E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 7039-7049
Volume 3 Nomor 4 Tahun 2026

Analisis Kevakuman *Fresh Water Generator* dalam Memproduksi Air Tawar di MV. CS GLORY

Imran Jaya[1], Ahmad Wahid[2], Laode Musa[3]
[1,2,3] Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Email author : imranjaya09@gmail.com

Abstrak

Fresh Water Generator (FWG) merupakan pesawat bantu yang berfungsi mengubah air laut menjadi air tawar untuk memenuhi kebutuhan operasional kapal dan awak kapal. Produksi air tawar yang optimal sangat dipengaruhi oleh kondisi kevakuman di dalam sistem FWG. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab menurunnya kevakuman FWG, dampaknya terhadap produksi air tawar, serta upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut di MV. CS GLORY. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka. Analisis data dilakukan menggunakan metode USG (*Urgency, Seriousness, Growth*) untuk menentukan prioritas masalah yang memengaruhi kevakuman FWG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama menurunnya kevakuman adalah tersumbatnya *nozzle ejector* oleh endapan garam dan kotoran, kebocoran pada sistem vakum, serta kotornya kondensor dan *heat exchanger* (kerak setebal ±25 mm). Dampak yang ditimbulkan adalah berkurangnya produksi air tawar dari kapasitas normal 20 ton/hari menjadi 13–15,3 ton/hari. Upaya yang dilakukan yaitu membersihkan *nozzle ejector* dan kondensor secara berkala, memperbaiki kebocoran sistem vakum, serta melaksanakan perawatan sesuai jadwal *Planned Maintenance System* (PMS).

Kata Kunci: *Fresh Water Generator*, kevakuman, metode USG, *nozzle ejector*, produksi air tawar.

Abstract

A Fresh Water Generator (FWG) is an auxiliary machine used to convert seawater into fresh water for ship operations and crew needs. Optimal fresh water production is highly dependent on the vacuum condition within the FWG system. This study aims to determine the causes of reduced FWG vacuum performance, its impact on fresh water production, and the efforts made to

overcome these problems on board MV. CS GLORY. This research employed a descriptive qualitative method with data collected through observation, interviews, documentation, and literature review. Data were analyzed using the USG (Urgency, Seriousness, Growth) method to determine the priority of problems affecting FWG vacuum performance. The results showed that the main causes of reduced vacuum performance were clogged ejector nozzles due to salt deposits and dirt accumulation, vacuum system leakage, and fouled condenser and heat exchanger (scale thickness of ±25 mm). These conditions reduced fresh water production from the normal capacity of 20 tons/day to 13–15.3 tons/day. Corrective actions included periodic cleaning of the ejector nozzle and condenser, repairing vacuum leaks, and carrying out routine maintenance according to the Planned Maintenance System (PMS) schedule.

Keywords: *Fresh Water Generator, vacuum, USG method, ejector nozzle, fresh water production.*

PENDAHULUAN

Ketersediaan air tawar merupakan kebutuhan penting dalam pengoperasian kapal karena air digunakan untuk konsumsi, sanitasi, pencucian, dan berbagai kebutuhan teknis di kamar mesin. Air tawar yang dihasilkan dapat digunakan untuk minum, memasak, mencuci, dan bahkan menjalankan mesin-mesin penting lainnya yang menggunakan air tawar sebagai media pendingin (Khamdila *et al.*, 2019). Kapal yang berlayar dalam waktu lama memerlukan sistem produksi air tawar yang dapat bekerja secara mandiri agar ketergantungan pada pengisian air tawar dari darat dapat dikurangi. Ala *et al.* (2021) menjelaskan bahwa *Fresh Water Generator* (FWG) berperan dalam menjaga ketersediaan air tawar selama kapal beroperasi.

