

## Analisa Faktor Penyebab Kerusakan Ejector Pump Fresh Water Generator di Kapal MT. Immanuel X

Sunarto<sup>1)</sup>, Alberto<sup>2)</sup>, Agustina Setyaningsih<sup>3)</sup>

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar

Program Studi Teknika

Jln. Tentara Pelajar No. 173 Makassar, Kode Pos. 90172

\*Email: [ogenksunarto@gmail.com](mailto:ogenksunarto@gmail.com), [aleberto703@gmail.com](mailto:aleberto703@gmail.com),  
[agustina.s@pipmakassar.ac.id](mailto:agustina.s@pipmakassar.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja pompa *ejector* dalam sistem penghasil air tawar di kapal, serta mengidentifikasi dampak dari perawatan yang tidak optimal terhadap efisiensi sistem tersebut. Air laut diubah menjadi tekanan tinggi melalui proses vakum, di mana pompa *ejector* berfungsi untuk mengurangi tekanan atmosfer di ruang vakum pada sistem jet air tawar. Generator air dalam ruang vakum menyemprotkan campuran air asin dan udara guna menciptakan tekanan tinggi, yang selanjutnya digunakan untuk mengalirkan air laut ke dalam pompa bersama air buangan (*brine*) dan endapan garam. Praktik laut (*Prala*) dilakukan selama satu tahun sepuluh hari di atas kapal *IMMANUEL X* milik PT. Vektor Maritime. Data diperoleh melalui observasi langsung di lapangan serta studi literatur, termasuk buku manual dan dokumen teknis terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kurangnya perawatan terhadap pompa *ejector* dan sistem pendingin menyebabkan penurunan kinerja kompresor, kerusakan pada komponen pompa, dan efisiensi kerja pompa *ejector* yang rendah. Temuan ini menegaskan pentingnya pemeliharaan rutin untuk menjaga performa optimal sistem penghasil air tawar di kapal.

**Kata Kunci:** *Ejector pump, evaporator, kondensor.*

### 1. PENDAHULUAN

Peningkatan di sektor maritim, membawa dampak signifikan terhadap transportasi. Untuk bersaing di pasar tenaga kerja global, kita harus memanfaatkan keterampilan domestik dan internasional. Sampan dan perahu kecil, sebagai contoh kapal, digunakan untuk mengangkut kargo melalui sungai atau laut. Kapal yang lebih besar biasanya dapat membawa kapal kecil lainnya, meskipun tidak dirancang untuk itu. Ukuran kapal ditentukan oleh peraturan setempat, hukum, dan kebiasaan.

Pompa ejektor, atau jet pump, adalah perangkat yang mengandalkan energi dari fluida lain untuk menghasilkan aliran fluida. Banyak digunakan di berbagai sektor industri, prinsip kerja pompa ejektor cukup sederhana, namun sangat efektif. Efek Venturi, prinsip dasar dinamika fluida, menjelaskan bagaimana kecepatan fluida meningkat dan tekanan menurun saat mengalir melalui celah sempit. Komponen utama pompa ejektor meliputi nozzle, throat, diffuser, dan suction inlet, yang bekerja untuk meningkatkan laju aliran fluida yang dipasok.

Pompa ejektor mengandalkan tekanan dan kecepatan fluida awal untuk memperbesar laju aliran fluida yang dikendalikan. Pompa ini bergantung pada sifat fluida yang digunakan dan memiliki efisiensi yang rendah, meskipun tidak memerlukan sumber daya eksternal. Pompa ejektor sering digunakan dalam pengolahan air, sistem irigasi, proses kimia, dan sistem generator air tawar di kapal, serta di berbagai industri lainnya.

Penelitian ini berfokus pada pompa ejektor yang digunakan pada kapal MT IMMANUEL X, khususnya terkait dengan kerusakan yang terjadi pada sistem fresh water generator akibat penyumbatan pada pompa ejektor. Penulis ingin mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan tersebut dan memahami bagaimana dampaknya terhadap produksi air tawar di kapal. Hal ini menjadi penting untuk memastikan kelancaran operasional kapal yang bergantung pada pompa ejektor.

