KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

SKRIPSI

PERAN PENTING *EVAPORATOR* TERHADAP TURUNNYA KINERJA *FRESH WATER GENERATOR* DI ATAS KAPAL SM ALBATROSS

Oleh:

MUHAMMAD ALFARIZI NURUL HIDAYAT
NRP. 565221679

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

PERAN PENTING *EVAPORATOR* TERHADAP TURUNNYA KINERJA *FRESH WATER GENERATOR* DI ATAS KAPAL SM ALBATROSS

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program Pendidikan Diploma IV

Oleh:

MUHAMMAD ALFARIZI NURUL HIDAYAT
NRP. 565221679

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
JURUSAN TEKNIKA
JAKARTA
2026

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang di kutip maupun di rujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	: Muhammad Alfarizi Nurul Hidayat
NRP	: 565221679
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: Teknika
Judul	: Peran Penting *Evaporator* Terhadap Turunnya Kinerja *Fresh water generator* di Atas Kapal SM Albatross.

Jakarta, 18 Mei 2026
Penulis

Muhammad Alfarizi Nurul Hidayat

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	: Muhammad Alfarizi Nurul Hidayat
NRP	: 565221679
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: Teknika
Judul	: Peran Penting *Evaporator* Terhadap Turunnya Kinerja *Fresh water generator* di Atas Kapal SM Albatross.

Jakarta, 18 Mei 2026

Pembimbing Utama

Capt. FAHMI UNIANGSADJI, S.SiT, M.Si
Pembina (IV/a)
NIP. 19781213 200502 1 001

Pembimbing Pendamping

RONALD SIMANJUNTAK, M.T
Pembina (IV/a)
NIP. 19750616 200604 1 001

Mengetahui;
Ketua Jurusan Teknika

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

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN
SUMBER DAYA MANUSIA PERHUBUNGAN

SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN

TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama	: Muhammad Alfarizi Nurul Hidayat
NRP	: 565221679
Program Pendidikan	: Diploma IV
Jurusan	: Teknika
Judul	: Peran Penting *Evaporator* Terhadap Turunnya Kinerja *Fresh Water Generator* di Atas Kapal SM. ALBATROSS

Penguji Utama	Penguji Pendamping I	Penguji Pendamping II
Jarot Delta Susanto, S.SiT., MM	Ihrof Muzarodin, S.E., M.Si	Ronald Simanjuntak, M.T
NIP.19820717 200502 1 001	NIP.19810812 201012 1 002	NIP.19750616 200604 1 001

Mengetahui;
Ketua Jurusan Teknika

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Atas berkat dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, dengan judul:

"PERAN PENTING *EVAPORATOR* TERHADAP TURUNNYA KINERJA *FRESH WATER GENERATOR* DI ATAS KAPAL SM ALBATROSS"

Penelitian skripsi ini disusun bertujuan untuk memenuhi syarat dan kewajiban bagi Taruna Program Diploma IV Program Studi Teknika, yang telah melaksanakan praktek laut serta penelitian, dan sebagai persyaratan untuk mendapatkan Ijazah Sarjana Terapan Pelayaran, Program Diploma IV di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak memperoleh bantuan dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H., M.Mar., selaku ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
2. Bapak Dr. Markus Yando, S.Si,T.,M.M. selaku Ketua Jurusan Teknika, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran.
3. Bapak Denny Fitrial, S.Si., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknika, Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran
4. Bapak Capt. Fahmi Umasangadji, S.SiT, M.Si selaku dosen pembimbing utama yang telah bersedia memberikan pengarahan, bimbingan serta masukan dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak Ronald Simanjuntak, M.T selaku dosen pembimbing pendamping yang telah bersedia memberikan pengarahan, bimbingan dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
6. Seluruh civitas akademik Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama penulis belajar di kampus Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran.
7. Orang tua tercinta Bapak Yayat Hidayat dan Ibu Enung Nuraenah yang telah berjuang bekerja keras, mendidik, dan membesarkan penulis dengan penuh cinta serta kasih sayang yang selalu menjadi penyemangat serta inspirasi penulis, terima kasih atas doa, dorongan, materi dan motivasi dalam menjalankan pendidikan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran.

8. Seluruh kru kapal SM. Albatross yang telah memberikan bimbingan moral dan pengetahuan saat penulis menjalani praktik laut.
9. Teman-teman Angkatan LXV STIP, unduk suka dan duka serta waktu yang sudah dilalui bersama-sama dalam menimba ilmu selama 4 tahun di STIP.

Skripsi ini mungkin bukan yang terbaik, tapi ia lahir dari proses panjang letih yang tertahan dan semangat yang terus dinyalakan. Penulis belajar berdiri sendiri, berjuang dalam diam, dan tetap berjalan meski pelan. Semoga karya sederhana ini dapat menjadi jejak kecil yang bermakna bagi ilmu pengetahuan dan bagi siapapun yang tengah berjuang diam diam untuk tidak menyerah.

Jakarta, 18 Mei 2026
Penulis

Muhammad Alfarizi Nurul Hidayat
NRP. 565221679

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM ..... **ii**
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ..... **iii**
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI ..... **iv**
TANDA PENGESAHAN SKRIPSI ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR SINGKATAN ..... **xii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiii**
ABSTRAK ..... **xiv**
ABSTRACT xv
BAB I PENDAHULUAN **1**
A. LATAR BELAKANG 1
B. IDENTIFIKASI MASALAH 3
C. BATASAN MASALAH 3
D. RUMUSAN MASALAH 3
E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN 4
F. SISTEMATIKA PENULISAN 4
BAB II LANDASAN TEORI 6
A. TINJAUAN PUSTAKA 6
B. PENELITIAN TERHDAHULU 19
C. KERANGKA PEMIKIRAN 24
BAB III METODE PENELITIAN 26
A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN 26
B. METODE PENDEKATAN 27
C. SUMBER DATA 28
D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA 29
E. TEKNIK ANALISIS DATA 32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN **36**
A. DESKRIPSI DATA 36

B. ANALISIS DATA… 38
C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH 41
D. EVALUASI ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH 43
E. PEMECAHAN MASALAH 47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 49
A. KESIMPULAN 49
B. SARAN 50
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 *Fresh water generator* 8
Gambar 2. 2 *Fresh water generator* tipe *plate* 9
Gambar 2. 3 *Fresh water generator* tipe *Tube* 10
Gambar 2. 4 Prinsip Kerja *Fresh water generator* 12
Gambar 2. 5 *Evaporator* 12
Gambar 2. 6 Kondensor 14
Gambar 2. 7 Pompa Ejektor 15
Gambar 2.8 *Ejector Brine* 15
Gambar 2.9 Salinity Indicator 16
Gambar 2.10 Kerangka Pemikiran 25
Gambar 3.1 Fishbone Diagram 34
Gambar 4. 1 *Ejector* Pump Strainer 37
Gambar 4. 2 Plat *Fresh water generator Evaporator* 38
Gambar 4. 3 *Fishbone* Diagram Permasalah 1 40
Gambar 4. 4 *Fishbone* Diagram Permasalah 2 41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu 19

DAFTAR SINGKATAN

CIP	*Cleaning in place*
FWG	*Fresh water generator*
GT	*Gross Tonnage*
IMO	*International Maritime Organization*
JCW	*Jacket Cooling Water*
kPa	*Kilopascal*
kW	*Kilowatt*
L.B.P	*Length Between Perpendiculars*
LNG	*Liquefied Natural Gas*
LOA	*Length Overall*
$MgSO_4$	*Magnesium Sulfate*
MT	*Motor Tanker*
PMS	*Planned Maintenance System*
PPM	*Parts Per Million*
$CaCO_3$	*Calcium Carbonate*
°C	*Degree Celsius*
m^3	*Meter Kubik*

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Crew List Kapal SM ALBATROSS… 53
Lampiran 2 Ship Particular.....54
Lampiran 3 *Plate Fresh water generator*..... 55
Lampiran 4 *Pressure Gauge*.....56
Lampiran 5 FWG SM ALBATROSS.....57
Lampiran 6 Salinity Normal..... 58
Lampiran 7 Salinity Alarm..... 59
Lampiran 8 Kapal SM ALBATROSS..... 61
Lampiran 9 Indonesian Engine Crew Kapla SM ALBATROSS.....62
Lampiran 10 Wawancara….....64

ABSTRAK

Muhammad Alfarizi Nurul Hidayat. 2026. "*Peran Penting Evaporator Terhadap Kinerja Freah Water Generator Di Atas Kapal SM Albatross."*

Fresh water generator merupakan salah satu pesawat bantu di atas kapal yang berfungsi menghasilkan air tawar untuk memenuhi kebutuhan operasional kapal dan kebutuhan awak kapal. Sistem ini bekerja dengan prinsip penguapan air laut pada kondisi *vacuum* dan proses kondensasi untuk menghasilkan air tawar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab serta upaya penanggulangan terhadap menurunnya kinerja "*Fresh water generator"* di atas kapal SM Albatross. Metode penelitian yang digunakan adalah metode pendekatan kualitatif dengan teknik triangulasi melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi selama pelaksanaan praktik laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendahnya tekanan pompa *ejector* dari 3,5 bar menjadi 2 bar akibat tersumbatnya saringan pompa oleh kotoran air laut serta terbentuknya endapan garam (*scaling*) pada plat "*evaporator"* menjadi penyebab utama menurunnya produksi air tawar. Upaya penanggulangan dilakukan melalui pembersihan saringan "pompa *ejector"* secara berkala guna memulihkan tekanan dan *kevacuuman* sistem, serta pembersihan plat *evaporator* menggunakan scrapper untuk menghilangkan kerak garam yang menghambat proses perpindahan panas. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa optimalisasi kinerja *Fresh water generator* sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan perawatan rutin sesuai *Planned Maintenance System* (PMS), pengawasan parameter operasional, serta kebersihan komponen utama guna menjaga kelancaran produksi air tawar dan menunjang operasional kapal secara berkesinambungan.