FWG bekerja melalui proses evaporasi dan kondensasi. Air laut diuapkan pada tekanan rendah, kemudian uap yang terbentuk didinginkan di kondensor hingga menjadi air tawar. Purusotama dan Riyanto (2023) menjelaskan bahwa kondisi kevakuman merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kemampuan FWG menghasilkan air tawar. Pada kondisi vakum, titik didih air menjadi lebih rendah sehingga panas dari *jacket cooling water* mesin induk dapat dimanfaatkan untuk proses penguapan. Dengan menggunakan *ejector* untuk menciptakan vakum, sistem dapat menghemat konsumsi energi secara signifikan karena air dapat menguap pada temperatur yang lebih rendah

(Chung *et al.*, 2011). Mekanisme ini sangat penting dalam operasional kapal karena mengurangi beban termal pada sistem dan meningkatkan efisiensi keseluruhan (Kralj *et al.*, 2021).

Sistem *ejector* mempunyai peran penting dalam membentuk dan mempertahankan kondisi vakum di ruang *evaporator*. Putranto dan Khaeroman (2021) menjelaskan bahwa karakteristik aliran pada *nozzle ejector* memengaruhi kemampuan *ejector* menghasilkan tekanan rendah. Gangguan berupa penyumbatan *nozzle*, kebocoran udara, penurunan aliran air laut, atau kotoran pada komponen perpindahan panas dapat menyebabkan kevakuman tidak mencapai kondisi kerja yang diharapkan.

Berdasarkan spesifikasi dan catatan operasional FWG di MV. CS GLORY, kondisi kerja yang dijadikan acuan berada pada tekanan vakum sekitar −0,090 sampai −0,098 MPa dengan kapasitas produksi mendekati 20 ton air tawar per hari. Namun, permasalahan mulai terlihat pada catatan operasional tanggal 22 sampai 26 Mei 2025. Selama periode tersebut, tekanan vakum tercatat sekitar −0,070 sampai −0,062 MPa dan produksi air tawar turun dari kondisi normal menjadi sekitar 15,3 ton hingga 13,0 ton per hari. Penurunan tekanan vakum tersebut menunjukkan bahwa ruang *evaporator* tidak mencapai tingkat kevakuman yang dibutuhkan untuk mempertahankan proses penguapan secara optimal.

Hasil pemeriksaan di kapal menunjukkan beberapa kondisi yang berkaitan dengan penurunan kinerja tersebut, antara lain adanya endapan dan kotoran pada jalur perpindahan panas, indikasi kebocoran pada sistem vakum, serta gangguan pada sistem *ejector* dan aliran air laut. Kondisi tersebut sejalan dengan temuan Purusotama dan Riyanto (2023) mengenai pengaruh gangguan sistem vakum dan kebersihan komponen terhadap penurunan produksi FWG. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis faktor penyebab gangguan kevakuman FWG di MV. CS GLORY, menjelaskan pengaruh penurunan kevakuman terhadap produksi air tawar, serta mengidentifikasi upaya perawatan dan perbaikan yang diperlukan.

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif kualitatif, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan, menjelaskan, dan menganalisis suatu permasalahan berdasarkan kondisi nyata yang terjadi di lapangan. Pendekatan kualitatif digunakan karena data yang dikumpulkan tidak hanya berupa data angka, seperti tekanan vakum, suhu kerja, salinitas, dan jumlah produksi air tawar, tetapi juga berupa informasi lapangan dari hasil observasi, wawancara, dokumentasi, serta catatan perawatan kapal. Penelitian ini dilakukan secara khusus pada satu objek tertentu (studi kasus), yaitu FWG di MV. CS GLORY. Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas (kevakuman FWG) dan variabel terikat (produksi air tawar). Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di kamar mesin, wawancara dengan *Chief Engineer* dan *Engineer*, serta dokumentasi dari *logbook* dan catatan perawatan. Teknik analisis data menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan USG (*Urgency, Seriousness, Growth*). Metode USG digunakan untuk menentukan prioritas penyebab gangguan kevakuman pada FWG. Setiap faktor dinilai berdasarkan tingkat *urgency*, *seriousness*, dan *growth* dengan skala 1 sampai 5. Nilai ketiga aspek tersebut dijumlahkan menggunakan rumus berikut.

