

Analisis Kinerja *Water Analyzer* terhadap Kualitas Air Buangan pada *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS) di Kapal MV. Anna Schulte

Rhenanda Yudha Pratama^{1*}, Dwi Sulistyorini², Priyanto³

^{1,2,3} Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Politeknik Bumi Akpelni

*e-mail korespondensi: rhenandaneymar11@gmail.com

Abstract

Performance issues with the Water Analyzer used to monitor discharge water quality were identified in the EGCS installed on the MV Anna Schulte. These issues included reduced sensor sensitivity, suboptimal maintenance and calibration, sample flow disruptions, and crew operational errors. These conditions resulted in inaccurate measurements of pH, turbidity, and hydrocarbon content, potentially compromising EGCS effectiveness and compliance with MARPOL Annex VI regulations. This study aims to analyze the causes of these Water Analyzer performance issues, their consequences, and the measures taken to address them. A qualitative research approach was employed, utilizing data collection techniques such as observation, interviews, documentation review, and literature study. Data validity was verified through source, method, and time triangulation. The findings indicate that these issues compromised the accuracy of pH, turbidity, and hydrocarbon measurements, thereby potentially reducing EGCS effectiveness and compliance with MARPOL Annex VI. Remedial measures included sensor cleaning, periodic calibration, sample flow inspections, and enhancing crew competence.

Keywords: *Water Analyzer, Wastewater, Exhaust Gas Cleaning System, Calibration, MARPOL Annex VI*

Abstrak

Pada sistem EGCS di kapal MV. Anna Schulte, ditemukan gangguan kinerja Water Analyzer dalam memantau kualitas air buangan. Gangguan tersebut meliputi penurunan sensitivitas sensor, perawatan dan kalibrasi yang belum optimal, gangguan aliran sampel, serta kesalahan pengoperasian oleh kru. Kondisi ini menyebabkan hasil pengukuran pH, turbidity, dan kandungan hidrokarbon kurang akurat sehingga dapat memengaruhi efektivitas EGCS dan kepatuhan terhadap ketentuan MARPOL Annex VI. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab gangguan kinerja Water Analyzer dalam memantau kualitas air buangan pada sistem Exhaust Gas Cleaning System (EGCS), dampak yang ditimbulkan, serta upaya penanganannya. Penelitian menggunakan metode kualitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka. Keabsahan data diuji melalui triangulasi sumber, metode, dan waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gangguan tersebut memengaruhi akurasi pengukuran pH, turbidity, dan hidrokarbon sehingga dapat mengurangi efektivitas EGCS dan kepatuhan terhadap MARPOL Annex VI. Upaya penanganan meliputi pembersihan sensor, kalibrasi berkala, pemeriksaan aliran sampel, dan peningkatan kompetensi awak kapal.

Kata Kunci: *Air Buangan, Exhaust Gas Cleaning System, Kalibrasi, MARPOL Annex VI, Water Analyzer*

PENDAHULUAN

Industri pelayaran memiliki peran penting dalam mendukung perdagangan global, namun aktivitas operasional kapal masih menghasilkan emisi gas buang yang berpotensi mencemari lingkungan. Untuk memenuhi ketentuan International Maritime Organization (IMO) melalui MARPOL Annex VI, banyak kapal menerapkan *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS) sebagai teknologi pengendalian emisi sulfur. Meskipun efektif menurunkan emisi gas buang, penggunaan EGCS menghasilkan air buangan (*washwater*) yang harus memenuhi

standar kualitas sebelum dibuang ke laut. Oleh karena itu, pemantauan kualitas air buangan menjadi aspek penting dalam mencegah pencemaran lingkungan laut dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi internasional (Harry, 2021).