Masalah utama yang dihadapi adalah kerusakan pada pompa ejektor yang disebabkan oleh penyumbatan pada pompa fresh water generator. Pertanyaan yang ada pada penelitian ini yaitu faktor apa yang menyebabkan kerusakan pada pompa ejektor tersebut di atas kapal MT IMMANUEL X. Penelitian ini akan mengidentifikasi dan menganalisis penyebab utama dari masalah yang terjadi, dengan tujuan untuk memberikan solusi yang efektif.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan penyebab kinerja buruk pompa ejektor pada fresh water generator dan menemukan cara mencegah serta mengatasi penyumbatan yang terjadi. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat teoritis dengan memperluas pemahaman tentang kinerja pompa ejektor serta manfaat praktis bagi individu yang bekerja di kapal, terutama dalam menangani masalah terkait dengan produksi air tawar yang terganggu.

## **2. KAJIAN PUSTAKA**

### **a. *Fresh Water Generator (FWG)***

Fresh Water Generator (FWG) ialah perangkat khusus untuk di kapal yang menghasilkan air tawar dari air laut melalui proses destilasi. Prinsip kerjanya melibatkan penguapan air laut pada tekanan rendah sehingga meminimalkan suhu penguapan. FWG sangat penting untuk keperluan domestik maupun operasional.

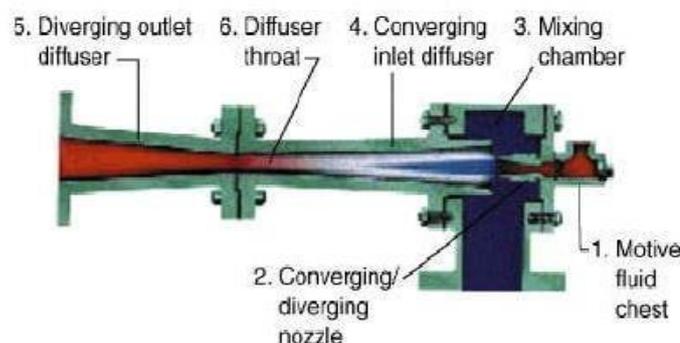
FWG bekerja berdasarkan prinsip termal di mana panas dari mesin utama atau sumber lain digunakan untuk menguapkan air laut. Uap yang dihasilkan kemudian dikondensasikan kembali menjadi air tawar melalui pendinginan. Dalam proses ini, *Ejector pump* memiliki peran penting untuk menciptakan kondisi vakum yang diperlukan dalam sistem.

## b. *Ejector Pump*

Pengertian *Ejector pump* merupakan jenis pompa yang menggunakan prinsip jet fluida untuk mengangkut atau memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain. Pompa ini memanfaatkan perbedaan tekanan yang dihasilkan oleh aliran fluida berkecepatan tinggi, seperti uap atau air, untuk menciptakan kondisi vakum. *Ejector pump* tidak memiliki bagian yang bergerak, sehingga sering dianggap lebih tahan terhadap keausan dibandingkan jenis pompa lain.

Dalam konteks FWG, *Ejector pump* berfungsi untuk menciptakan vakum dalam ruang evaporator sehingga proses penguapan air laut dapat terjadi pada suhu rendah. Hal ini memungkinkan efisiensi yang lebih tinggi dalam proses produksi air tawar.

Gambar 1 *Ejector Component Parts*



## c. Fungsi *Ejector pump*

*Ejector pump* memiliki berbagai fungsi penting dalam operasional kapal, khususnya pada FWG, antara lain:

- 1) **Menciptakan Vakum:** *Ejector pump* digunakan untuk menciptakan kondisi vakum dalam sistem evaporator FWG. Vakum ini memungkinkan air laut mendidih pada suhu yang lebih rendah, menghemat energi.
- 2) **Mengalirkan Cairan:** Selain menciptakan vakum, *Ejector pump* juga digunakan untuk mengalirkan air dari sistem ke sistem dalam sistem FWG.
- 3) **Pembuangan Udara:** *Ejector pump* membantu mengeluarkan udara dan gas-gas terlarut dari sistem FWG, yang dapat mengganggu proses destilasi.

