

Identifikasi Kinerja *Fresh Water Maker Reverse Osmosis* Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Tawar Di Kapal CTS. Bulk Java

Choirul Anam¹, Agus Prawoto², Rika Fitriani³, Aziz Nugroho², Antonius Edy Kristiyono³

Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 22 Juni 2025

Revised: 10 Juli 2025

Accepted: 23 Juli 2025

Keywords:

Fresh Water Maker

Reverse Osmosis

System performance

Maintenance

Published by

Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi
Copyright © 2025 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab tidak optimalnya kinerja *Fresh Water Maker* (FWM) berteknologi Reverse Osmosis (RO) di kapal CTS. Bulk Java, serta dampaknya terhadap operasional kapal. Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kualitatif melalui observasi langsung, wawancara dengan engineer kapal, dan dokumentasi sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan produksi air tawar dari 1.000 L/jam menjadi 800 L/jam disebabkan oleh kerusakan pada mechanical seal feed pump, umur filter yang telah melebihi batas kerja, serta kebocoran pada pipa membran. Kondisi ini berdampak pada kebutuhan harian kru kapal dan menambah biaya operasional karena perlunya pengisian air tawar dari darat. Upaya perbaikan mencakup penggantian komponen rusak seperti impeller, filter, dan perbaikan pipa. Setelah overhaul, FWM kembali beroperasi optimal. Penelitian ini merekomendasikan inspeksi dan perawatan berkala untuk menjaga kinerja sistem FWM RO secara berkelanjutan.

This study aims to identify the causes of the suboptimal performance of the Reverse Osmosis-based *Fresh Water Maker* (FWM) system on the CTS. Bulk Java ship and its impact on ship operations. The research uses a qualitative descriptive method through direct observation, interviews with ship engineers, and system documentation. The findings show that the decline in freshwater production from 1,000 L/hour to 800 L/hour was due to damage to the feed pump's mechanical seal, expired filter life, and leaks in the membrane pipe. This condition disrupted crew water supply and increased operational costs due to the need for freshwater bunkering from the shore. Repairs included replacing damaged components such as the impeller and filters, and repairing the leaking pipe. After the overhaul, the FWM resumed optimal performance. The study recommends routine inspection and maintenance to sustain the reliability of the FWM RO system

Corresponding Author:

Agus Prawoto

Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Jl. Gunung Anyar Boulevard No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294

Email: prawotoagus35@gmail.com

PENDAHULUAN

Negara kesatuan Republik Indonesia dikenal sebagai negara maritim terbesar yang ada di dunia serta terletak berada di antara dua samudera yaitu samudera Pasifik dan samudera Hindia. Oleh karenanya Indonesia memiliki posisi yang sangat strategis dalam jalur perdagangan dunia, karena itu Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk dapat berkembang lebih jauh lagi di dalam sektor maritim, sebab dapat menghubungkan dari satu pulau ke pulau lainnya dengan lebih mudah. Air adalah salah satu kebutuhan makhluk hidup di muka bumi ini. Dalam kehidupan ini, air tawar merupakan salah satu kebutuhan pokok begitu juga peranannya di atas kapal. Penyediaan air tawar di atas kapal sangat besar manfaatnya antara lain untuk kebutuhan awak kapal, juga sebagai penunjang operasional kapal,

misalnya sebagai pendingin mesin induk, pendingin mesin bantu (*auxiliary engine*), *sanitary* dan kegiatan lain di atas kapal.

Kapal yang berlayar di tengah laut selama waktu yang lama, maka kapal tersebut harus menampung air tawar dalam jumlah yang cukup besar. Ini pasti akan mengurangi jumlah muatan yang diangkut oleh kapal. Selain itu juga mempunyai resiko yang cukup besar apabila dalam pengoprasian kapal, air tawar habis. Pada umumnya kapal-kapal sekarang untuk memenuhi kebutuhan air tawar di atas kapal perlu adanya pesawat yang dapat mengolah air laut dan air sungai yang payau menjadi air tawar. Untuk memenuhi kebutuhan air tawar di atas kapal, diperlukan sebuah pesawat bantu yang dikenal sebagai *fresh water maker*. *Fresh water maker* mengolah air laut menjadi air tawar melalui proses penyulingan. *Fresh water maker* ini dapat menghasilkan banyak air tawar selama kapal berlayar di laut, tetapi yang terjadi di atas kapal CTS, BULK JAVA *fresh water maker reverse osmosis* tidak bekerja dengan baik.