Pemantauan kualitas air buangan pada EGCS dilakukan menggunakan *Water Analyzer* yang mengukur parameter seperti pH, tingkat kekeruhan (*turbidity*), dan kandungan *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH). Beberapa penelitian terdahulu seperti (Aldy, 2024) menjelaskan bahwa keakuratan pengukuran dipengaruhi oleh kondisi sensor, proses kalibrasi, sistem aliran sampel, serta pelaksanaan perawatan alat. Gangguan pada komponen tersebut dapat menyebabkan hasil pengukuran tidak akurat sehingga berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian terhadap batas kualitas air buangan yang ditetapkan dalam MARPOL Annex VI. Namun, penelitian sebelumnya lebih banyak membahas aspek teknis EGCS maupun efektivitas pengendalian emisi seperti pada (Farizqy, 2022) dengan judul Pengaruh EGCS (*Exhaust Gas Cleaning System*) terhadap Gas Buang yang Gagal Dimurnikan di MV. Ever Clear membahas penerapan EGCS dalam mengurangi kandungan emisi gas buang kapal serta faktor-faktor yang memengaruhi kinerja sistem. Penelitian tersebut menyoroti pentingnya pemantauan dan perawatan komponen EGCS, termasuk *laser gas analyzer*, untuk memastikan proses pengukuran dan pemurnian gas buang berjalan dengan baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perawatan secara rutin dan sesuai *instruction manual book* diperlukan untuk menjaga kinerja peralatan serta mendeteksi gangguan sejak dini. Penelitian tersebut menjadi salah satu referensi dalam penelitian ini karena sama-sama membahas keandalan sistem EGCS pada kapal, namun penelitian ini lebih berfokus pada penyebab penurunan kinerja *Water Analyzer* dalam memantau kualitas air buangan EGCS. Sedangkan kajian mengenai penyebab penurunan kinerja *Water Analyzer* dalam operasional kapal masih terbatas.

Berdasarkan hasil pengamatan selama praktik berlayar di kapal MV. Anna Schulte, ditemukan indikasi penurunan kinerja *Water Analyzer* yang ditunjukkan oleh pembacaan parameter yang kurang stabil dan respons alat yang tidak konsisten. Kondisi tersebut berpotensi memengaruhi akurasi pemantauan kualitas air buangan sehingga meningkatkan risiko pencemaran lingkungan serta pelanggaran terhadap ketentuan MARPOL Annex VI. Penelitian ini memiliki kebaruan dengan menganalisis secara komprehensif faktor penyebab, dampak, dan upaya penanganan permasalahan kinerja *Water Analyzer* berdasarkan kondisi operasional nyata di atas kapal (Maharani, 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab penurunan kinerja *Water Analyzer* terhadap kualitas air buangan pada sistem EGCS di kapal MV. Anna Schulte, mengidentifikasi dampak yang ditimbulkan, serta merumuskan upaya perbaikan yang dapat diterapkan guna meningkatkan keandalan alat, mendukung efektivitas pengoperasian EGCS, dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan internasional.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain studi kasus untuk menganalisis kinerja *Water Analyzer* terhadap kualitas air buangan pada sistem *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS) di kapal MV. Anna Schulte (Jailani & Saksitha, 2024). Penelitian dilaksanakan pada periode 10 September 2025 hingga 9 April 2026, dengan peneliti berperan sebagai instrumen utama dalam proses pengumpulan dan analisis data. Informan penelitian terdiri atas *Chief Engineer* dan *Second Engineer* yang dipilih secara *purposive* karena memiliki pengetahuan dan pengalaman dalam pengoperasian serta perawatan sistem EGCS dan *Water Analyzer*. Objek penelitian adalah kinerja *Water Analyzer* dalam memantau parameter kualitas air buangan, meliputi pH, *turbidity*, dan *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH).

Data diperoleh melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka. Instrumen penelitian berupa pedoman wawancara dan lembar observasi yang digunakan untuk

memperoleh informasi mengenai penyebab, dampak, dan upaya penanganan gangguan kinerja *Water Analyzer*. Data dianalisis menggunakan model Miles dan Huberman yang meliputi reduksi data, penyajian data, serta penarikan kesimpulan dan verifikasi. Keabsahan data diuji melalui triangulasi sumber, teknik, dan waktu sehingga hasil penelitian memiliki tingkat validitas yang dapat dipertanggungjawabkan (Annisa & Mailani, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Berdasarkan Metode SHEL