$$USG = U + S + G$$

dengan U = *urgency*, S = *seriousness*, dan G = *growth*. Faktor dengan nilai tertinggi ditetapkan sebagai masalah yang menjadi prioritas utama untuk dianalisis dan ditangani.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Sistem *Fresh Water Generator* MV. CS GLORY

Fresh Water Generator (FWG) adalah salah satu sistem vital yang menunjang operasional harian kapal, khususnya dalam penyediaan air tawar untuk kebutuhan domestik dan teknis. Kapal MV. CS GLORY menggunakan sistem FWG tipe *submerged tube low-pressure evaporator*, yang bekerja dengan prinsip distilasi menggunakan panas buangan dari *jacket cooling water* mesin utama. Proses ini berlangsung dalam kondisi vakum, sehingga titik didih air laut dapat diturunkan dan efisiensi penggunaan panas

dapat ditingkatkan. Dalam kondisi ideal, FWG di kapal ini mampu memproduksi air tawar dengan kapasitas maksimum sekitar 15–20 ton per hari. Spesifikasi FWG disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi *Fresh Water Generator* MV. CS GLORY

Parameter	Spesifikasi
Merek	MIURA
Tipe	WM-15DK
Jumlah per kapal	1 set per kapal
Kapasitas distilat	20 ton/hari
Suhu *jacket cooling water*	*Inlet* 86°C, *outlet* 72°C
Suhu *cooling sea water*	*Inlet* 32,0°C, *outlet* 46,4°C
Pompa distilat dan motor	1,2 m^3/h × 0,3 MPa (30 m) × 0,75 kW
Indikator salinitas	AC 440 V, 60 Hz

Sumber: Data penelitian di MV. CS GLORY (2025)

Analisis Data Operasional FWG

Berdasarkan data *logbook* harian dan catatan performa dari *engine room*, terjadi penurunan signifikan dalam produksi harian FWG. Produksi rata-rata turun menjadi 15 ton per hari, dan pada kondisi terburuk hanya mencapai 13 ton per hari. Perbandingan data operasional FWG pada kondisi tidak normal dan kondisi normal setelah perbaikan disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Data Operasional FWG Tidak Normal (22–26 Mei 2025)

Hari/Tanggal	*Vacuum* (MPa)	*Salinity*	Produksi (ton)	Keterangan
Senin, 22 Mei 2025	−0,070	0,8	15,3	Tidak normal
Selasa, 23 Mei 2025	−0,068	0,10	14,2	Tidak normal
Rabu, 24 Mei 2025	−0,068	0,10	14,0	Tidak normal
Kamis, 25 Mei 2025	−0,064	0,6	13,5	Tidak normal
Jumat, 26 Mei 2025	−0,062	0,9	13,0	Tidak normal

Sumber: Data penelitian di MV. CS GLORY (2025)

Tabel 3. Data Operasional FWG Normal (10–14 Juni 2025)

Hari/Tanggal	*Vacuum* (MPa)	*Salinity*	Produksi (ton)	Keterangan
Senin, 10 Juni 2025	−0,095	0,2	19,9	Normal
Selasa, 11 Juni 2025	−0,098	0,1	19,0	Normal
Rabu, 12 Juni 2025	−0,098	0,3	19,9	Normal
Kamis, 13 Juni 2025	−0,098	0,1	20,0	Normal
Jumat, 14 Juni 2025	−0,097	0,15	19,0	Normal

Sumber: Data penelitian di MV. CS GLORY (2025)

Faktor Penyebab Penurunan Kevakuman

Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan analisis USG, ditemukan beberapa faktor utama yang menyebabkan penurunan kevakuman pada FWG di MV. CS GLORY, yaitu sebagai berikut.

