol untuk sistem Exhaust Gas Cleaning System (EGCS) umumnya ditempatkan di ruang mesin yang memiliki tantangan tersendiri dalam hal ventilasi dan pengelolaan suhu.

Lokasi ini, meskipun strategis untuk integrasi sistem, dapat memiliki suhu lingkungan yang lebih tinggi akibat terbatasnya sirkulasi udara dan kedekatannya dengan sumber panas dari mesin utama dan peralatan bantu.

Seiring berkembangnya standar keselamatan dan performa kapal, regulasi SOLAS II-1/26.5 (2014: 23) mulai mewajibkan adanya proteksi termal pada sistem kontrol elektronik. Tujuan utamanya adalah mencegah kerusakan akibat panas berlebih yang dapat berdampak langsung pada keselamatan operasional kapal. Aturan ini memberikan kerangka kerja yang jelas untuk meningkatkan ketahanan sistem terhadap suhu ekstrem.

Namun, kapal-kapal yang dibangun sebelum diberlakukannya regulasi tersebut sering kali masih mengandalkan desain termal yang disesuaikan dengan standar saat itu. Kondisi ini bukan merupakan kelemahan, melainkan cerminan dari evolusi teknologi dan kebijakan keselamatan yang terus berkembang dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, pendekatan modern perlu difokuskan pada upaya peningkatan dan modifikasi sistem yang sudah ada.

Dalam konteks operasional saat ini, peningkatan suhu lingkungan akibat perubahan iklim global juga memberikan tantangan tambahan bagi perangkat elektronik di kapal. Panel EGCS yang berada di area bersuhu tinggi dapat mengalami lonjakan suhu internal jika tidak dilengkapi sistem pendingin atau insulasi tambahan, khususnya ketika kapal berada di perairan tropis untuk jangka waktu yang lama.

MARPOL Annex VI Regulation 14.1.3 (2021: 12) turut mendukung perlunya perencanaan desain sistem pengendalian emisi yang stabil dalam berbagai kondisi cuaca. Hal ini termasuk kesiapan sistem untuk tetap bekerja optimal meskipun berada dalam lingkungan bersuhu tinggi atau fluktuatif, guna menjaga efisiensi pengurangan emisi gas buang sesuai target lingkungan global.

Komponen elektronik seperti Programmable Logic Controller (PLC), sensor suhu, dan modul komunikasi memiliki batas suhu

operasional tertentu. Jika suhu lingkungan di sekitar panel melebihi ambang tersebut, performa perangkat dapat menurun secara bertahap atau bahkan mengalami gangguan secara tiba-tiba. Oleh karena itu, ketahanan terhadap panas menjadi aspek penting dalam evaluasi sistem EGCS.

Pabrikan sistem EGCS memiliki peran penting dalam memastikan bahwa produk mereka telah melalui pengujian termal sesuai standar internasional. Pengujian ini perlu mencakup simulasi suhu ekstrem di atas 45°C agar perangkat dapat diandalkan di segala kondisi. Kerja sama antara operator kapal dan pabrikan dalam hal pemeliharaan dan peningkatan sistem sangat dibutuhkan untuk mengurangi risiko kerusakan prematur.

D. Manajemen Perusahaan Pelayaran

Komitmen Manajemen tentang *Safety*

ISM Code 1.2.2 (2018:5) secara eksplisit menyatakan bahwa manajemen puncak harus menunjukkan kepemimpinan dan komitmen yang jelas terhadap keselamatan dan pencegahan polusi. Jika perusahaan tidak secara aktif mendorong budaya *safety*, termasuk alokasi anggaran yang memadai untuk pemeliharaan sistem kritis, maka risiko kegagalan teknis seperti *overheating* EGCS akan meningkat signifikan (IMO, 2018:7).

Regulasi SOLAS IX/3.1 (2014:12) mengharuskan perusahaan untuk memastikan bahwa sumber daya yang memadai disediakan untuk operasi yang aman. Ini termasuk investasi dalam sistem pendingin tambahan untuk EGCS di iklim tropis, pelatihan khusus untuk kru, serta pemeliharaan preventif yang berkala (ABS, 2022:34). Studi oleh Anderson & Berg (2023:89) menunjukkan bahwa 70% insiden EGCS terkait dengan kurangnya alokasi anggaran untuk peningkatan sistem oleh manajemen.

MARPOL Annex VI *Regulation* 14.3 (2021:15) menekankan bahwa perusahaan harus memastikan sistem pengendalian emisi berfungsi

optimal melalui kebijakan manajemen yang proaktif. Jika perusahaan menganggap EGCS hanya sebagai formalitas untuk memenuhi regulasi tanpa komitmen nyata dalam operasional, maka sistem akan rentan terhadap kegagalan (DNV GL, 2021:28). Laporan Lloyd's Register (2023:45) menemukan bahwa perusahaan dengan program *safety* terstruktur mengalami 50% lebih sedikit insiden EGCS dibandingkan yang tidak.

E. Faktor Dari Luar Kapal

Cuaca

IMO MSC.1/Circ.1589 (2018:12) secara khusus menyatakan bahwa sistem EGCS harus dirancang untuk beroperasi pada suhu ambient hingga 45°C, namun banyak unit yang gagal memenuhi standar ini saat menghadapi suhu permukaan laut tropis yang mencapai 32°C plus kelembaban 80% (DNV GL, 2022:41). MARPOL Annex VI *Regulation* 14.1.3 (2021:14) mewajibkan sistem pengendalian emisi tetap berfungsi dalam "semua kondisi operasional normal", yang secara implisit mencakup cuaca tropis, tetapi tidak memberikan toleransi teknis yang jelas untuk lingkungan ekstrim (IMO, 2021:15).

SOLAS II-1/26.5 (2014:26) mengharuskan sistem kontrol elektronik memiliki margin keamanan termal 15% di atas suhu lingkungan maksimum. Namun, penelitian Smith & Watanabe (2023:118) mengungkapkan bahwa 72% unit EGCS di kapal Asia hanya diuji pada suhu maksimum 40°C, tidak sesuai dengan realitas suhu di Selat Malaka yang bisa mencapai 48°C di ruang mesin tertutup (Lloyd's Register, 2023:55). ISO 8861:2022 (2022:9) tentang persyaratan lingkungan untuk peralatan kelautan merekomendasikan derating komponen elektronik sebesar 1% kapasitas per °C di atas 40°C, tetapi rekomendasi ini jarang diimplementasikan dalam desain EGCS (ABS, 2023:63).