Kata Kunci: *Evaporator*, *Fresh water generator*, Pompa *ejector*, *Vacuum*, *Planned Maintenance System.*

ABSTRACT

Muhammad Alfarizi Nurul Hidayat. 2026. "*The Significance of the Evaporator in Maintaining Fresh Water Generator Performance on Board the SM Albatross*."

A Fresh water generator is one of the auxiliary systems on board a ship that produces fresh water to meet the ship's operational needs and those of the crew. This system operates on the principle of evaporating seawater under vacuum conditions and condensing it to produce fresh water. This study aims to analyze the causes of and measures to address the declining performance of the Fresh water generator on board the SM Albatross. The research method used is a qualitative approach with triangulation techniques through observation, interviews, and documentation during the sea training. The research findings indicate that the drop in ejector pump pressure from 3.5 bar to 2 bar caused by the pump filter becoming clogged with seawater debris and the formation of salt deposits (scaling) on the evaporator plates was the primary cause of the decline in freshwater production. Mitigation efforts were carried out by periodically cleaning the ejector pump filter to restore system pressure and vacuum, as well as cleaning the evaporator plates using a scraper to remove salt scale that hinders the heat transfer process. The conclusion of this study confirms that the optimization of the Fresh water generator's performance is significantly influenced by the implementation of routine maintenance in accordance with the Planned Maintenance System (PMS), monitoring of operational parameters, and the cleanliness of key components to ensure the smooth production of fresh water and support the ship's continuous operations.

Keywords: Evaporator, Fresh water generator, Ejector Pump, Vacuum, Planned Maintenance System.

BAB I
PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Fresh water generator (FWG) merupakan salah satu pesawat bantu di atas kapal yang memainkan peran yang sangat penting dalam memastikan bahwa operasional kapal berjalan dengan lancar, terutama dalam penyediaan air tawar untuk kebutuhan awak kapal dan sistem mesin. *Fresh water generator* bekerja dengan prinsip penguapan air laut pada tekanan rendah (*vacuum*) dan selanjutnya dilakukan proses kondensasi untuk menghasilkan air tawar. Keberhasilan proses tersebut sangat bergantung pada kondisi dan kinerja komponen utama, khususnya *evaporator*, yang berfungsi sebagai lokasi terjadinya proses penguapan air laut (Smith, 2019).

Selama pengoperasian Fresh Water Generator di atas kapal SM Albatross, terlihat endapan garam pada plat evaporator. Endapan ini terbentuk karena proses pemanasan air laut yang mengandung mineral dan garam terlarut, yang meninggalkan residu pada permukaan pemanas.Penumpukan endapan garam (*scaling*) tersebut dapat menghambat proses perpindahan panas antara media pemanas dan air laut, yang pada akhirnya menyebabkan menurunnya efisiensi penguapan dan berkurangnya produksi air tawar. Kondisi tersebut sesuai dengan pendapat teori yang menyebutkan bahwa *scaling* pada permukaan *evaporator* merupakan salah satu penyebab utama turunnya kinerja *Fresh water generator* (MAN Energy Solutions, 2020).

Selain permasalahan endapan garam, tingkat *vacuum* pada *Fresh water generator* belum tercapai secara efisien, sehingga air laut tidak dapat menguap pada temperatur rendah sebagaimana yang diharapkan. Sistem *Fresh water generator* dirancang untuk bekerja pada kondisi *vacuum* tertentu agar proses evaporasi dapat berlangsung efektif dengan memanfaatkan panas buangan mesin induk. Apabila *vacuum* tidak tercapai akibat gangguan pada sistem *ejector* atau adanya kebocoran,

maka proses penguapan akan terganggu dan produksi air tawar menjadi tidak maksimal (Kumar & Sinha, 2019).

Permasalahan lain yang memengaruhi kinerja *Fresh water generator* adalah suhu *Jacket Cooling Water* selama proses kondensasi menunjukkan kondisi yang tidak normal. *Jacket Cooling Water* berfungsi sebagai media pendingin uap air hasil evaporasi agar dapat berubah kembali menjadi air tawar. Ketidaksesuaian temperatur pendinginan akan menyebabkan proses kondensasi tidak berjalan sempurna, sehingga uap air tidak seluruhnya berubah menjadi cairan serta menyebabkan menurunnya hasil produksi air tawar. Hal ini menunjukkan bahwa kestabilan sistem pendinginan sangat berpengaruh terhadap efisiensi kerja *Fresh water generator* (McGeorge, 2018).

Selain faktor teknis, ketidaksesuaian pelaksanaan perawatan dengan buku panduan pengoperasian (operation manual) juga menjadi penyebab menurunnya kinerja *Fresh water generator*. Perawatan rutin seperti pembersihan *evaporator*, pemeriksaan *ejector*, serta pengecekan sistem *vacuum* sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya gangguan operasional. Apabila perawatan tidak dilakukan secara teratur dan sesuai prosedur, maka kinerja *Fresh water generator* akan menurun secara bertahap dan risiko kerusakan komponen akan semakin besar (Lamb, 2021).

Permasalahan terakhir yang ditemukan adalah penurunan tekanan air laut dari pompa *ejector*, dari tekanan normal sekitar 3,5 bar menjadi 2 bar. Penurunan tekanan ini menyebabkan *ejector* tidak mampu menghasilkan *vacuum* yang dibutuhkan di dalam ruang *evaporator*. Akibatnya, proses penguapan dan pembuangan air pekat (*brine*) tidak berjalan dengan baik, sehingga secara langsung memengaruhi kinerja *Fresh water generator* secara keseluruhan. Menurut MAN Energy Solutions (2020), tekanan air laut yang tidak sesuai spesifikasi merupakan salah satu faktor utama kegagalan sistem *vacuum* pada *Fresh water generator*.

Berdasarkan urgensi masalah dan kompleksitas gangguan teknis yang ditemukan, Penulis memilih permasalahan ini sebagai topik dalam karya ilmiah dengan judul:

"PERAN PENTING *EVAPORATOR* TERHADAP TURUNNYA KINERJA *FRESH WATER GENERATOR* DI ATAS KAPAL SM ALBATROSS."

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan penjelasan latar belakang yang telah diberikan sebelumnya, identifikasi masalah penting untuk memudahkan dan memperjelas pembahasan pada bab-bab berikutnya. Untuk menemukan masalah ini, masalah utama dengan generator air segar menurun di SM ALBATROSS diidentifikasi, sehingga pembahasan dapat lebih terfokus dan sistematis. Berdasarkan pokok permasalahan tersebut, maka diperoleh beberapa penjelasan masalah sebagai berikut:

1. Terdapat endapan garam pada plat *evaporator Fresh water generator*.
2. *Kevacuuman* sebesar 80°C pada *Fresh water generator*, yang belum tercapai.
3. Temperatur jacket cooling yang tidak normal selama proses kondensasi
4. Perawatan yang tidak dilakukan sesuai dengan instruksi yang tercantum dalam buku petunjuk pengoperasian kapal.
5. Rendahnya tekanan dari pompa *ejector* dari 3,5 bar menjadi 2 bar pada *Fresh water generator.*

C. BATASAN MASALAH

Agar pembahasan tetap terfokus pada pokok permasalahan dan selaras dengan tujuan penulisan skripsi, penulis menetapkan batasan ruang lingkup penelitian berdasarkan pengalaman serta pengetahuan yang dimiliki. Pembatasan ini diarahkan pada komponen yang dianggap paling penting dalam memengaruhi penurunan kinerja *Fresh water generator*. Dengan demikian, batasan masalah dalam penelitian ini mencakup:

1. Rendahnya tekanan dari pompa *ejector* dari 3,5 bar menjadi 2 bar pada *Fresh water generator.*
2. Terdapat endapan garam pada plat *evaporator Fresh water generator*.

D. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan penjelasan latar belakang tersebut, maka masalah yang akan dikaji dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana upaya dalam memperbaiki rendahnya tekanan dari pompa *Ejector* dari 3,5 bar menjadi 2 bar pada *Fresh water generator*?
2. Bagaimana cara mengatasi endapan garam di plat *evaporator* pada *Fresh water generator*?

E. TUJUAN PENELITIAN

1. Tujuan

   Tujuan dari penulisan penelitian ini adalah:

   a. Untuk mengidentifikasi dan mengatasi rendahnya kondisi tekanan air laut yang dihasilkan pompa *ejector* pada *Fresh water generator* di kapal SM ALBATROSS.
   b. Untuk mengidentifikasi dan mengetahui metode penanganan residu garam pada plat *evaporator Fresh water generator* di kapal SM ALBATROSS.

2. Manfaat

   Manfaat penulisan skripsi ini adalah :

   a. Aspek Teoritis

      Secara teoritis, temuan penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan memperkaya ilmu pengetahuan teknik permesinan kapal, khususnya terkait sistem *Fresh water generator* (FWG).

   b. Aspek Praktis

      Secara praktis, studi ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi awak kapal, khususnya kru kamar mesin, sebagai pedoman dalam mengidentifikasi penyebab menurunnya kinerja *Fresh water generator* serta langkah-langkah penanganannya.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini disusun secara sistematis dalam lima bab yang saling bersambung untuk mendukung tercapainya tujuan yang diharapkan dan memudahkan pemahaman pembaca. Berikut adalah sistematika penulisan tersebut: :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini Penulis akan membahas latar belakang masalah, identifikasi masalah, batasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, keuntungan penelitian, dan sistematika penulisan dalam bab ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tinjauan literatur, penelitian sebelumnya, dan kerangka pemikiran yang digunakan untuk menilai masalah tentang *Fresh water generator.*

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini membahas semua hal yang terkait dengan penyusunan skripsi, termasuk waktu dan lokasi penelitian, metode yang digunakan, sumber data yang digunakan, populasi dan teknik sampling, dan metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas uraian data, analisis data, opsi penyelesaian masalah alternatif, dan evaluasi opsi pemecahan masalah.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini mencakup kesimpulan dan saran. Simpulan adalah ringkasan dari seluruh permasalahan yang telah dibahas sehingga menghasilkan poin-poin penting sebagai solusi secara singkat. Sedangkan saran berisi ide atau pendapat yang dapat digunakan untuk membantu penyelesaian masalah pada masa sekarang maupun yang akan datang.