Fungsi ini membuat *Ejector pump* menjadi salah satu komponen penting dalam memastikan FWG beroperasi secara efisien dan andal [7].

#### d. Jenis-Jenis *Ejector pump*

*Ejector pump* dapat diklasifikasikan berdasarkan fluida kerja yang digunakan, antara lain:

- 1) Steam Jet Ejector: Menggunakan uap sebagai fluida kerja untuk menciptakan vakum. Jenis ini umum digunakan dalam FWG yang memanfaatkan panas dari mesin utama.
- 2) Liquid Jet Ejector: Menggunakan cairan seperti air untuk menciptakan aliran jet. Jenis ini cocok untuk sistem dengan kebutuhan vakum rendah.
- 3) Air Jet Ejector: Menggunakan udara sebagai fluida kerja. Biasanya digunakan dalam sistem kecil atau aplikasi khusus.

Setiap jenis *Ejector pump* memiliki keunggulan dan kelemahan tergantung pada kebutuhan operasional dan kondisi sistem di kapal.

#### e. Komponen-Komponen *Ejector pump*

*Ejector pump* terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain:

- 1) Nozzle: Bagian yang mengubah fluida kerja menjadi aliran jet berkecepatan tinggi. Nozzle adalah komponen kunci dalam menciptakan perbedaan tekanan.
- 2) Mixing Chamber: Tempat di mana fluida kerja bercampur dengan cairan yang akan dipindahkan. Proses pencampuran ini menciptakan vakum.
- 3) Diffuser: Komponen yang memperlambat aliran fluida setelah melewati mixing chamber, meningkatkan tekanan pada keluaran.
- 4) Body: Struktur utama yang menahan semua komponen *Ejector pump* dan memastikan aliran fluida tetap stabil.
- 5) Suction Port: Saluran masuk untuk cairan yang akan dipindahkan.
- 6) Discharge Port: Saluran keluar untuk fluida campuran setelah proses ejector selesai.

Komponen-komponen ini bekerja secara sinergis untuk memastikan *Ejector pump* berfungsi dengan optimal dalam menciptakan vakum dan memindahkan cairan dalam sistem FWG di kapal.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada saat pelatihan praktik di atas kapal, memberikan kesempatan untuk mengamati langsung sistem yang menjadi objek penelitian, khususnya sistem fresh water generator dan prosedur pemeliharannya. Metode observasi langsung digunakan dalam penelitian ini, studi pustaka (library research), dan wawancara dengan pemangku kepentingan kapal untuk mendapatkan informasi yang lebih mendalam. Data yang dikumpulkan bersifat kualitatif dan diperoleh dari berbagai

sumber, seperti observasi langsung, percakapan lisan, dokumen terkait, serta buku referensi dan jurnal ilmiah sebagai data sekunder.

Untuk analisis data, peneliti menggunakan metode deskriptif untuk menggambarkan fenomena yang terjadi di kapal dan menyusun solusi atas permasalahan yang ada. Studi dokumentasi, wawancara, dan observasi adalah beberapa metode yang digunakan untuk mengumpulkan data. Masalah potensial ditemukan melalui observasi, informasi mendalam dikumpulkan melalui wawancara, dan landasan teoretis untuk analisis diperoleh melalui studi dokumentasi.