Hasil penelitian dianalisis menggunakan metode SHEL (*Software, Hardware, Environment, dan Lifeware*) untuk mengidentifikasi penyebab gangguan secara lebih sistematis. Pada aspek *software*, ditemukan bahwa pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS) dan kalibrasi belum selalu dilakukan sesuai jadwal. Pada aspek *hardware*, sensor mengalami penurunan sensitivitas akibat endapan (*fouling*) serta adanya gangguan pada sistem aliran sampel. Aspek *environment* menunjukkan bahwa karakteristik air buangan EGCS yang mengandung residu hasil pencucian gas serta suhu ruang mesin yang tinggi turut memengaruhi performa alat. Sementara itu, pada aspek *lifeware*, kurangnya ketelitian kru dalam inspeksi dan perawatan menyebabkan potensi gangguan tidak segera terdeteksi. Dengan demikian, hasil observasi lapangan yang didukung oleh dokumentasi kondisi aktual sistem monitoring EGCS sebagai berikut:



Gambar 1. *Water Analyzer*
Sumber: (Data Pribadi, 2025)

Temuan ini sejalan dengan penelitian Fajar (2024) yang menyatakan bahwa kalibrasi dan perawatan berkala merupakan faktor penting dalam menjaga keakuratan alat pemantau kualitas air. Selain itu, penelitian Jayamahendra (2024) menjelaskan bahwa interaksi antara faktor manusia, prosedur kerja, peralatan, dan lingkungan menjadi penyebab utama menurunnya keandalan sistem di atas kapal. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan kinerja *Water Analyzer* tidak hanya disebabkan oleh kerusakan teknis, tetapi juga dipengaruhi oleh aspek operasional dan sumber daya manusia.

Faktor Penyebab Gangguan Kinerja *Water Analyzer*

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di kapal MV. Anna Schulte, diketahui bahwa kinerja *water analyzer* dalam sistem *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS) dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berkaitan. Permasalahan ini tidak hanya disebabkan oleh satu

aspek tunggal, melainkan merupakan kombinasi dari faktor teknis, operasional, lingkungan, serta faktor manusia yang terjadi selama proses pengoperasian alat di atas kapal. Dan berikut faktor-faktornya:

1. Faktor pertama yang mempengaruhi adalah kondisi sensor pada *water analyzer*. Sensor merupakan komponen utama yang berfungsi untuk membaca parameter kualitas air seperti pH, kekeruhan, dan kandungan hidrokarbon. Namun, dalam operasionalnya sensor sering mengalami penurunan sensitivitas akibat adanya endapan, kotoran, serta partikel yang terbawa dari air buangan EGCS. Kondisi ini menyebabkan hasil pembacaan tidak stabil dan tidak mencerminkan kondisi sebenarnya dari air buangan.
2. Faktor kedua adalah ketidakkonsistenan dalam pelaksanaan perawatan berkala. Meskipun kapal telah menerapkan sistem *Planned Maintenance System* (PMS), pelaksanaannya di lapangan belum sepenuhnya optimal bisa dilihat pada gambar 2. dibawah. Hal ini disebabkan oleh padatnya aktivitas operasional kapal yang membuat beberapa kegiatan perawatan seperti pembersihan *sensor*, pengecekan sistem aliran, dan kalibrasi alat sering mengalami keterlambatan. Akibatnya, kinerja *water analyzer* menjadi tidak maksimal dalam jangka waktu tertentu.
3. Faktor ketiga adalah kurangnya kalibrasi alat secara tepat waktu. Kalibrasi merupakan proses penting untuk menjaga akurasi hasil pengukuran. Namun, berdasarkan hasil wawancara dengan *Chief Engineer* dan *Second Engineer*, pelaksanaan kalibrasi tidak selalu dilakukan sesuai jadwal yang direkomendasikan. Kondisi ini menyebabkan terjadinya penyimpangan hasil pengukuran dari kondisi aktual air buangan.
4. Faktor keempat gangguan pada sistem aliran sampel air. Aliran air yang tidak stabil atau adanya potensi penyumbatan pada pipa dan jalur distribusi sampel dapat menyebabkan data yang dihasilkan tidak representatif. Hal ini berdampak langsung terhadap keakuratan hasil analisis yang dilakukan oleh *water analyzer*.
5. Faktor kelima adalah manusia (*human error*), seperti kurangnya ketelitian kru dalam melakukan pemeriksaan rutin serta keterlambatan komunikasi antar kru mesin dalam menyampaikan kondisi alat. Hal ini menyebabkan beberapa gangguan tidak segera terdeteksi dan ditangani dengan cepat.