BAB II
LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini berlandaskan pada teori yang digunakan untuk memahami permasalahan yang dikaji. Teori tersebut menjadi panduan dan kerangka berpikir bagi peneliti dalam memahami penyebab masalah serta menganalisisnya secara tepat. Dengan landasan teori ini, peneliti dapat membandingkan hasil nyata dan gagasan teoretis, khususnya pada kapal SM ALBATROSS, yang kemudian dibahas dalam hasil penelitian dan pembahasan masalah.

1. Peran Penting

Peran penting dapat didefinisikan sebagai fungsi, kedudukan, atau kontribusi utama dan krusial yang dimiliki oleh suatu elemen dalam menentukan keberhasilan serta keberlangsungan operasional sebuah sistem secara keseluruhan. Dalam operasional perkapalan, setiap komponen pendukung memiliki esensi yang tidak dapat diabaikan.

Menurut *International Maritime Organization* (2016), sistem penyediaan air tawar di kapal merupakan bagian dari penunjang keselamatan dan kesejahteraan awak kapal. Dalam konteks tersebut, *evaporator* pada sistem *Fresh water generator* memiliki peran vital sebagai komponen utama yang melaksanakan proses penguapan air laut pada tekanan rendah sehingga memungkinkan terbentuknya uap murni yang selanjutnya dikondensasikan menjadi air tawar. Tanpa kinerja *evaporator* yang optimal, proses desalinasi tidak dapat berlangsung secara efektif.

Menurut Alfa Laval (2019), *evaporator* tipe *plate* pada FWG modern memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi perpindahan panas melalui luas permukaan yang besar dan desain aliran turbulen. Peran tersebut menjadi krusial karena sebagai penentu kualitas dan jumlah air tawar yang diproduksi.

2. *Evaporator*

Menurut Alfa Laval (2016), *evaporator* adalah peralatan proses berbasis perpindahan panas yang dirancang untuk menguapkan sebagian atau seluruh komponen pelarut dari suatu larutan melalui mekanisme pemanasa langsung. Dalam sistem industri dan maritim, *evaporator* bekerja dengan memanfaatkan energi panas dari fluida pemanas seperti uap jenuh, air panas, atau panas buang mesin yang dialirkan melalui permukaan penukar panas. Panas tersebut menyebabkan fluida proses mencapai titik didihnya sehingga terjadi perubahan bentuk dari cair menjadi uap.

Uap yang terbentuk kemudian dapat dipisahkan dari cairan sisa (konsentrat) untuk tujuan pemurnian, konsentrasi, maupun desalinasi. Dalam sistem industri dan maritim, *evaporator* bekerja dengan memanfaatkan energi panas dari fluida pemanas seperti uap jenuh, air panas, atau panas buang mesin yang dialirkan melalui permukaan penukar panas. Panas tersebut menyebabkan fluida proses mencapai titik didihnya sehingga terjadi transformasi dari cair ke uap. Uap yang terbentuk kemudian dapat dipisahkan dari cairan sisa (konsentrat) untuk tujuan pemurnian, konsentrasi, maupun desalinasi.

3. *Fresh water generator*

a. Pengertian FWG

FWG sebagai unit desalinasi di kapal yang memanfaatkan proses termal sebagai upaya untuk mengubah air laut menjadi air tawar untuk memenuhi permintaan operasional dan kebutuhan sehari-hari di kapal selama pelayaran. Selanjutnya, Alfa Laval (2018) menjelaskan bahwa FWG merupakan sistem distilasi laut yang dirancang sebagai upaya produksi air tawar yang menggunakan energi panas yang tersedia di FWG kapal SM ALBATROSS seperti pada Gambar 2.1. Sistem ini terdiri dari *evaporator*, *demister*, kondensor, dan sistem *ejector* atau pompa *vacuum* yang bekerja secara terpadu untuk menghasilkan air kondensat dengan kadar garam rendah sesuai standar kelayakan air tawar kapal.

Gambar 2. 1 *Fresh water generator*

Sumber : Dokumen Pribadi

Selanjutnya, Bureau Veritas (2022) menyatakan bahwa FWG adalah sistem produksi air tawar berbasis distilasi yang dirancang untuk menjamin ketersediaan air bersih secara mandiri di atas kapal tanpa ketergantungan pada suplai darat. Definisi ini menekankan aspek keberlanjutan operasional kapal dalam pelayaran jarak jauh.

b. Tipe-tipe FWG

1) *Fresh water generator* tipe *plate*

Dalam unit jenis ini terdapat tiga proses utama yaitu evaporasi, pemisahan, dan kondensasi yang berlangsung dalam satu paket plat tersebut. Air laut diubah menjadi film tipis yang mengalir di kanal *evaporator*, kemudian dipanaskan oleh *jacket water* atau uap pada kondisi *vacuum* sehingga terjadi penguapan. Uap yang terbentuk melewati pemisah tetes (*demister*) internal agar tidak membawa percikan air laut, lalu terkondensasi di kanal kondensor yang didinginkan oleh air laut segar (Syahputra dkk., 2019).

Dalam unit jenis ini terdapat tiga proses utama yaitu evaporasi, pemisahan, dan kondensasi yang berlangsung dalam satu paket plat tersebut. Air laut diubah menjadi film tipis yang mengalir di kanal *evaporator*, kemudian dipanaskan oleh *jacket water* atau uap pada kondisi *vacuum* sehingga terjadi penguapan. Uap yang terbentuk melewati pemisah tetes (*demister*) internal agar tidak membawa percikan air laut, lalu terkondensasi di kanal kondensor yang didinginkan oleh air laut segar (Syahputra dkk., 2019).

Dalam unit jenis ini terdapat tiga proses utama yaitu evaporasi, pemisahan, dan kondensasi yang berlangsung dalam satu paket plat tersebut. Air laut diubah menjadi film tipis yang mengalir di kanal *evaporator*, kemudian dipanaskan oleh *jacket water* atau uap pada kondisi *vacuum* sehingga terjadi penguapan. Uap yang terbentuk melewati pemisah tetes (*demister*) internal agar tidak membawa percikan air laut, lalu terkondensasi di kanal kondensor yang didinginkan oleh air laut segar (Syahputra dkk., 2019).

Gambar 2. 2 *Fresh water generator* tipe *plate*
Sumber : Dokumen Pribadi

Tipe *plate* menggunakan *plate pack* titanium dengan saluran bergelombang (*chevron*) yang menempatkan tiga proses evaporasi, pemisahan, dan kondensasi dalam satu paket plat kompak. Air laut umpan dialirkan sebagai film tipis di kanal penguap, dipanaskan oleh *jacket water* atau uap bantu hingga mendidih di bawah *vacuum*, uap melewati pemisah tetes internal, lalu terkondensasi pada kanal kondensor yang didinginkan air laut segar. Konsep *3-in-1 plate technology* modern menampung *vacum* proses di dalam paket plat sehingga tidak memerlukan cangkang luar besar; akibatnya ukuran dan massa unit jauh lebih kecil, akses servis cukup dengan "membuka" paket plat, dan kebutuhan laju pompa air laut menurun signifikan. Kapasitas komersial yang tersedia umumnya ± 60 m^3/hari dengan integrasi ke *jacket water loop* mesin induk. Kelebihan tipe *plate* adalah jejak ruang (*footprint*) kecil, efisiensi perpindahan panas tinggi, dan konsumsi daya pompa lebih rendah; tantangannya adalah sensitivitas terhadap *fouling/scale* pada kanal sempit

sehingga kontrol kimia anti-*scaling* dan kebersihan saringan menjadi krusial seperti Gambar 2.2.

2) *Fresh water generator* tipe *Tube*

Tipe tabung atau sering disebut shell-and-*Tube* merupakan suatu sistem di mana penguap dan kondensor berupa heat exchanger dengan konfigurasi tabung dalam cangkang. Dalam sistem ini, air laut yang menjadi umpan dialirkan melalui sisi tabung kondensor untuk mendinginkan uap, sementara sisi cangkang berisi uap atau air panas dari jacket water yang berfungsi memanaskan *evaporator*. Di ruang *evaporator*, air laut dipanaskan dan menguap pada tekanan rendah setelah mengalir melewati bundel pipa yang dipanaskan tersebut. Uap yang terbentuk kemudian melewati *demister*, yang berfungsi untuk memisahkan tetesan garam agar uap yang menuju kondensor lebih murni. Setelah melewati *demister*, uap yang sudah bersih masuk ke kondensor dan didinginkan oleh air laut yang mengalir di sisi tabung kondensor sehingga uap tersebut mengembun kembali menjadi air tawar. Air hasil kondensasi ini dikumpulkan sebagai distilat dan melalui pengukuran salinitas untuk memastikan kualitas air sebelum dialirkan ke tangki penyimpanan guna digunakan untuk keperluan kapal.

Proses *vacuum* pada ruang *evaporator* biasanya dihasilkan oleh *ejector air/brine* yang memanfaatkan aliran air laut bertekanan, sehingga tidak memerlukan pompa *vacuum* terpisah secara elektrik. Sistem ini banyak digunakan pada produk komersial seperti *Alva Laval* seperti Gambar 2.3.

Gambar 2. 3 *Fresh water generator* tipe *Tube*

Sumber : https://www.kapaldanlogistik.com/fresh-water system

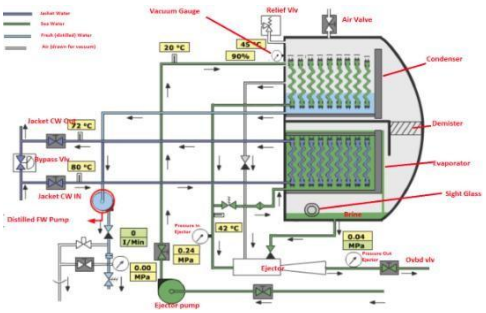
c. Sistem Kerja *Fresh water generator*

Prinsip operasional *Fresh water generator* didasarkan pada penurunan titik didih air laut melalui penciptaan kondisi *vacuum* di dalam shell *evaporator*. Dengan memanfaatkan panas dari sistem pendinginan silinder mesin (jacket water) yang bersuhu antara 70°C hingga 80°C, air laut dapat diuapkan tanpa memerlukan bahan bakar tambahan. Uap tersebut kemudian didestilasi menjadi air tawar yang dihasilkan melalui proses kondensasi menggunakan air laut pendingin (Taylor, 2020).