#### 4. HASIL PENELITIAN

##### a. Data Penelitian

##### 1. Data kondisi mesin normal

Tabel 1. Hasil produksi air tawar dalam keadaan mesin normal

Jam	Shell (°C)	Vacuum shell (mmHg)	F. W (°C)		S. W (°C)		Salinity (ppm)	Flowmeter
			In	Out	In	Out		
16:00	51	-88	79	87	24	36	6	1103,9
24:00	52	-89	78	87	24	36	7	1113,9
08:00	50	-89	79	89	24	36	6	1123,9

##### 2. Data Kondisi Mesin Abnormal

Tabel 2. Hasil produksi air tawar dalam keadaan mesin abnormal

Jam	Shell (°C)	Vacuum shell (mmHg)	F. W (°C)		S. W (°C)		Salinity (ppm)	Flowmeter
			In	Out	In	Out		
16:00	49	-86	78	86	23	35	10	1131,9
24:00	50	-86	77	86	22	35	10	1137,4
08:00	49	-85	78	88	23	34	9	1142,4

##### 3. Kondisi Mesin Setelah Perbaikan

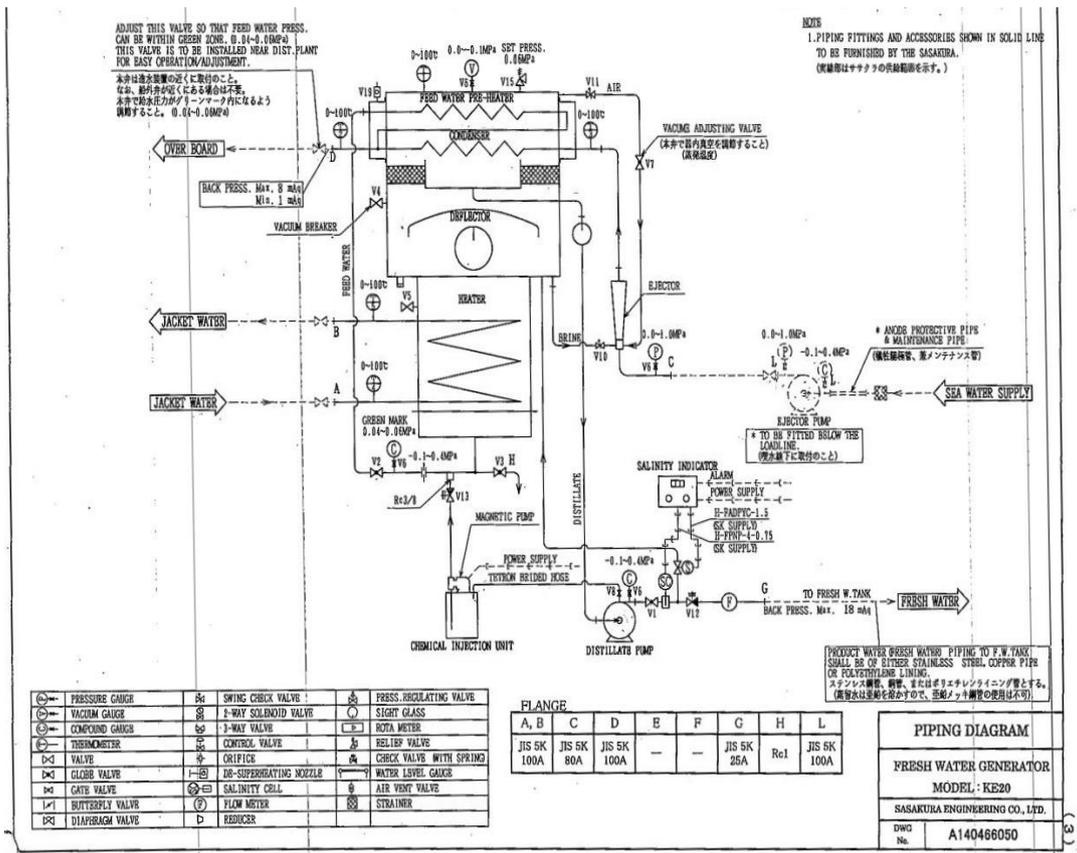
Tabel 3. kondisi mesin setelah perbaikan