DESCRIPTION	WEEKLY	MONTHLY	YEARLY	Calibration Period	Replacement
Visual Check for sensor	•				
Check Flow rate	•				
Cleaning Sensor	•				
Check sensor performances		•			
Calibration of pH sensor				4 Weeks	1 year
Factory Calibration of PAH sensor				2 Years	4 years
Factory Calibration of Turbidity sensor				2 Years	4 years

Gambar 2. *Plan Maintenance System (PMS)*
 Sumber: (*Manual Book MV. Anna Schulte*, 2026)

Dampak Gangguan Kinerja *Water Analyzer*



Gambar 3. *Scaled PH Sensor in EGCS*
Sumber: (Data Pribadi, 2025)

Permasalahan pada kinerja *Water Analyzer* memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap sistem *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS), khususnya dalam proses pemantauan kualitas air buangan sebelum dilepaskan ke lingkungan laut. Penurunan kinerja alat dapat menyebabkan hasil pengukuran parameter seperti *pH*, *turbidity*, dan *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH) menjadi kurang akurat sehingga kondisi kualitas air buangan tidak dapat dipantau secara optimal. Apabila kondisi ini tidak segera ditangani, efektivitas pengoperasian sistem EGCS dapat menurun, meningkatkan risiko ketidaksesuaian terhadap ketentuan *MARPOL Annex VI*, serta berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kelestarian lingkungan laut. Dan berikut dampaknya:

1. Dampak pertama adalah ketidakakuratan data kualitas air buangan. Ketika *water analyzer* tidak bekerja secara optimal, data yang dihasilkan tidak dapat dijadikan acuan yang valid dalam menentukan kondisi sebenarnya dari air buangan. Hal ini menyebabkan proses evaluasi kualitas air menjadi tidak tepat dan berisiko menghasilkan keputusan yang salah.
2. Dampak kedua adalah ketidaksesuaian terhadap standar lingkungan internasional (*MARPOL Annex VI*). EGCS dirancang untuk memastikan bahwa air buangan yang dilepaskan ke laut telah memenuhi batas yang ditentukan oleh regulasi internasional. Namun, jika data yang dihasilkan tidak akurat, maka terdapat kemungkinan air buangan yang belum memenuhi standar tetap dialirkan ke laut, sehingga berpotensi melanggar ketentuan yang berlaku.
3. Dampak ketiga adalah risiko pencemaran lingkungan laut. Air buangan yang tidak terpantau dengan baik dapat mengandung zat pencemar seperti hidrokarbon (PAH) dan partikel kimia lainnya yang dapat merusak ekosistem laut. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat mempengaruhi keseimbangan lingkungan perairan serta kehidupan biota laut.
4. Selain itu, permasalahan ini juga berdampak pada operasional kapal secara keseluruhan, terutama dalam hal inspeksi dan audit. Data yang tidak valid dapat menimbulkan temuan negatif saat pemeriksaan oleh pihak berwenang, sehingga dapat mempengaruhi reputasi dan kepatuhan kapal terhadap regulasi lingkungan.

Dengan demikian, kinerja *Water Analyzer* yang andal dan terkalibrasi dengan baik merupakan elemen penting dalam menjaga efektivitas sistem EGCS. Keakuratan alat ini memastikan proses pemantauan kualitas air buangan berjalan optimal serta memenuhi ketentuan *MARPOL Annex VI*. Oleh karena itu, pemeliharaan rutin, kalibrasi berkala, dan pengawasan terhadap kinerja alat perlu dilakukan secara konsisten untuk mendukung kepatuhan terhadap regulasi serta menjaga kelestarian lingkungan laut.