Prinsip operasional *Fresh water generator* didasarkan pada penurunan titik didih air laut melalui penciptaan kondisi *vacuum* di dalam shell *evaporator*. Dengan memanfaatkan panas dari sistem pendinginan silinder mesin (jacket water) yang bersuhu antara 70°C hingga 80°C, air laut dapat diuapkan tanpa memerlukan bahan bakar tambahan. Uap tersebut kemudian didestilasi menjadi air tawar yang dihasilkan melalui proses kondensasi menggunakan air laut pendingin (Taylor, 2020*).*

Selanjutnya, uap air yang terbentuk kemudian dialirkan menuju *condenser*, di mana uap tersebut didinginkan menggunakan air laut, yang kemudian berubah kembali menjadi air tawar sebagai hasil dari proses tersebut *condensation*. Air tawar hasil kondensasi selanjutnya dikumpulkan dan dialirkan ke *fresh water tank*, sementara air laut dengan konsentrasi garam tinggi (*brine*) dibuang keluar sistem menggunakan *ejector* atau *brine pump* (Johnson et al., 2008).

Untuk menjaga kualitas air tawar, sistem FWG dilengkapi dengan *salinity sensor* yang akan mengalihkan aliran air ke *drain* apabila kadar garam melebihi batas yang diizinkan. Dengan mekanisme ini, FWG mampu menghasilkan air tawar secara kontinu selama kapal beroperasi, asalkan kondisi salinitas air laut dan parameter operasi tetap berada dalam batas desain sistem seperti Gambar 2.4 (Elsayed, 2021).



Gambar 2. 4 Prinsip Kerja *Fresh water generator*

Sumber : https://www.queseas.com/t/fresh-water-generator-low-production-

d. Komponen *Fresh water generator*

Komponen utama pada *Fresh water generator* adalah:

1) *Evaporator*

Bagian *evaporator* merupakan komponen utama di *dalam Fresh water generator* tempat berlangsungnya penguapan air laut. Di ruang ini, air laut dipanaskan melalui penggunaan media pemanas, yang biasanya diperoleh dari *Jacket Cooling Water* mesin induk kapal. Karena ruangan *evaporator* dibangun dalam kondisi *vacuum*, titik didih air laut dapat diturunkan secara signifikan. Akibatnya, air laut dapat mendidih pada dibawah suhu yang lebih rendah dari normal, sekitar 40 hingga 60 derajat Celcius, sehingga menghasilkan uap air yang relatif murni.

Sementara itu, garam dan mineral dalam air laut tetap berada dalam bentuk larutan pekat yang dikenal sebagai *brine*. Dalam perancangan *evaporator*, sangat penting untuk memastikan transfer panas berlangsung secara efisien, sembari mencegah terjadinya penumpukan kerak atau *scaling* yang berlebihan pada permukaan pemanas, agar kinerja alat tetap optimal dan umur pakai lebih lama. Dengan demikian, *evaporator* berfungsi sebagai ruang utama, Pemanasan mengubah air laut menjadi uap dalam tekanan rendah seperti Gambar 2.5.

Gambar 2.5 *Evaporator*

Sumber : Dokumen Pribadi

2) Kondensor

Pada *Fresh water generator* tipe *plate*, kondensor memegang peranan sangat penting sebagai alat pendingin utama yang dapat mengubah uap hasil penguapan menjadi air tawar yang dapat dimanfaatkan di atas kapal. Proses dimulai dengan pemanasan air laut di dalam *evaporator* yang bekerja pada tekanan rendah sehingga menyebabkan Air laut menguap, dan uap terbentuk menuju kondensor, di mana uap tersebut didinginkan air laut dingin mengalir melalui saluran tertentu dalam kondensor.

Dengan adanya pendinginan tersebut, uap air mengembun kembali menjadi cairan air tawar. Air tawar hasil kondensasi ini kemudian dikumpulkan ke dalam tangki penyimpanan untuk selanjutnya didistribusikan sesuai kebutuhan kapal, seperti untuk konsumsi maupun kebutuhan teknis lainnya. Kondensor tipe *plate* pada *Fresh water generator* terintegrasi dalam satu paket plat yang terbuat dari bahan titanium berkualitas tinggi.

Plat-plat ini dirancang secara kompak bersamaan dengan *evaporator*, sehingga memungkinkan unit tersebut memiliki dimensi yang lebih kecil daripada jenis kondensor tradisional yang berbentuk tabung. Integrasi compact ini tidak hanya menghemat ruang di dalam mesin kapal, tetapi juga meningkatkan efisiensi perpindahan panas. Seluruh proses kondensasi berlangsung dalam saluran saluran pada plat kondensor yang didinginkan oleh air laut secara terus-menerus, memastikan suhu uap turun dengan efektif sehingga proses pengembunan dapat berlangsung optimal tanpa kehilangan efisiensi.

Selain itu, penggunaan titanium sebagai bahan plat kondensor memberikan ketahanan tinggi terhadap korosi air laut, yang merupakan faktor kritis dalam menjaga keandalan dan umur panjang sistem *Fresh water generator* di lingkungan laut yang keras. Desain sistem kondensor tipe *plate* ini tidak hanya mempercepat perpindahan panas, tetapi juga meminimalkan kemungkinan kontaminasi air laut ke air tawar hasil

produksi karena sistem tertutup dan terintegrasi rapi dengan *evaporator* seperti Gambar 2.6.

Gambar 2.6 Kondensor

Sumber : Dokumen Pribadi

3) *Separator Shell*

Separator shell pada *Fresh water generator* tipe *plate* merupakan sebuah komponen berbentuk tabung vertikal yang terbuat dari plat baja yang dilapisi *neoprene* di bagian dalam. Dalam shell ini terdapat sekat atau deflektor yang berfungsi memisahkan uap air dari air laut yang belum menguap (*brine*). Fungsi utama *separator shell* adalah menampung air laut pekat (*brine*) yang tidak menguap sehingga tidak ikut menuju kondensor. Selain itu, shell ini juga menjadi tempat terkumpulnya udara dan gas yang tidak dapat dikondensasi. Gas-gas tersebut kemudian dikeluarkan oleh *ejector* udara/*brine* untuk mempertahankan tekanan *vacuum* yang diperlukan agar proses penguapan dan kondensasi bisa berjalan efektif pada suhu rendah. Dengan keberadaan *separator shell*, produksi air tawar menjadi lebih efisien dan risiko kerusakan dan *fouling* pada kondensor bisa diminimalisir.

4) Pompa Ejektor

Pompa ini memiliki peran penting dalam menjaga tekanan *vacuum* di dalam sistem. Pompa ini bekerja dengan memanfaatkan arus air laut bertekanan tinggi untuk menyedot udara, gas, serta air laut yang mengandung garam pekat (*brine*) dari ruang *evaporator* dan kondensor. Dengan mekanisme ini, pompa *ejector* mampu menurunkan tekanan menjadi memiliki tekanan atmosfer yang lebih rendah, memungkinkan air laut menguap pada suhu yang lebih rendah, biasanya antara 35 sampai 50 derajat Celsius.

Pompa ini umumnya berupa pompa sentrifugal dengan motor listrik yang dirancang khusus untuk menangani kondisi tersebut seperti Gambar 2.7.

Gambar 2.7 Pompa *Ejector*

Sumber : Dokumen Pribadi

5) *Ejector Brine*/Air

Komponen ini yang berfungsi menjaga tekanan vacum di dalam sistem agar tetap stabil. Cara kerjanya adalah dengan memanfaatkan air laut bertekanan tinggi yang disemburkan melalui pipa *ejector* sehingga menciptakan semburan yang mampu menghisap keluar udara dan air asin (*brine*) dari bagian *evaporator* dan kondensor. Fungsi utama dari *ejector brine* ini adalah mempertahankan kondisi *vacuum* agar Air laut dapat menguap pada suhu rendah . Dengan begitu, penggunaan energi bisa lebih hemat dan hasil produksi air tawar menjadi optimal. Selain itu, *ejector* ini juga membantu mengeluarkan air laut pekat dan gas yang tidak menguap agar tidak mengganggu kinerja kondensor dan menghindari potensi kerusakan pada peralatan seperti Gambar 2.8.

Gambar 2.8 *Ejector Brine*

Sumber: Dokumen Pribadi

6) *Salinity Indicator* (Salinometer)

Indikator ini digunakan sebagai alat pemantau kadar garam dalam air tawar yang diproses oleh sistem. Alat ini menggunakan sensor khusus untuk mengukur konsentrasi garam agar kualitas air tetap terjaga. Kegunaan utama dari alat ini adalah memperingatkan operator jika salinitas air naik melebihi batas yang diizinkan. Untuk mengukur kadar garam dalam air hasil produksi agar tetap pada batas aman kita mengatur agar tidak melebihi dari 2 PPM (*Parts Per Million*).

Saat hal ini terjadi, alarm akan menyala dan sistem bisa segera mengambil tindakan, seperti mengalirkan air tersebut kembali ke sistem untuk diproses ulang agar kadar garamnya turun. Dengan adanya Salinity Indicator, air tawar yang disimpan dan digunakan tetap aman dan memenuhi standar yang diperlukan di kapal. Jadi, alat ini sangat penting demi menjaga kualitas hasil produksi *Fresh water generator* tipe *plate* agar selalu sesuai dan aman dipakai seperti Gambar 2.9.

Gambar 2.9 *Salinity Indicator*

Sumber : https://nauticalmarinebd.com/alfa-laval-salinometer

7) Pengoperasian *Fresh water generator*.