Jam	Shell (°C)	Vacuum shell (mmHg)	F. W (°C)		S. W (°C)		Salinity (ppm)	Flowmeter
			In	Out	In	Out		
16:00	51	-87	78	84	24	34	6	1149,9
24:00	51	-87	78	84	24	34	7	1161,4
08:00	52	-87	78	84	24	34	7	1171,6

Tabel ini memperlihatkan perubahan signifikan pada data produksi air tawar dalam tiga kondisi: normal, abnormal, dan setelah perbaikan, yang mencerminkan pengaruh kerusakan dan perbaikan pada kinerja mesin.

b. Analisis Data Penelitian

Gambar 2 Diagram piping FWG



Berdasarkan observasi yang dilakukan oleh peneliti dan petugas selama operasi pada kapal *IMMANUEL X*, terdapat sejumlah faktor utama yang dapat menyebabkan kerusakan pada pompa air laut. Faktor-faktor tersebut meliputi keausan, kontaminasi, overload, dan pemeliharaan yang buruk. Berikut beberapa penjelasan beserta rekomendasi untuk meminimalkan kerusakan.

1) Keausan

Keausan merupakan salah satu penyebab kerusakan paling umum pada pompa air laut. Operasi pompa ejektor dalam lingkungan yang keras

menyebabkan perubahan pada komponen, seperti korosi dan hilangnya toleransi antarbagian. Hal ini dapat menurunkan kinerja pompa dan meningkatkan risiko kerusakan. Jenis-jenis keausan meliputi:

a) Keausan karena Korosi

Korosi yang di sebabkan oleh aliran air yang bergesekan dipompa dengan material pompa. Baik bagian dalam maupun luar pompa berisiko mengalami korosi tergantung pada bahan konstruksi dan kondisi operasional. Korosi ini dapat merusak struktur dinding pompa dan mengancam kekokohan pompa secara keseluruhan.

b) Keausan Abrasif

Partikel padat dalam fluida sering kali menyebabkan gesekan dan pengikisan pada permukaan dalam pompa. Partikel ini dapat berasal dari kontaminasi luar atau sifat alami fluida itu sendiri. Gesekan berulang mengubah geometri komponen penting pompa dan mempercepat kerusakan.

c) Keausan Kavitas

Kavitasi terjadi ketika gelembung uap terbentuk akibat tekanan air yang sedang berada pada ambang normalnya. Gelembung-gelembung ini dapat pecah dengan kekuatan tinggi, merusak permukaan dalam pompa di area tekanan rendah, seperti sekitar bilah impeller.

d) Keausan Erosi

Keausan ini terjadi akibat fluida berkecepatan tinggi yang membawa partikel padat menghantam permukaan dalam pompa. Area yang memiliki sudut tajam atau perubahan aliran mendadak biasanya paling rentan terhadap erosi.

e) Keausan Termal

Perubahan suhu yang besar atau operasi pada suhu tinggi dapat menyebabkan deformasi termal pada komponen pompa. Keausan jenis ini sering kali mempersingkat umur pompa dan merusak segel atau O-ring.

Untuk meminimalkan keausan, perlu dipilih bahan konstruksi pompa yang tahan terhadap korosi dan keausan. Pemeliharaan berkala dan inspeksi juga penting untuk mendeteksi potensi masalah sebelum terjadi kerusakan yang lebih besar.

2) Kontaminasi

Kontaminasi pada fluida yang dipompa merupakan faktor lain yang dapat merusak pompa ejektor. Partikel padat, cairan tidak diinginkan, gas, bakteri, atau

bahan kimia yang masuk ke dalam sistem dapat menurunkan efisiensi dan menyebabkan kerusakan internal. Jenis-jenis kontaminasi meliputi:

a) Kontaminasi Padat

Partikel seperti kotoran, kerak, atau material asing lainnya dapat menyumbat saluran pompa, merusak komponen internal, atau mengganggu aliran fluida.

b) Kontaminasi Cair

Cairan yang tidak sesuai, seperti air laut bercampur minyak atau bahan kimia, dapat menyebabkan reaksi kimia yang merusak material pompa dan menurunkan efisiensi sistem.

c) Kontaminasi Gas

Gas seperti udara atau gas lain yang masuk ke dalam sistem dapat menyebabkan korosi, menurunkan tekanan, dan mengurangi efisiensi pompa.

d) Kontaminasi Bakteri dan Mikroba

Lingkungan lembab dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme yang merusak komponen sistem dan berpotensi menimbulkan masalah kesehatan.

e) Kontaminasi Kimia

Bahan kimia tertentu yang masuk ke sistem dapat menyebabkan reaksi yang merusak material pompa, meningkatkan risiko korosi, dan mempercepat keausan.