Upaya Peningkatan Kinerja *Water Analyzer*



Gambar 4. PH Calibration
Sumber: (Data Pribadi, 2025)

Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan analisis terhadap penyebab penurunan kinerja *Water Analyzer* pada sistem *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS), diperlukan serangkaian upaya perbaikan yang dilakukan secara sistematis, terencana, dan berkelanjutan. Upaya tersebut bertujuan untuk mengembalikan keandalan alat dalam memantau kualitas air buangan sehingga sistem EGCS dapat beroperasi secara optimal dan memenuhi ketentuan *MARPOL Annex VI* (Prasetyo, 2025). Beberapa upaya yang dapat diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Upaya pertama adalah peningkatan pelaksanaan perawatan rutin sesuai *Planned Maintenance System* (PMS). Perawatan harus dilakukan secara disiplin sesuai jadwal yang telah ditentukan, termasuk pembersihan *sensor*, pengecekan sistem aliran sampel, serta inspeksi keseluruhan komponen alat. Hal ini bertujuan untuk menjaga kondisi alat tetap dalam keadaan optimal.
2. Upaya kedua adalah melakukan kalibrasi secara berkala dan tepat waktu. Kalibrasi harus dilakukan sesuai dengan standar yang direkomendasikan oleh pabrikan agar hasil pengukuran tetap akurat. Dengan kalibrasi yang teratur, penyimpangan data dapat diminimalisir sehingga kualitas pemantauan air buangan menjadi lebih dapat dipercaya.
3. Upaya ketiga adalah perbaikan atau penggantian komponen yang mengalami penurunan fungsi, terutama pada bagian *sensor*. *Sensor* yang sudah tidak responsif harus segera diganti agar tidak mempengaruhi hasil pengukuran secara keseluruhan. Penggunaan spare part yang sesuai standar juga sangat penting untuk menjaga performa alat.

4. Perlu dilakukan peningkatan sistem komunikasi antar kru mesin. Setiap gangguan atau indikasi kerusakan pada *water analyzer* harus segera dilaporkan agar dapat ditangani dengan cepat. Komunikasi yang baik akan mempercepat proses identifikasi dan perbaikan masalah
5. Peningkatan pemahaman dan keterampilan kru dalam pengoperasian alat melalui pelatihan atau familiarisasi. Dengan pemahaman yang lebih baik, kru dapat lebih teliti dalam melakukan inspeksi dan perawatan sehingga potensi kerusakan dapat dicegah lebih awal.

Berdasarkan berbagai upaya tersebut, dapat diketahui bahwa peningkatan keandalan *Water Analyzer* tidak hanya bergantung pada aspek teknis peralatan, tetapi juga dipengaruhi oleh efektivitas sistem perawatan, ketepatan pelaksanaan kalibrasi, ketersediaan komponen yang sesuai spesifikasi, serta kompetensi sumber daya manusia yang mengoperasikannya. Apabila seluruh upaya tersebut diterapkan secara konsisten dan berkesinambungan, maka kinerja *Water Analyzer* pada sistem EGCS di kapal MV. *Anna Schulte* dapat kembali optimal sehingga proses pemantauan kualitas air buangan berlangsung lebih akurat, mendukung efektivitas pengoperasian EGCS, serta memastikan kepatuhan kapal terhadap ketentuan *MARPOL Annex VI* dan standar perlindungan lingkungan internasional. Hal ini sejalan dengan teori Vonzula (2021) dalam penelitian berjudul *Analisis Penyebab Tingginya Bilangan pH Asam Gas Buang pada EGCS di Kapal HL Saldanha Bay*, yang menyatakan bahwa gangguan pada sistem EGCS dapat dipengaruhi oleh faktor kualitas bahan bakar, kondisi sample probe atau gas detector yang kotor, serta pelaksanaan *maintenance* yang tidak sesuai dengan jadwal PMS. Temuan tersebut mendukung hasil penelitian ini bahwa perawatan, kebersihan komponen sensor, dan ketepatan pelaksanaan PMS merupakan faktor penting dalam menjaga keandalan sistem monitoring EGCS.