Hampir setiap peralatan kapal memiliki buku panduan pengoperasian dan perbaikan. Seluruh awak kapal dapat memahami isi dan maksud buku tersebut meskipun mereka berasal dari berbagai latar belakang dan lokasi karena bahasa Inggris digunakan sebagai bahasa internasional. Selain itu, ini berlaku untuk buku panduan Alva Laval untuk penggerak air segar tipe Aqua Blue-C80 HW, yang disertai dengan gambar dan grafik.

Buku panduan manual ini membahas banyak hal yang berkaitan dengan *Fresh water generator*, seperti apa yang harus dilakukan sebelum dan setelah prosedur pengoperasian, serta perawatan dan perbaikan yang

harus dilakukan sesuai dengan buku panduan manual. Semua petunjuk harus diikuti selama proses pengoperasian.

a) Tahap pertama.

Berikut adalah tahap pertama saat memulai pengoperasian *Fresh water generator*:

(1) Buka katup-katup hisap dan buang.

(2) Buka katup *overboard* dari *combined brine/air ejector.*

(3) Tutup *air screw* yang berada pada *separator.*

(4) Jalankan pompa *ejector* untuk menciptakan *kevacuuman* minimal 90%.Tekanan di inlet *combined brine/air ejector* minimal 300 kPa dan Tekanan balik di outlet *combined brine/air ejector* outlet maximum 60 kPa.

b) Tahap kedua.

Selama proses penguapan (penguapan), setelah kevacuuman minimal 90% (atau maksimum setelah sepuluh menit), katup-katup di bawah ini digunakan:

(1) Buka katup untuk perawatan air masukan (feed water treatment), jika ada.

(2) Buka katup masuk dan katup keluar dari air tawar pemanas.

(3) Menyesuaikan katup bypass secara bertahap hingga 10 *Celcius,* untuk mengaktifkan pasokan air tawar pemanas ke distiller. Tujuan akhir adalah untuk mencapai temperatur air jacket yang diinginkan. Suhu titik didih meningkat seiring dengan penurunan tekanan vacum hingga hampir 85%. Ini menunjukkan mulainya proses penguapan.

c) Tahap ketiga.

Setelah sekitar tiga menit proses kondensasi (pengembunan), suhu titik didih akan kembali menurun dan tekanan vakum akan kembali normal. Saat pompa ejector pertama kali dioperasikan, tekanan vakum akan mencapai minimum sekitar 90%., kemudian:

(1) Buka katup yang menuju ke tangki air tawar.

(2) Nyalakan salinometer.

(3) Jalankan pompa air tawar.

(4) Setelah mengoperasikan pompa air tawar, kaca pandang harus

menunjukkan aliran air yang tidak ada atau kosong. Jika aliran air tetap ada pada kaca pandang, itu menunjukkan bahwa ada gangguan.

d) Mematikan *Fresh water generator*.

(1) Stop supply aliran air tawar pemanas ke distiller.
(2) Tutup katup untuk perawatan air masukan (jika terdapat).
(3) Matikan pompa air tawar.
(4) Matikan salinometer.
(5) Matikan pompa *ejector*.
(6) Buka katup air screw.
(7) Tutup katup hisap dan katup tekan dari pompa *ejector*.
(8) Tutup katup overboard dari combined *brine*/air *ejector*.
(9) Tutup katup yang menuju ke tangki air tawar.

e) *Standard Operating Procedure*

Selama operasi normal, operator wajib memantau tekanan *vacum*, suhu pemanas, laju produksi air tawar, serta nilai salinitas distilat. Air tawar dengan salinitas di bawah batas aman dialirkan ke *fresh water tank*, sedangkan distilat dengan salinitas tinggi harus dibuang secara otomatis. Beban FWG perlu dikurangi dan pengawasan ditingkatkan saat kapal beroperasi di perairan pesisir atau *estuari* dengan fluktuasi salinitas tinggi. Penghentian operasi dilakukan dengan menutup perlahan *valve* JCW, kemudian membiarkan aliran air laut tetap berjalan selama kurang lebih 10–15 menit untuk proses pendinginan.

Setelah itu, pompa distilat dan pompa air laut dimatikan, diikuti dengan penutupan *valve* inlet dan outlet sesuai prosedur. FWG harus segera dihentikan apabila terjadi penurunan *vacum* secara drastis, salinitas tinggi berkelanjutan, kebocoran serius, atau muncul getaran dan suara abnormal. Seluruh jam operasi, jumlah produksi air tawar, nilai salinitas, serta kondisi tidak normal dan tindakan koreksi wajib dicatat pada *engine log book*. Perawatan rutin seperti pembersihan *pre-filter*, pelaksanaan *Cleaning in place (CIP)*, serta penggunaan bahan pengendali *scaling* harus dilakukan sesuai jadwal dan rekomendasi pabrikan untuk menjaga kinerja FWG tetap optimal.

B. PENELITIAN TERDAHULU

Untuk memperoleh fokus yang lebih jelas terhadap isu penelitian serta menghasilkan temuan yang bermakna, peneliti perlu memetakan posisi penelitian yang sedang dilakukan. Langkah tersebut menuntut adanya telaah terhadap penelitian sebelumnya dengan topik serupa. Atas dasar itu, penulis melakukan kajian literatur terhadap hasil penelitian sebelumnya akan dipaparkan secara lebih rinci seperti Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Nama Penulis dan tahun terbitan	Hasil
1	Performance analysis of *Plate*-Type *Fresh water generator* on Merchant vessel	Rahmat Hidayat & Budi Santoso (2023)	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penurunan kinerja *plate*-type *Fresh water generator* pada kapal niaga akibat terbentuknya *scaling* pada plat *evaporator*. Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan kuantitatif yang melibatkan pengumpulan data temperatur *Jacket Cooling Water*, tekanan *ejector*, tingkat *kevacuuman*, serta kapasitas produksi air tawar selama periode operasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terbentuknya endapan garam pada permukaan plat *evaporator* menyebabkan penurunan koefisien perpindahan panas hingga 18%, yang berdampak langsung pada penurunan produksi air tawar sebesar 15–

			20%. Penelitian ini merekomendasikan pelaksanaan pembersihan kimiawi secara berkala serta pengawasan tekanan pompa *ejector* untuk menjaga kestabilan sistem vacum. Penelitian ini membahas pengaruh penyimpangan tekanan vacum terhadap efisiensi kerja *Fresh water generator* tipe destilasi. Metode yang digunakan adalah studi eksperimental dengan membandingkan kondisi operasi normal (vacum ≥ 90%) dan kondisi vacum menurun (< 85%).Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan vacum sebesar 5% dapat meningkatkan temperatur titik didih air laut hingga 7°C, sehingga evaporasi menjadi tidak efisien. Dampaknya, produksi air tawar mengalami penurunan hingga 22%. Penelitian ini menekankan pentingnya pemeliharaan sistem *brine*/air *ejector* serta pemeriksaan kebocoran pada casing untuk menjaga performa FWG.
2	Effect of *Vacuum*	Andi Pratama	Penelitian ini membahas

	Pressure Deviation on *Fresh water generator* Efficiency	(2022)	pengaruh penyimpangan tekanan *vacum* terhadap efisiensi kerja *Fresh water generator* tipe destilasi. Metode yang digunakan adalah studi eksperimental dengan membandingkan kondisi operasi normal (*vacum* ≥ 90%) dan kondisi *vacum* menurun (< 85%).Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan *vacum* sebesar 5% dapat meningkatkan temperatur titik didih air laut hingga 7°C, sehingga evaporasi menjadi tidak efisien. Dampaknya, produksi air tawar mengalami penurunan hingga 22%. Penelitian ini menekankan pentingnya pemeliharaan sistem *brine*/air *ejector* serta pemeriksaan kebocoran pada casing untuk menjaga performa FWG.
3	*Scaling* Formation and Heat Transfer Reduction in Marine *Evaporator* Systems	Siti Nurhaliza & Muhammad Rizky (2021)	Penelitian ini mengkaji pembentukan kerak (scale) pada sistem *evaporator* kapal dan dampaknya terhadap laju perpindahan panas. Pendekatan yang digunakan adalah analisis laboratorium terhadap sampel kerak yang diambil dari *evaporator* kapal berbahan plat

			titanium. Hasil menunjukkan bahwa komposisi utama kerak terdiri atas $CaCO_3$ dan $MgSO_4$ yang terbentuk akibat peningkatan temperatur dan konsentrasi garam. Ketebalan kerak 1 mm dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas hingga 12%. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan scale inhibitor dan penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) untuk mencegah penurunan kinerja sistem.
4	Analisis ketidakoptimalan operasi *evaporator* sebagai akibat dari penurunan kinerja generator air segar di kapal KMP Shalem.	Lantang (2017)	Berdasarkan pnelitian oleh Lantang (2017) ditujukan untuk menganalisis faktor penyebab penurunan kinerja *Fresh water generator* akibat tidak optimalnya kinerja *evaporator*. Penelitian ini menerapkan metode deskriptif kualitatif, yang mengumpulkan data melalui studi kepustakaan dan observasi langsung di kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerak garam, atau scale, yang terbentuk pada permukaan plat evaporator menghambat proses perpindahan panas dan menyebabkan penurunan

			kinerja FWG. Selain itu, endapan garam tersebut juga menyebabkan penyempitan aliran air laut menuju *evaporator*, sehingga proses penguapan tidak berjalan optimal dan produksi air tawar menjadi berkurang.
5	Analisis Produksi Air Tawar Kapal MT. Bull Kalimantan Menunjukkan Produksi Air Tawar Menurun.	Iswansyah, Sirman, dan Ma'arif (2021)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi bagian yang berkontribusi pada penurunan produksi air tawar generator air tawar segar di kapal MT Bull Kalimantan. Penelitian dilakukan dengan metode observasi lapangan selama periode penelitian dan studi dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gangguan utama pada FWG disebabkan oleh adanya kerak yang menempel pada *evaporator* tipe shell and *Tube*. Kerak tersebut menghambat proses perpindahan panas sehingga kapasitas produksi air tawar turun dari kondisi normal sebagai akibat dari proses penguapan air laut yang tidak berjalan dengan baik.