1. Gangguan pada Sistem *Ejector* (Prioritas Utama)

Nozzle ejector tersumbat oleh kotoran, endapan garam, atau kerak yang terbawa oleh aliran air laut. *Ejector* berfungsi menciptakan dan mempertahankan tekanan rendah di dalam ruang *evaporator*. Apabila *nozzle* mengalami penyempitan aliran, kemampuan *ejector* dalam menarik udara dari ruang vakum akan menurun. Akibatnya, udara masih tertinggal di dalam sistem dan tekanan vakum tidak dapat mencapai nilai normal.

2. Kebocoran Mikro pada Sistem Vakum

Hasil observasi menunjukkan adanya kelembaban pada *casing* FWG serta indikasi kebocoran kecil pada bagian sistem vakum. Kebocoran tersebut memungkinkan udara luar masuk ke dalam ruang *evaporator*, sehingga kondisi vakum tidak dapat dipertahankan secara maksimal. Walaupun kebocoran yang terjadi bersifat kecil, dampaknya cukup besar karena sistem FWG sangat bergantung pada kestabilan tekanan rendah.

3. Endapan Kerak pada *Heat Exchanger*, *Evaporator*, dan Kondensor

Ditemukan endapan kerak dengan ketebalan sekitar ±25 mm pada pipa *heat exchanger*. Kerak tersebut menghambat proses perpindahan panas dari *jacket cooling water* ke air laut yang akan diuapkan. Akibatnya, suhu evaporasi menjadi tidak optimal dan proses pembentukan uap berjalan lebih lambat. Kondensor yang kotor juga menyebabkan proses pengembunan uap menjadi air tawar tidak maksimal.

4. Pelaksanaan Perawatan yang Tidak Terjadwal

Data evaluasi menunjukkan bahwa pembersihan *heat exchanger* yang idealnya dilakukan setiap dua bulan sekali baru dilakukan setelah lima bulan. Pemeriksaan vakum juga tidak dilakukan secara teratur, penggantian sensor terlambat lebih dari satu tahun, dan pemeriksaan pelat *evaporator* belum pernah dilakukan. Ketidakteraturan perawatan ini menjadi salah satu penyebab akumulasi masalah teknis. Perbandingan parameter operasional FWG pada kondisi prima dan kurang prima disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Parameter Operasional FWG

No	Parameter	Kondisi Prima	Kondisi Kurang Prima
1	Tekanan vakum	−0,090 s.d. −0,098 MPa	−0,072 s.d. −0,065 MPa
2	Suhu kondensat	43°C	48°C
3	Suhu *jacket water*	85°C	80°C s.d. 75°C
4	Endapan/kerak	Tidak ada atau sangat tipis	Ketebalan ±25 mm
5	Korosi pelat *evaporator*	Tidak ditemukan	Ada korosi, ditambal *epoxy*
6	Suara/getaran mesin	Normal	Getaran tidak stabil
7	Kebocoran/kelembaban	Tidak ada	Ada kelembaban pada *casing*
8	Kapiler/*nozzle* FWG	Aliran lancar	Aliran tidak stabil

Sumber: Data penelitian di MV. CS GLORY (2025)

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, kondisi kevakuman memiliki peran utama dalam menentukan keberhasilan proses produksi air tawar. FWG bekerja dengan prinsip penguapan air laut pada tekanan rendah, sehingga apabila kevakuman tidak tercapai

secara optimal, titik didih air laut menjadi lebih tinggi dan proses evaporasi tidak berlangsung maksimal. Hal ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh Bai *et al.* (2021) bahwa dalam kondisi tekanan rendah, titik didih air menurun hingga sekitar 40–60°C, sehingga memungkinkan pemanfaatan panas yang lebih efisien.

Penurunan kevakuman tersebut terbukti berpengaruh terhadap kapasitas produksi air tawar harian. Berdasarkan data operasional, FWG yang dalam kondisi normal mampu menghasilkan sekitar 19–20 ton air tawar per hari mengalami penurunan produksi menjadi sekitar 13–15,3 ton per hari saat tekanan vakum tidak stabil. Kondisi ini menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara tekanan vakum dengan jumlah air tawar yang dihasilkan. Semakin rendah tingkat kevakuman yang dicapai, semakin kecil pula kemampuan FWG dalam menguapkan air laut.