Proses Analisis Parameter *Water Analyzer* pada EGCS

Tabel 1. Analisis dan Kalibrasi pada *Water Analyzer*

Feen Marine					
Parameter <i>Water Analyzer</i>	Sebelum Kalibrasi	Setelah Kalibrasi	Batas IMO (MARPOL VI)	Batas Min.	Batas Max.
pH inlet	6.6	6.8-7.5	6.8-7.7	6.8	7.7
pH outlet	5.9	6.5-7.5	7.7	6.5	7.7
Turbidity inlet	32 NTU	20-30 NTU	29 NTU	20 NTU	30 NTU
Turbidity outlet	36 NTU	27-33 NTU	35 NTU	27 NTU	33 NTU
PAH outlet	26 µg/L	10-25 µg/L	50 µg/L	10 µg/L	50 µg/L

Sumber: (Data Pribadi di MV. *Anna Schulte*, 2025)

Berdasarkan data pada tabel 1, dapat dilihat bahwa sebelum dilakukan kalibrasi, pembacaan *Water Analyzer* belum sepenuhnya mencerminkan kondisi sebenarnya. Hal ini terlihat dari nilai pH outlet yang berada di bawah batas yang dipersyaratkan, sehingga berpotensi menimbulkan indikasi bahwa kualitas air buangan tidak memenuhi ketentuan yang berlaku. Selain itu, meskipun nilai turbidity dan PAH masih berada dalam batas aman, terdapat kemungkinan terjadinya ketidaktepatan pembacaan akibat kondisi sensor yang kurang optimal. Setelah dilakukan kalibrasi, terjadi perbaikan pada hasil pengukuran di mana seluruh parameter

menunjukkan nilai yang lebih stabil dan mendekati kondisi aktual. Nilai pH outlet telah kembali berada dalam rentang yang diperbolehkan, sementara *turbidity* dan PAH menunjukkan hasil yang lebih konsisten. Hal ini menandakan bahwa proses kalibrasi berpengaruh langsung terhadap peningkatan akurasi alat.

Dampak sebelum dan sesudah Kalibrasi pada *Water Analyzer*

Tabel 2. Dampak perbandingan kalibrasi pada *Water Analyzer*

Parameter <i>Water Analyzer</i>	Kondisi Sebelum Kalibrasi	Kondisi Setelah Kalibrasi
pH	Nilai cenderung menyimpang dan berada di bawah batas, berpotensi memicu <i>alarm system</i> .	Nilai kembali dalam rentang normal system bekerja tanpa gangguan.
Turbidity	Data fluktuatif dan kurang konsisten, menyulitkan pemantauan.	Data lebih stabil dan mempermudah pengawasan kualitas air.
PAH	Hasil pengukuran berpotensi tidak sesuai kondisi aktual.	Hasil lebih akurat dan dapat dijadikan acuan.
Kinerja EGCS	Operasi berisiko terganggu akibat data tidak akurat.	Sistem berjalan lebih stabil dan optimal.
Kepatuhan Regulasi	Berpotensi terjadi ketidaksesuaian akibat kesalahan pembacaan.	Data <i>valid</i> mendukung pemenuhan standar lingkungan.

Sumber: (*Manual Book*, 2026)