C. KERANGKA PEMIKIRAN

Dalam penelitian, kerangka pemikiran merupakan dasar untuk berpikir. Ini dibangun berdasarkan fakta-fakta, hasil observasi, dan studi kepustakaan. Kerangka pemikiran digunakan sebagai dasar untuk berpikir. Ini dibangun berdasarkan fakta-fakta, hasil observasi, dan penelitian kepustakaan. Oleh karena itu, seorang peneliti harus membuat kerangka pemikiran sebelum memulai penelitian mereka. Kerangka pemikiran ini membantu para peneliti memilih teori, konsep, dan sumber penelitian.

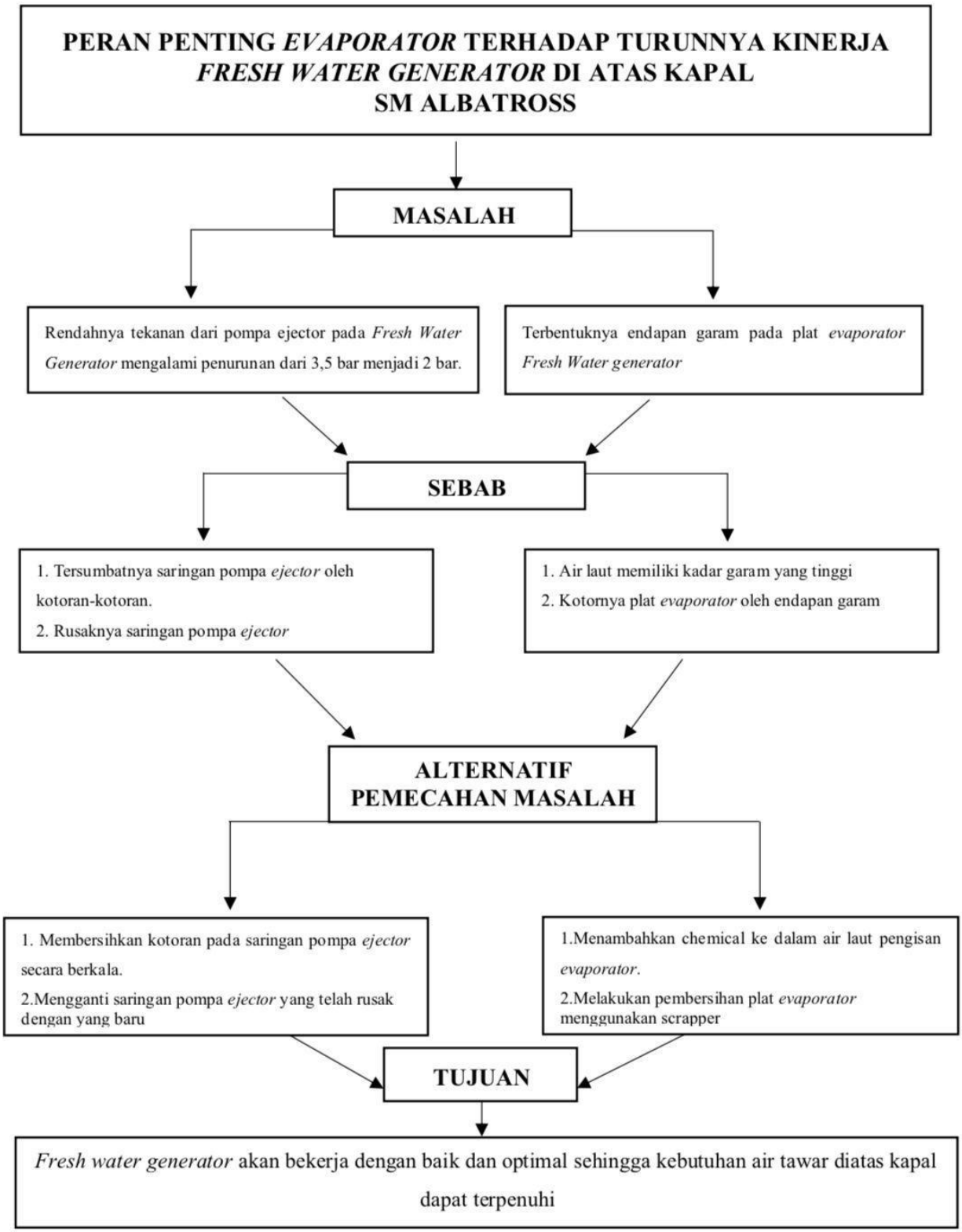
Selain itu, kerangka pemikiran memuat berbagai masalah yang dihadapi penulis, objek masalah yang akan diteliti, serta variabel-variabel yang menjelaskan masalah yang diteliti untuk membantu menjawabnya.Kerangka pemikiran juga berfungsi sebagai tahapan proses di mana penulis berusaha menyelesaikan pokok masalah yang dibahas.

Tujuan penulis menyajikan kerangka pemikiran adalah untuk membantu pembaca memahami topik dan masalah yang diangkat sebagai judul penelitian, yaitu:

"PERAN PENTING *EVAPORATOR* TERHADAP TURUNNYA KINERJA *FRESH WATER GENERATOR* DI ATAS KAPAL SM ALBATROSS."

Adapun upaya yang akan di lakukan untuk menunjang pengoperasian diesel generator yang akan penulis paparkan melalui kerangka pemikiran seperti tabel 2.2.

Gambar 2.10 Kerangka Pemikiran



BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan temuan studi tentang penurunan kinerja *Fresh water generator* di kapal SM Albatross, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Rendahnya tekanan dari pompa *ejector* dari 3,5 bar menjadi 2 bar pada *Fresh water generator*

   Rendahnya tekanan pompa *ejector* dari 3,5 bar menjadi 2 bar disebabkan oleh adanya penyumbatan pada saringan (*strainer*) pompa akibat kotoran yang terbawa oleh air laut. Kondisi ini menyebabkan aliran air laut menuju *ejector* tidak maksimal sehingga tekanan menurun dan *kevacuuman* tidak tercapai. Akibatnya, proses evaporasi terganggu dan produksi air tawar menurun.

   Upaya pemecahan masalah yang dipilih adalah membersihkan kotoran pada saringan pompa *ejector* secara berkala. Alasan pemilihan tindakan ini adalah karena penyumbatan pada saringan merupakan penyebab utama penurunan tekanan, sehingga dengan pembersihan rutin aliran air laut dapat kembali lancar, tekanan pompa meningkat, serta sistem *vacuum* dapat bekerja secara optimal tanpa memerlukan perbaikan yang lebih kompleks.

2. Terbentuknya endapan garam yang terdapat pada plat *evaporator Fresh water generator*

   Terbentuknya endapan garam disebabkan oleh kandungan garam yang tinggi dalam air laut serta kurangnya pelaksanaan perawatan secara rutin. Endapan tersebut menghambat proses perpindahan panas sehingga proses penguapan tidak berjalan maksimal dan produksi air tawar menurun. Upaya pemecahan masalah yang dipilih adalah melakukan pembersihan plat *evaporator* menggunakan *scrapper*. Alasan pemilihan metode ini

adalah karena pembersihan secara mekanis dengan *scrapper* efektif untuk mengangkat kerak atau perpindahan panas yang disebabkan oleh endapan garam yang menempel langsung pada permukaan plat dapat kembali optimal, proses evaporasi meningkat, serta kinerja *Fresh water generator* dapat kembali normal dalam waktu relatif cepat.

B. SARAN

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Saran untuk kru kamar mesin

   Disarankan agar kru kamar mesin selalu melaksanakan perawatan *Fresh water generator* sesuai dengan langkah-langkah yang tercantum pada *instruction manual book*, khususnya dalam menjaga kebersihan saringan pompa *Ejector* dan plat *evaporator*. Pengawasan terhadap parameter operasi seperti tekanan, temperatur, dan *kevacuuman* juga perlu ditingkatkan agar setiap gangguan dapat dideteksi sejak dini sehingga tidak berkembang menjadi kerusakan yang lebih besar.

2. Saran untuk perusahaan (*Management*/*Owner*)

   Perusahaan diharapkan dapat meningkatkan penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) secara konsisten serta menyediakan suku cadang yang memadai untuk mendukung kelancaran perawatan permesinan kapal. Selain itu, perusahaan juga perlu memberikan pelatihan rutin kepada kru mesin agar mereka memahami pengoperasian dan perawatan *Fresh water generator* sehingga kinerja peralatan tetap optimal.

3. Saran untuk peneliti selanjutnya

   Studi lanjutan diharapkan dapat mengembangkan kajian yang lebih mendalam terkait kinerja *Fresh water generator*, baik dari segi efisiensi termal maupun pengaruh parameter operasi lainnya. Selain itu, direkomendasikan untuk menggunakan metode penelitian yang lebih variatif agar hasil yang diperoleh lebih komprehensif dan dapat menjadi referensi yang lebih luas dalam bidang permesinan kapal.

DAFTAR PUSTAKA

Ardiansyah, M. (2011). *Sistem Pengoperasian Fresh water generator di Kapal Niaga.* Surabaya: Politeknik Pelayaran Surabaya.

Alfa Laval. (2016). *Fresh water generator: Principles and Operation*. Sweden:

Alfa Laval. (2018). *Marine Fresh water generator Systems*. Sweden: Alfa Laval Corporate AB.

Alfa Laval. (2019). *Plate Type Evaporator in Marine Applications*. Sweden: Alfa Laval.

Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.

Bureau Veritas. (2022). *Marine Equipment and Systems Certification Guidelines*. Paris: Bureau Veritas.

Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. California: Sage Publications.

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design*. California: Sage Publications.

Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2018). *The SAGE Handbook of Qualitative Research*. California: Sage Publications.

Elsayed, M. (2021). *Fundamentals of Desalination Systems*. Elsevier.