Salah satu penyebab utama menurunnya kevakuman adalah adanya gangguan pada sistem *ejector*, terutama *nozzle ejector* yang tersumbat. Hal ini didukung oleh Choudhury *et al.* (2022) yang menyebutkan bahwa penurunan tekanan vakum sebesar 10 kPa saja dapat menurunkan produksi *fresh water* hingga 25%. Selain gangguan pada *ejector*, kebocoran mikro pada sistem vakum juga menjadi faktor penting. Masuknya udara ke dalam sistem akan mengganggu proses penguapan dan kondensasi, sehingga produksi air tawar menjadi tidak sesuai dengan kapasitas yang direncanakan (Jones & Watson, 2021).

Faktor lain yang turut memperburuk kinerja FWG adalah adanya endapan kerak pada *heat exchanger*, *evaporator*, dan kondensor. Kerak tersebut menghambat proses perpindahan panas dari *jacket cooling water* ke air laut yang akan diuapkan. Menurut Jones & Watson (2021), setiap lapisan kerak setebal 1 mm dapat mengurangi efisiensi perpindahan panas hingga 10%. Dengan demikian, kerak setebal ±25 mm sangat signifikan menurunkan efisiensi termal sistem.

Selain itu, air laut yang digunakan dalam sistem pendingin FWG mengandung berbagai mineral dan garam yang mempercepat reaksi korosi (Mahardika & Pratikno, 2018). *Biofouling* dari mikroalga dan bakteri dalam sistem pendingin menyebabkan korosi galvanik, terutama pada komponen tembaga dan baja (Mahardika & Pratikno,

2018). Untuk mencegah hal ini, proteksi katodik menggunakan *zinc* atau *magnesium anode* dengan efisiensi 95% sangat efektif (Sudjasta *et al.*, 2018). Kombinasi proteksi katodik dengan *coating* memberikan perlindungan maksimal (Mahendra & Dwisetiono, 2022).

Temuan lain yang perlu diperhatikan adalah jadwal perawatan FWG di MV. CS GLORY belum sepenuhnya berjalan sesuai standar *Planned Maintenance System* (PMS). Penurunan kapasitas produksi *fresh water* juga dapat dipicu oleh perawatan yang tidak terjadwal dan keterbatasan sistem *monitoring*. Implementasi sensor tekanan, suhu, dan *total dissolved solids* (TDS) yang terkoneksi dengan sistem alarm sangat direkomendasikan sebagai solusi efisiensi (Ahmad *et al.*, 2022). Peningkatan interval *maintenance* dari 6 bulan menjadi 3 bulan bahkan terbukti mampu menaikkan *output* FWG sebesar 15%. Ini menunjukkan pentingnya manajemen perawatan berbasis kondisi aktual (*condition-based maintenance*) dibandingkan hanya mengandalkan jadwal rutin (Sari & Nugroho, 2021).

Oleh karena itu, upaya yang perlu dilakukan adalah pembersihan *nozzle ejector* dan kondensor secara berkala, pemeriksaan kebocoran sistem vakum, *chemical cleaning* pada bagian yang mengalami kerak, serta penerapan jadwal perawatan yang lebih disiplin.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Gangguan kevakuman *Fresh Water Generator* di MV. CS GLORY berkaitan dengan kondisi *nozzle ejector* yang tersumbat, kebocoran pada sistem vakum, kotoran atau kerak pada kondensor, *evaporator*, dan *heat exchanger*, serta kinerja pompa dan pelaksanaan perawatan yang tidak terjadwal. Faktor-faktor tersebut menyebabkan sistem tidak mampu mempertahankan tingkat kevakuman sesuai kondisi kerja normal.
2. Penurunan kevakuman berpengaruh signifikan terhadap produksi air tawar. Pada tanggal 22 sampai 26 Mei 2025 tekanan vakum tercatat sekitar −0,070 sampai

−0,062 MPa dan produksi sebesar 13,0 sampai 15,3 ton per hari. Setelah dilakukan perbaikan, pada tanggal 10 sampai 14 Juni 2025 tekanan vakum berada pada kisaran −0,095 sampai −0,098 MPa dan produksi mencapai 19,0 sampai 20,0 ton per hari.