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, dapat dipahami bahwa kondisi *Water Analyzer* sebelum kalibrasi menunjukkan adanya ketidaksesuaian pada hasil pengukuran yang berpotensi tidak menggambarkan keadaan sebenarnya. Penyimpangan ini dapat mempengaruhi respons sistem, seperti munculnya alarm yang tidak tepat serta risiko kesalahan dalam pengambilan keputusan operasional pada sistem EGCS. Setelah proses kalibrasi dilakukan, terlihat adanya perbaikan pada kualitas data yang dihasilkan, di mana nilai parameter menjadi lebih stabil dan sesuai dengan kondisi aktual. Hal ini menunjukkan bahwa kalibrasi memiliki peran penting dalam mengembalikan fungsi alat agar bekerja secara optimal. Dengan demikian, dapat ditegaskan bahwa kalibrasi yang dilakukan secara rutin merupakan langkah penting untuk menjaga keandalan *Water Analyzer*. Data yang akurat tidak hanya mendukung kelancaran operasional sistem EGCS, tetapi juga membantu memastikan bahwa kualitas air buangan tetap berada dalam batas yang diperbolehkan sesuai dengan ketentuan lingkungan yang berlaku.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa permasalahan kinerja *Water Analyzer* pada sistem *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS) di kapal MV. Anna Schulte disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu penurunan sensitivitas sensor akibat endapan air buangan, pelaksanaan perawatan dan kalibrasi yang belum optimal, gangguan pada sistem aliran sampel, serta faktor manusia (*human error*) dalam pengoperasian alat. Faktor-faktor tersebut menyebabkan hasil pengukuran parameter kualitas air buangan, seperti pH, *turbidity*, dan *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH), menjadi kurang akurat sehingga mengurangi keandalan proses pemantauan kualitas air buangan.

Permasalahan kinerja *Water Analyzer* berdampak terhadap efektivitas pengoperasian sistem EGCS karena data hasil pemantauan tidak sepenuhnya mencerminkan kondisi aktual kualitas air buangan. Kondisi ini berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian terhadap ketentuan International Maritime Organization (IMO) dalam MARPOL Annex VI, meningkatkan risiko

pencemaran lingkungan laut, serta memengaruhi kepatuhan kapal pada saat inspeksi maupun audit operasional.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja *Water Analyzer* meliputi pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS) secara konsisten, kalibrasi dan pembersihan sensor secara berkala, pemeriksaan sistem aliran sampel, penggantian komponen yang mengalami penurunan fungsi, serta peningkatan kompetensi dan koordinasi antar kru mesin. Penerapan langkah-langkah tersebut diharapkan mampu menjaga keandalan *Water Analyzer*, meningkatkan efektivitas pemantauan kualitas air buangan pada sistem EGCS, serta mendukung kepatuhan kapal terhadap regulasi lingkungan yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldy, K. (2024). Rancang Bangun Scrubber Tower Untuk Mengoptimalkan Kinerja Dari Egcs (Exhaust Gas Cleaning System) Yang Gagal Memurnikan Gas Buang Di Kapal MV. Ever Clear . *Doctoral Dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang*.
- Annisa, I. S., & Mailani, E. (2023). Analisis faktor penyebab kesulitan siswa dalam pembelajaran tematik dengan menggunakan metode Miles dan Huberman di kelas IV SD Negeri 060800 Medan Area. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(2), 6460–6477.
- Fajar, Y. P. (2024). Perawatan *Exhaust Gas Cleaning System* Guna Menerapkan Marpol Annex 6. *Dokumentasi STIP Jakarta*.
- Farizqy, R. H. Al. (2022). Pengaruh EGCS (*Exhaust Gas Cleaning System*) Terhadap Gas Buang Yang Gagal Dimurnikan Di MV. Ever Clear. *Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang*.
- Harry, Y. N. H. (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*.
- Jailani, M. S., & Saksitha, D. A. (2024). Teknik analisis data kuantitatif dan kualitatif dalam penelitian ilmiah. *Jurnal Genta Mulia*, 15(2), 79–91.
- Jayamahendra, M. A. (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.
- Maharani, D. (2025). Analisis Kerusakan Probe Filter Pada Kinerja *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS) Dikapal MT. Hafnia Excellence. *Repository.Stipjakarta.Ac.Id*.
- Prasetyo, D. (2025). *Causes of the High Acid PH Numbers of EGCS Exhaust Gas on The MT. Succes Altair XLII Ship*. *Journal Of Maritime Research*, 22(3), 380–383.
- Vonzula, A. P. (2021). *Analisis Penyebab Tingginya Bilangan Ph Asam Gas Buang Pada EGCS Di Kapal Hl Saldanha Bay (Doctoral dissertation,)*. Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.