Fresh Water Maker dengan metode *Reverse Osmosis* (RO) adalah teknologi yang mengubah air laut atau air payau menjadi air tawar yang layak konsumsi. Proses ini melibatkan penggunaan membran semipermeabel yang menyaring garam dan kontaminan lainnya dari air melalui penerapan tekanan tinggi, memaksa air melewati membran dan meninggalkan zat terlarut di belakang. Sistem ini sering digunakan dalam aplikasi kelautan, seperti di kapal dan platform lepas pantai, serta di daerah dengan keterbatasan sumber air tawar. Keunggulan utama teknologi ini adalah kemampuannya menghasilkan air bersih dengan efisiensi tinggi, meskipun memerlukan perawatan rutin untuk memastikan kinerja optimal dari membran dan komponen terkait.

Teknologi RO ini populer karena efisiensi energi yang relatif lebih baik dibandingkan metode *desalinasi termal*, seperti *Multi-Stage Flash* (MSF) dan *Multi-Effect Distillation* (MED), serta kemampuan untuk menghasilkan air berkualitas tinggi dari air laut atau air asin lainnya. *Sea water Reverse Osmosis* atau SWRO adalah suatu metode penyaringan yang dapat menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari suatu larutan dengan cara memberi tekanan pada larutan ketika larutan itu berada di salah satu sisi membran seleksi (lapisan penyaring). Proses tersebut menjadikan zat terlarut terendap di lapisan yang dialiri tekanan sehingga zat pelarut murni bisa mengalir ke lapisan berikutnya, (Ahyadi et al., 2021). Membran ini hanya memungkinkan molekul air untuk lewat, sedangkan partikel yang lebih besar seperti ion garam, mineral, dan polutan lainnya tertinggal. Setelah air melewati membran, air tawar yang telah disaring dikumpulkan ke dalam tangki, air ini kemudian siap untuk digunakan sebagai air minum atau keperluan lainnya. Air yang tidak dapat melewati membran, yang mengandung konsentrasi tinggi garam dan kontaminan, Akan dibuang lagi ke laut sebagai brine atau air limbah.

Merujuk pada latar belakang yang telah dijelaskan, maka muncul beberapa rumusan masalah dari penitlia Berkut yaitu penyebab tidak optimalnya kinerja *fresh water reverse osmosis*, dampak dari ketidak optimalan kinerja *fresh water reverse osmosis*, serta upaya penanganan yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan *fresh water reverse osmosis*. Dengan membatasi penelitian ini pada penyebab kerusakan pada *fresh water maker RO* dan dampak dari rusaknya *fresh water maker* di kapal CTS. BULK JAVA.

URAIAN TEORI

Air

Menurut F.J. Monkhouse (1950). Air adalah zat penting yang sangat dibutuhkan dalam siklus hidrologi dan distribusi geografis di Bumi. Air berperan dalam proses pembentukan lingkungan fisik dan iklim di berbagai wilayah. Ia menekankan bahwa air merupakan elemen kunci dalam pengaturan kehidupan di permukaan bumi dan sangat berperan dalam pembentukan bentuk-bentuk permukaan daratan seperti sungai, danau, dan laut. Secara umum, air adalah zat cair yang terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen (H_2O). Air merupakan elemen esensial bagi kehidupan di Bumi dan memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai proses biologis, kimia, dan fisik.

Fresh Water Maker

Material penyusun yang digunakan pada *self compacting concrete* (SCC) sama dengan material yang digunakan pada beton normal. Menurut (Wongso et al.) secara umum material beton terbuat dari susunan semen, agregat, serta air sebagai pereaksi.

Smith dan Spencer (2019), *Fresh Water Maker* adalah perangkat yang digunakan untuk memproduksi air tawar dari air asin atau air payau melalui berbagai metode, seperti evaporasi, distilasi, atau teknologi membran seperti *reverse osmosis*. Teknologi ini sering digunakan di kapal, daerah pesisir, dan lokasi dengan keterbatasan akses air tawar. Jones et al. (2019), *Fresh Water Maker* adalah alat yang berfungsi untuk mendesalinasi air laut menjadi air yang layak dikonsumsi dengan menghilangkan kandungan garam dan mineral. Metode yang paling umum digunakan dalam *fresh water maker* adalah metode *reverse osmosis* dan *thermal distillation*. Huangetal. (2019), *Fresh Water Maker* merupakan sistem yang dirancang untuk menghasilkan air bersih dari sumber air asin atau tercemar melalui proses pemisahan fisik dan kimia menggunakan teknologi membran atau termal.