3. Pemulihan kinerja FWG memerlukan penanganan pada sumber gangguan dan pelaksanaan perawatan yang teratur. Pembersihan komponen, pemeriksaan kebocoran, pemeriksaan pompa, serta kepatuhan terhadap *Planned Maintenance System* (PMS) merupakan langkah yang mendukung kestabilan kevakuman dan produksi air tawar.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, F., *et al.* (2022). Performance Analysis of Fresh Water Generator on Ships in Southeast Asia. *Journal of Marine Engineering*, *15*(2), 112–120.

Ala, A., Hamdani, M., & Khairy, F. R. (2021). Analisis Penurunan Kinerja *Fresh Water Generator* Guna Mempertahankan Produksi Air Tawar di Kapal Motor Vessel CK. Angie. *Meteor STIP Marunda*, *14*(1), 46–57. https://doi.org/10.36101/msm.v14i1.180

Bai, J., Zhang, T., & Liu, Y. (2021). Energy Efficiency in Vacuum Distillation of Seawater. *Desalination*, *500*, 114865.

Choudhury, A., Borthakur, S., & Deka, D. (2022). Performance Decline in Marine Fresh Water Generators: Case Study. *Marine Engineering Review*, *38*(2), 65–72.

Chung, T. W., *et al.* (2011). Vacuum Distillation for Seawater Desalination. *Desalination and Water Treatment*, *28*(1–3), 1–8.

Jones, M., & Watson, R. (2021). Heat Exchanger Maintenance for Marine Systems. *Oceanic Engineering Journal*, *29*(3), 201–210.

Khamdila, A., *et al.* (2019). Pemanfaatan Air Tawar pada Sistem Pendingin Mesin Kapal. *Jurnal Teknologi Maritim*, *12*(1), 45–52.

Kralj, M., *et al.* (2021). Thermal Load Reduction in Marine Vacuum Systems. *Ocean Engineering*, *230*, 108–115.

Mahardika, D., & Pratikno, H. (2018). Analisis Korosi pada Sistem Pendingin Air Laut Kapal. *Jurnal*

Teknik Mesin, *7*(1), 15–22.

Mahendra, T. I., & Dwisetiono, D. (2022). Proteksi Katodik Menggunakan *Zinc Anode* untuk Menghambat Korosi pada Lambung Kapal Port Link VII Jakarta. *Zona Laut Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi Kelautan*, 7–12. https://doi.org/10.20956/zl.vi.19694

Purusotama, I. K. G., & Riyanto, B. (2023). Optimalisasi Kinerja *Fresh Water Generator* dalam Rangka Pemenuhan Kebutuhan Air Tawar di Kapal MT. Galunggung. *JPB Jurnal Patria Bahari*, *3*(1), 29–36. https://doi.org/10.54017/jpb.v3i1.72

Putranto, & Khaeroman. (2021). Karakteristik Aliran pada *Nozzle Ejector* dalam Sistem *Fresh Water Generator*. *Jurnal Teknik Mesin*, *10*(2).

Sari, D. P., & Nugroho, A. (2021). Evaluasi Interval *Maintenance* terhadap *Output Fresh Water Generator* pada Kapal Tanker. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Perkapalan*, *9*(2), 88–95.

Sudjasta, B., *et al.* (2018). Efektivitas Proteksi Katodik pada Sistem Pendingin Kapal. *Jurnal Teknik Kelautan*, *5*(1), 33–40.