Penggunaan filter atau saringan berkualitas tinggi dapat mengurangi risiko kontaminasi. Selain itu, inspeksi rutin dan pembersihan sistem sangat diperlukan untuk menjaga kebersihan dan keandalan operasi pompa ejektor.

3) Overload

Beban yang melebihi kapasitas desain pompa dapat menyebabkan kerusakan serius pada bagian internal, seperti impeller, segel, atau motor. Jenis-jenis overload yang sering terjadi adalah:

a) Beban Listrik Berlebih

Jika daya yang disuplai ke motor pompa melampaui kapasitasnya, motor bisa mengalami panas berlebih, kerusakan, atau bahkan kebakaran.

b) Beban Tekanan Berlebih

Tekanan yang melebihi batas desain dapat menyebabkan kebocoran, kerusakan impeller, atau bahkan kegagalan total pompa.

c) Beban Aliran Berlebih

Laju aliran yang terlalu tinggi membuat pompa bekerja lebih keras, sehingga komponen internal cepat aus dan kehilangan efisiensi.

d) Beban Suhu Berlebih

Fluida bersuhu tinggi atau lingkungan dengan suhu ekstrem dapat merusak segel, mempercepat keausan, dan memperpendek umur pompa.

e) Beban Kimia Berlebih

Penggunaan bahan kimia yang tidak kompatibel dengan material pompa dapat menyebabkan korosi dan kerusakan pada komponen.

Untuk mencegah overload, penting untuk mengoperasikan pompa sesuai spesifikasi yang telah ditentukan oleh pabrikan. Pengaturan suhu, tekanan, dan aliran harus selalu dikontrol agar tetap dalam batas aman.

4) Pemeliharaan yang Buruk

Pemeliharaan yang tidak memadai adalah salah satu penyebab utama kerusakan pompa ejektor. Berikut adalah beberapa kesalahan umum dalam pemeliharaan:

a) Tidak Melakukan Inspeksi Rutin

Tanpa inspeksi rutin, kerusakan kecil pada komponen pompa mungkin tidak terdeteksi hingga menjadi masalah besar.

b) Pembersihan yang Tidak Tepat

Penumpukan kotoran atau kerak dapat menghambat aliran fluida dan menurunkan kinerja pompa. Pembersihan yang salah bahkan dapat merusak komponen.

c) Mengabaikan Penggantian Komponen

Komponen yang aus atau rusak perlu diganti tepat waktu untuk mencegah kerusakan lebih lanjut pada sistem.

d) Pengaturan Suhu dan Tekanan yang Salah

Pengoperasian di luar batas suhu dan tekanan yang disarankan dapat menyebabkan kerusakan serius pada pompa.

e) Pelumasan yang Tidak Memadai

Kurangnya pelumasan menyebabkan gesekan berlebih dan keausan pada komponen. Pelumas yang digunakan juga harus sesuai dengan rekomendasi pabrikan.

f) Mengabaikan Pemeliharaan Preventif

Pemeliharaan preventif, seperti mengganti filter dan memeriksa kebocoran, sangat penting untuk menjaga sistem tetap berjalan optimal.

Untuk meningkatkan keandalan pompa, diperlukan program pemeliharaan yang terstruktur. Jadwal inspeksi, pelumasan, dan pembersihan harus dibuat dan dipatuhi. Penggunaan manual pabrikan sebagai panduan pemeliharaan juga sangat dianjurkan.