Hidayat, R., & Santoso, B. (2023). Performance analysis of *plate*-type *Fresh water generator on merchant vessel. Jurnal Teknik Perkapalan.*

Iswansyah, Sirman, & Ma'arif. (2021). Analisis menurunnya produksi air tawar *Fresh water generator* di kapal MT. Bull Kalimantan. *Jurnal Maritim*.

Kumar, S., & Sinha, R. (2019). *Vacuum* evaporation system in desalination. Journal of Marine Engineering.

Lamb, T. (2021). *Ship Design and Construction*. New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.

Lantang. (2017). Analisis ketidak optimalnya kerja *evaporator* terhadap menurun nya kinerja Fresh water generator di kapal KMP Shalem. Skripsi.

MAN Energy Solutions. (2020). *Fresh water generator Operation and* Maintenance Manual. Germany: MAN Energy Solutions.

McGeorge, H. D. (2018). *Marine Auxiliary Machinery* (8th ed.). Oxford:

Butterworth-Heinemann.

Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2017). *Qualitative Research: A Guide to Design* and Implementation. San Francisco: Jossey-Bass.

Moleong, L. J. (2018). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

Nazir, M. (2017). *Metode Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia.

Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.

Syahputra, dkk. (2019). Analisis kinerja *Fresh water generator* tipe *plate* pada kapal.

Jurnal Teknik Mesin.

Taylor, D. A. (2020). *Introduction to Marine Engineering*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications*. California: Publications.

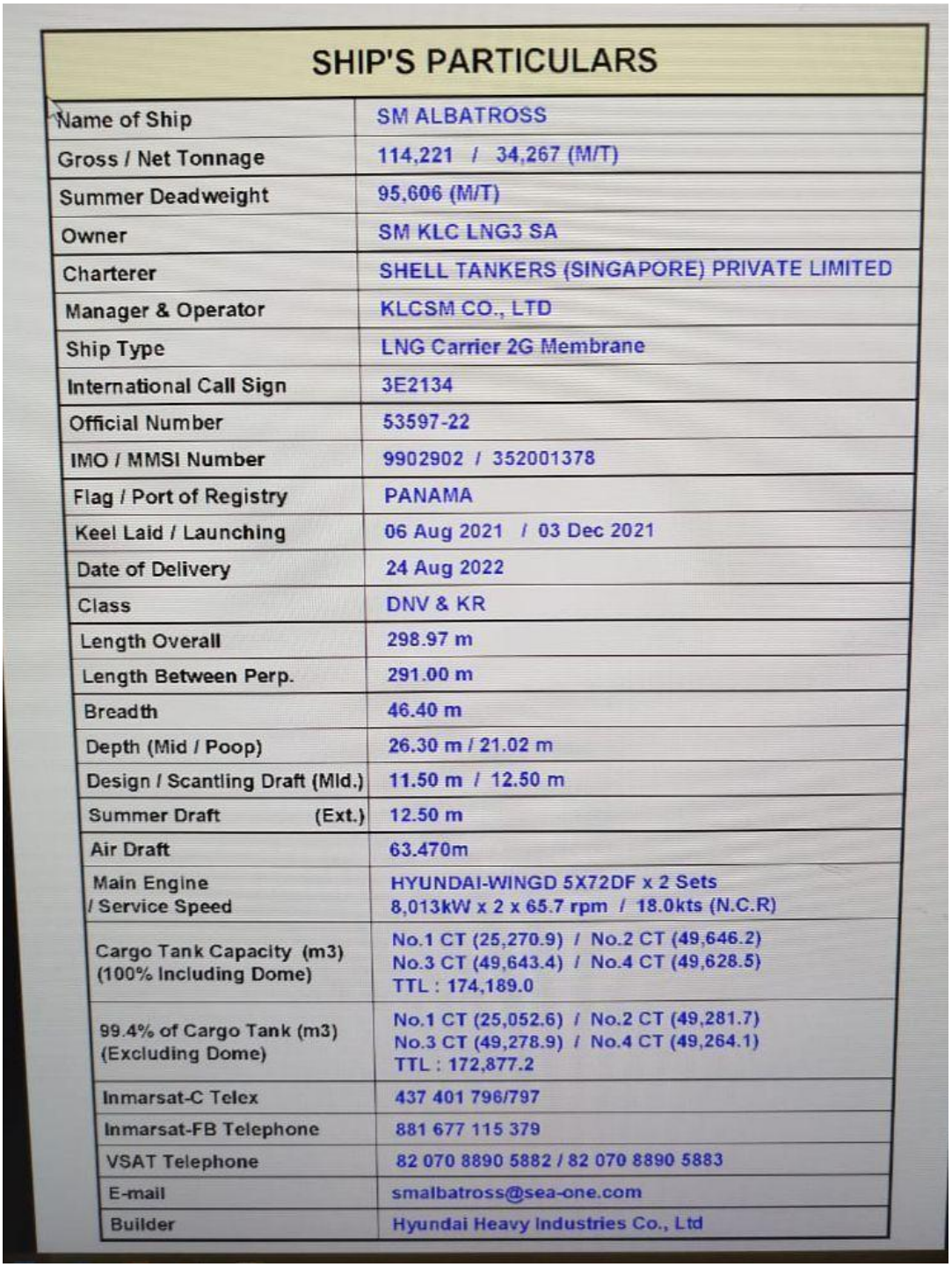
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Crew List Kapal SM ALBATROSS

CREW LIST
(IMO FAL Form 5)

1.1 Name of ship **SM ALBATROSS**					1.2 IMO number **9902902**			1.3 Call sign **3E2134**		1.4 Voyage number **V022B**	
2. Port of ~~arrival~~/departure **SALVADOR,BRAZIL**					3. Date of ~~arrival~~/departure **30/10/2024**			4. Flag State of ship **PANAMA**		5. Next port of call **SABINE PASS, USA**	
6. No.	7. Family name	8. Given names	9. Rank or rating	10. Nationality	11. Date of birth	12. Place of birth	13. Gender	14. Nature of identity document	15. Number of identity document	16. Issuing State of identity document	17. Expiry date of identity document
1	KO	HYUNG TAK	Master	S. Korea	20/02/1976	JEJU	Male	Passport	M33909637	S. Korea	21/04/2030
2	KIM	JAEHYUNG	C/O	S. Korea	16/09/1989	HWASEONG	Male	Passport	M39955685	S. Korea	01/08/2028
3	JEUNG	VISION	C/O	S. Korea	24/01/1995	NAMYANJU	Male	Passport	M491F1090	S. Korea	13/01/2033
4	FADLI	MOCHAMMAD	1/O	Indonesia	18/11/1994	JAKARTA	Male	Passport	X1930873	Indonesia	31/01/2033
5	PUTRA	ADITYA RAKHMAT	2/O (A)	Indonesia	22/05/1987	BOGOR	Male	Passport	X1144873	Indonesia	07/03/2027
6	MULYANA	NASDI	2/O (B)	Indonesia	15/03/1988	BEKASI	Male	Passport	E4107934	Indonesia	11/07/2033
7	WISNU	CHAYSZAR	3/O	Indonesia	01/12/1990	BEKASI	Male	Passport	X2608610	Indonesia	02/01/2034
8	KIM	JAEHYUN	C/E	S. Korea	27/09/1989	DAEGU	Male	Passport	M19911306	S. Korea	10/05/2028
9	KANG	KIWOON	1/E	S. Korea	24/08/1990	GWANGJU	Male	Passport	M24833672	S. Korea	14/03/2028
10	SYAH	THORIQ NUR AZMI JIHAN	G/E	Indonesia	27/07/1991	MAGELANG	Male	Passport	C6862695	Indonesia	22/01/2026
11	HUR	JEEHOON	2/E (A)	S. Korea	11/04/1998	DAEGU	Male	Passport	M241N1125	S. Korea	13/01/2027
12	AGENIA	AFFAN	2/E (B)	Indonesia	16/03/1989	JAKARTA	Male	Passport	X2072312	Indonesia	27/04/2033
13	WASKITA	ARFAN SATYA	3/E	Indonesia	25/10/1994	JAKARTA	Male	Passport	E1172108	Indonesia	10/11/2032
14		RACHMAT	Bosun	Indonesia	25/07/1973	SUKABUMI	Male	Passport	C6789310	Indonesia	18/06/2025
15	SAPUTRA	ARI	AB	Indonesia	23/08/1987	JAKARTA	Male	Passport	E2512921	Indonesia	21/02/2033
16	SETIAJI	MUHAMMAD RIFAI EKO	AB	Indonesia	23/07/1987	JAKARTA	Male	Passport	C8675815	Indonesia	16/03/2027
17	SUHANDA	TAUFIK	AB	Indonesia	28/07/1990	BELAWAN	Male	Passport	C8512459	Indonesia	31/03/2027
18	HUTAPEA	AMIR HASIB	AB	Indonesia	30/03/1971	SORKAM KIRI	Male	Passport	C7160819	Indonesia	25/08/2026
19	AZHARY	ARDHIAL	OS	Indonesia	10/11/1990	TIKU	Male	Passport	X2552441	Indonesia	28/03/2027
20		HARTOPO	No.1 OLR	Indonesia	14/01/1983	TEGAL	Male	Passport	C6840731	Indonesia	06/08/2025
21	TRAY	URAI ALICE	OLR	Indonesia	11/03/1984	PALEMBANG	Male	Passport	E4198086	Indonesia	28/07/2033
22	ZAMRONI	ANDIK	OLR	Indonesia	21/12/1995	MADIUN	Male	Passport	E7944751	Indonesia	09/07/2034
23		NASIKUN	OLR	Indonesia	24/04/1982	BANYUMAS	Male	Passport	E6310074	Indonesia	29/12/2033
24	SAFI	ABDUS	C/Cook	Indonesia	07/12/1974	BANGKALAN	Male	Passport	E3111634	Indonesia	11/07/2033
25	REDA	ACHAMAD	Cook	Indonesia	14/12/1974	JAKARTA	Male	Passport	C9659145	Indonesia	23/06/2027
26		ROBET	MM	Indonesia	15/07/2003	SAMPANG	Male	Passport	E2082630	Indonesia	17/02/2033
27	IZZAR	SOHIBUL	DC	Indonesia	10/07/2004	SAMPANG	Male	Passport	E6792138	Indonesia	05/02/2034
28	HIDAYAT	MUHAMMAD ALFARIZI	EC	Indonesia	16/06/2003	CIAMIS	Male	Passport	E5596808	Indonesia	23/02/2034
18. Date and signature by master, authorized agent or officer					**30/10/2024**			Signature:			