Water maker adalah salah satu pesawat yang berfungsi memproses air laut menjadi air tawar diatas kapal harus selalu terjaga kondisinya agar dapat memberi tambahan/cadangan air tawar ke dalam tangki penampung air tawar untuk keperluan sehari-hari di atas kapal, misalnya untuk kebutuhan di atas kapal yaitu : masak, mencuci, mandi, dll.. Apabila air tawar di atas kapal tidak terpenuhi atau *water maker* mengalami kerusakan maka kenyamanan anak buah kapal/crew dan kelancaran dari operasi kapal akan terganggu pula. Kekurangan air tawar sangat mengganggu sekali apabila terjadi pada saat kapal berada ditengah laut dan berlayar dengan waktu yang lama. Pengertian Reverse Osmosis menurut Nusa Idaman yang dikutip oleh Mustaqim et, al. (2018) menyatakan bahwa apabila dua buah larutan dengan konsentrasi encer dan konsentrasi pekat dipisahkan oleh membrane semi permeable, maka larutan dengan konsentrasi yang encer akan terdifusi melalui membran semi permeable tersebut masuk kedalam larutan yang pekat sampai terjadi kesetimbangan konsentrasi, fenomena tersebut disebut dengan "Osmosis". Jika diberi tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosisnya, maka air tawar akan berbalik yakni dari air asin ke air tawar melalui membran semi permeable, sedangkan garamnya tertinggal di dalam larutan itu sendiri, Proses tersebut dinamakan osmosis terbalik atau "Reverse Osmosis"

Sistem Fresh Water Maker

Sand filter digunakan untuk meningkatkan jam kerja sistem pemurnian air. Ini menghasilkan air dengan kualitas yang sangat tinggi tanpa menggunakan bahan kimia dan bebas dari patogen, mikroba, dan bau. Air laut yang tidak terproses mengandung banyak kotoran yang melayang di dalamnya. Untuk menghapus kotoran ini membutuhkan *filter multimedia*. Media penyaring kekeruhan tinggi melalui butiran pasir, menghilangkan kotoran-kotoran melayang. Selain mencegah partikel, proses ini dapat menjernihkan air. Ketika kotoran mengendap terlalu banyak, partikel kecil di filter akan tersumbat, menyebabkan resistensi aliran meningkat, laju penyaringan menurun, dan akhirnya proses penyaringan akan terhenti. Untuk mengembalikan fungsi penyaringan, *filter* pasir harus dicuci kembali dengan mengeluarkan air kotoran dari media *filter*. Proses pencucian ini disebut sebagai anti *washing sand filter*.

Dengan menggunakan katup kontrol, *filter* media dapat dicuci dengan menyetel posisi katup pemakaian dan pembersihan (pembersihan balik). Selain itu, katup kontrol otomatis dapat diatur melalui parameter untuk melakukan *antiwashing* secara otomatis, tetapi Anda harus memperhatikan aliran listrik pada *solenoid valve* atau katup kontrol otomatis selama 24 jam. Sebaliknya, jika parameter mengalami masalah dan harus *direset*, maka proses *antiwashing* dapat dilakukan secara manual.



Gambar. 1 Sand Filter of Water Maker

Membran filtrasi yang disebut *micro filter* berfungsi untuk memisahkan partikel berukuran antara 0,1 hingga 10 mikrometer dari cairan atau gas. Proses ini dilakukan dengan melewati *fluida* melalui membran berpori, di mana partikel yang lebih besar dari ukuran pori akan tertahan, sementara molekul yang lebih kecil dapat melewatinya. Microfiltrasi sering digunakan dalam berbagai industri, termasuk pengolahan air, produksi makanan dan minuman, serta farmasi, untuk menghilangkan bakteri, koloid, dan partikel tersuspensi lainnya tanpa mempengaruhi komponen kimia yang terlarut. Teknologi ini juga berperan penting dalam tahap pra-pengolahan sebelum proses *filtrasi* lanjutan seperti *ultrafiltrasi* atau *reverse osmosis*.