## **5. PENUTUP**

### **A. Kesimpulan**

Penelitian dan diskusi ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Penyebab utama masalah pada pompa ejector FWG dapat mencakup kebocoran sistem, kerusakan pada komponen penting, dan kurangnya pemeliharaan rutin. Untuk memastikan kinerja optimal, masalah yang dapat mengganggu fungsi vakum pompa ejector FWG harus ditangani melalui tindakan pencegahan dan pemeliharaan rutin.
- b. Penyebab utama dari kurangnya vakum pada pompa ejector FWG dapat diidentifikasi sebagai berikut: pemeliharaan preventif yang cepat dan tindakan perbaikan sangat penting untuk menjaga kinerja sistem tetap optimal, mencegah waktu henti, dan mengurangi biaya perbaikan.

### **B. Saran**

Berdasarkan temuan-temuan yang telah disebutkan, beberapa rekomendasi dapat diberikan sebagai berikut:

- a. Peningkatan Pemantauan Operasional: Untuk mencegah kerusakan akibat kondisi yang tidak sesuai dengan spesifikasi desain, sangat penting untuk memantau lebih teliti parameter operasional seperti tekanan, suhu, dan beban pompa.
- b. Pelaksanaan Pemeliharaan Preventif yang Terjadwal: Untuk memperpanjang umur pompa dan mengurangi kemungkinan kerusakan, pemeliharaan rutin harus dilakukan, termasuk inspeksi dan pelumasan komponen penting seperti bantalan, segel, dan impeller.
- c. Pelatihan Operator yang Lebih Mendalam: Agar operator dapat mengambil tindakan korektif tepat waktu, mereka harus menerima pelatihan yang lebih mendalam mengenai cara mengoperasikan dan memelihara pompa ejector serta cara mendeteksi kerusakan sejak dini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daryanto, D. (2023). Strategi Pengurangan Risiko Kegagalan Fungsi Mesin Fresh Water Generator.
- [2] Habli, M. H., Siregar, P. I., & Ginting, A. T. (2021). Studi Tekanan Pompa Ejector serta Proses Evaporasi dan Kondensasi pada Fresh Water Generator untuk Optimalisasi Produksi Air Tawar di Kapal. Paramesti. Diakses dari: <http://ejournal.www.stipjakarta.dephub.go.id/>
- [3] Sularno, H., M.H., M.Mar.E., & Suparwo, Y., Sp.1. (2016).
- [4] Londong, M. (2019). Analisis Faktor Penyebab Penurunan Produksi Air Tawar pada Fresh Water Generator di Kapal MV Ruby Indah.
- [5] Arsyil, M. A. (2023). Kajian Penurunan Kinerja Fresh Water Generator (FWG) pada Kapal MV Andhika Khaniska. Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
- [6] Putranto, W. A., Khaeroman, & Hamid, A. (2022). Dampak Variasi Tekanan Aliran Utama dan Diameter Nozzle Keluaran terhadap Aliran Sekunder pada Kinerja Ejector Fresh Water Generator. Pengaruh Variasi Tekanan.
- [7] Verando Versenius, S. (2019). Analisis Keretakan Poros pada Pompa Ejector di Kapal. Diakses dari: <http://repository.pip-semarang.ac.id/>
- [8] Safitri, N. (2012). Studi tentang Pompa Ejector. Diakses dari: <http://nilaasafitri.blogspot.com/2012/06/pompa-ejektor.html> (diakses 15 Maret 2014, pukul 11.00).
- [9] Sularno, H., Wibisono, Y., & Kristiyono, A. E. (2019). Permesinan Bantu (Untuk ATT-III): Tanya Jawab Pengetahuan Dasar Permesinan Kapal (Vol. 1). PT Balai Pustaka.
- [10] Anggono, W. (2023). Pengaruh Aliran dan Diameter Nozzle Keluaran terhadap Kemampuan Vakum pada Pompa Ejector. Diakses dari: <https://jurnalmesin.petra.ac.id/index.php/mes/article/view/26919>.