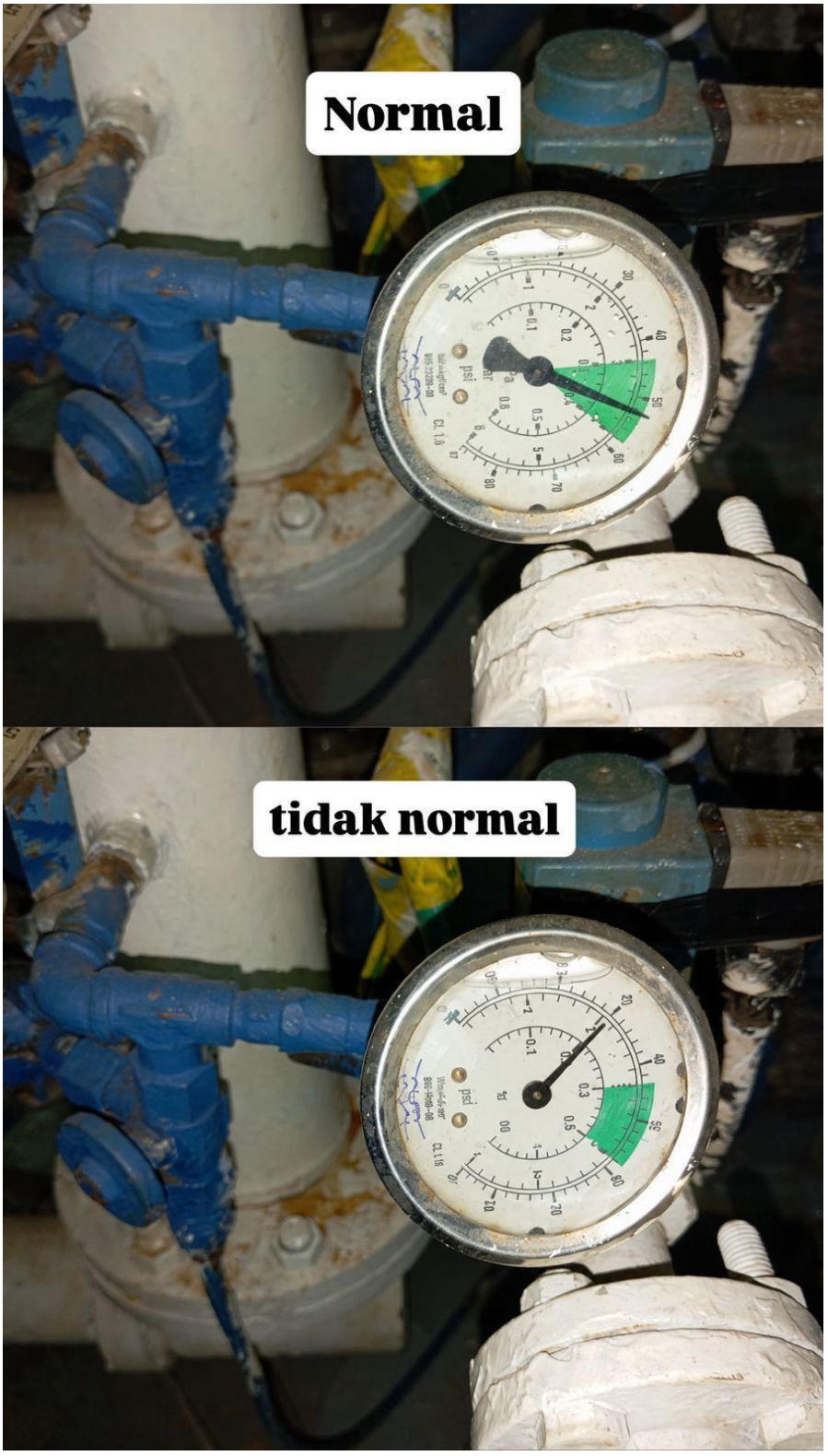
Lampiran 2 *Ship Particular*



SHIP'S PARTICULARS	
Name of Ship	SM ALBATROSS
Gross / Net Tonnage	114,221 / 34,267 (M/T)
Summer Deadweight	95,606 (M/T)
Owner	SM KLC LNG3 SA
Charterer	SHELL TANKERS (SINGAPORE) PRIVATE LIMITED
Manager & Operator	KLCSM CO., LTD
Ship Type	LNG Carrier 2G Membrane
International Call Sign	3E2134
Official Number	53597-22
IMO / MMSI Number	9902902 / 352001378
Flag / Port of Registry	PANAMA
Keel Laid / Launching	06 Aug 2021 / 03 Dec 2021
Date of Delivery	24 Aug 2022
Class	DNV & KR
Length Overall	298.97 m
Length Between Perp.	291.00 m
Breadth	46.40 m
Depth (Mid / Poop)	26.30 m / 21.02 m
Design / Scantling Draft (Mid.)	11.50 m / 12.50 m
Summer Draft (Ext.)	12.50 m
Air Draft	63.470m
Main Engine / Service Speed	HYUNDAI-WINGD 5X72DF x 2 Sets 8,013kW x 2 x 65.7 rpm / 18.0kts (N.C.R)
Cargo Tank Capacity (m3) (100% Including Dome)	No.1 CT (25,270.9) / No.2 CT (49,646.2) No.3 CT (49,643.4) / No.4 CT (49,628.5) TTL : 174,189.0
99.4% of Cargo Tank (m3) (Excluding Dome)	No.1 CT (25,052.6) / No.2 CT (49,281.7) No.3 CT (49,278.9) / No.4 CT (49,264.1) TTL : 172,877.2
Inmarsat-C Telex	437 401 796/797
Inmarsat-FB Telephone	881 677 115 379
VSAT Telephone	82 070 8890 5882 / 82 070 8890 5883
E-mail	smalbatross@sea-one.com
Builder	Hyundai Heavy Industries Co., Ltd

Lampiran 3 *Plate Fresh water generator*

Lampiran 4 *Pressure Gauge*



Lampiran 5 FWG SM ALBATROSS

Lampiran 6 Salinity Normal

Lampiran 7 Salinity Alarm

Lampiran 8 Kapal SM Albatross

Lampiran 9 Indonesia Engine crew kapal SM ALBATROSS

Lampiran 10 Wawancara

1. Daftar Responden

Third Engineer

2. Hasil Wawancara

Wawancara ini penulis lakukan dengan Masinis Tiga di kapal SM Albatross saat menjalani praktik laut. Berikut data responden dan hasil wawancaranya:

Responden

Nama : Arfan Satya Waskita

Jabatan : Third Engineer

Berikut percakapan wawancara yang dilakukan:

E/C:

"Selamat sore bas. Maaf ganggu waktunya ya. Saya mau tanya soal penurunan produksi air tawar. Kira-kira ini ada hubungannya nggak sama perubahan salinitas air laut, Terus juga soal kerak yang numpuk di *evaporator* sama condenser."

3/E:

"Iya, itu ada pengaruhnya. Perubahan salinitas memang cukup ngaruh. Kalau salinitasnya tinggi, kandungan mineral seperti kalsium dan magnesium jadi lebih banyak. Itu yang bikin kerak lebih cepat terbentuk di *plate* titanium FWG tipe *plate* kita. Akibatnya, perpindahan panas jadi kurang maksimal, bahkan bisa turun sampai sekitar 50%, jadi produksi air tawarnya ikut turun."

E/C:

"Berarti bisa dibilang penurunannya itu karena *scaling* akibat perubahan salinitas air laut ya, bas?"

3/E:

"Iya, betul."

E/C:

"Kalau untuk kerak di *evaporator* sama condenser, penyebab utamanya apa bas?"

3/E:

"Biasanya dari kualitas air laut itu sendiri. Kalau kandungan kalsium, magnesium, sama garamnya tinggi, ditambah ada mikroorganisme, nanti waktu dipanaskan zat-zat itu bakal mengendap dan jadi kerak. Apalagi kalau setelah FWG berhenti masih ada sisa air laut yang nggak langsung dibersihin, lama-lama bisa jadi residu dan mengeras."

E/C:

"Oh, jadi kerak itu bisa ganggu aliran dan bikin produksi air tawar turun ya bas?"

3/E:

"Betul banget. Kerak yang nempel di dinding heat exchanger itu kayak isolator, jadi panasnya nggak bisa pindah dengan baik. Akibatnya proses penguapan sama kondensasi jadi kurang optimal. Makanya harus rutin dibersihin, baik pakai chemical cleaning atau mechanical cleaning, biar performanya tetap bagus dan produksi air tawar bisa normal lagi."

E/C:

"Oke, makasih banyak ya bas, penjelasannya. Kalau nanti saya mau tanya lagi, boleh ya?"

3/E:

"Iya, santai aja, tanya kapan pun boleh."

Perpustakaan STIP Jakarta

Turnitin_PERAN PENTING EVAPORATOR TERHADAP TURUNNYA KINERJA FRESH WATER GENERATOR DI ATAS KA...

Kamis

Document Details

Submission ID
trn:oid:::3618:142246754

Submission Date
Jun 9, 2026, 11:51 AM GMT+7

Download Date
Jun 9, 2026, 11:55 AM GMT+7

File Name
PERAN PENTING EVAPORATOR TERHADAP TURUNNYA KINERJA FRESH WATER GENERATOR DI ATA....pdf

File Size
1.2 MB

51 Pages

10,777 Words

69,630 Characters

turnitin Page 1 of 59 - Cover Page Submission ID trn:oid:::3618:142246754

16% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Small Matches (less than 8 words)

Top Sources

12% Internet sources
3% Publications
13% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.