Gambar. 2 Micro Filter Water Maker

Perawatan Fresh Water Maker

Perawatan adalah bagian paling penting dalam menjaga keandalan suatu peralatan. Karena biaya perawatan yang tinggi, perawatan sering ditunda untuk mengurangi biaya, tetapi jika penundaan dilakukan, kerusakan yang lebih parah akan menyebabkan biaya perbaikan meningkat.

Perawatan yang harus dilakukan pada *Fresh Water Maker* adalah Frekuensi perubahan *filter* (*filter* arang/*Charcol* dan 5 mikron) bergantung pada kualitas air yang dipompa dalam unit, dan frekuensi ini dapat berbeda dari satu kasus ke kasus lainnya. Namun demikian, *filter* dipasang secara transparan untuk memungkinkan pengukuran tingkat penyumbatan. Mesin akan menampilkan pesan "*Low Pressure - No Water In Circuit*" di layar monitor ketika filter tersumbat.

Setelah 500 jam kerja pertama, peringatan "Penggantian Oli" akan muncul dan mengatakan "Penggantian Oli". Untuk melakukannya, gunakan semprotan minyak untuk mengeluarkan minyak lama dari pompa dan isi 15 pompa dengan minyak SAE 20-40 sampai levelnya tercapai pada *sigh glass* oli. Setelah minyak diganti, tekan reset.

Seal Pompa Jam kerja *seal* pompa berkisar antara 1000 sampai 2000 jam. Untuk menghindari kebocoran pada pompa *maintenance* dan pengecekan pada *seal* pompa wajib dilakukan minimal 3-6 bulan sekali. Katup pembilas otomatis dalam sistem *reverse osmosis* (RO) adalah perangkat yang secara otomatis membilas membran RO dengan aliran air berkecepatan tinggi. Tujuan utamanya adalah mencegah penumpukan kotoran dan endapan pada membran, yang dapat mengurangi efisiensi dan

umur pakainya. Dengan melakukan pembilasan rutin, katup ini membantu menjaga kinerja optimal sistem RO dan memperpanjang masa pakai *membrane*.

Secara umum pompa (*pump*) adalah suatu alat untuk memindahkan *fluida* cair dari suatu tempat ke tempat lain dengan memberikan gaya tekan terhadap zat yang akan dipindahkan. Pada dasarnya, prinsip kerja pompa dalam melakukan pengaliran yakni dengan cara memberikan gaya tekan terhadap *fluida*. Tujuan dari gaya tekanan tersebut ialah untuk mengatasi friksi atau hambatan yang timbul di dalam pipa saluran ketika proses pengaliran sedang berlangsung. Friksi tersebut umumnya disebabkan oleh adanya beda elevasi (ketinggian) antara saluran masuk dan saluran keluar, dan juga karena adanya tekanan balik yang harus dilawan. Tanpa adanya tekanan pada cairan maka cairan tersebut tidak mungkin untuk dialirkan/dipindahkan.

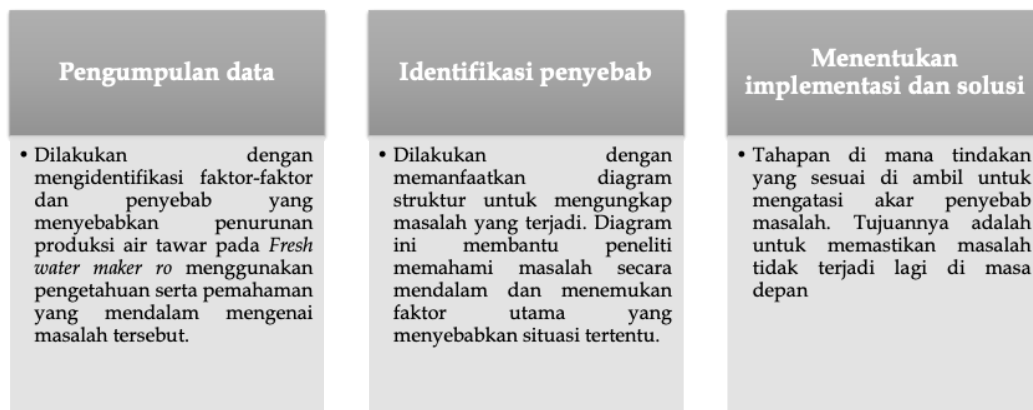
Fluida cair dapat bergerak baik secara *horizontal* maupun *vertikal*. Jika zat cair bergerak secara mendatar, mereka akan mengalami hambatan seperti gesekan dan *turbulensi*. Jika zat cair bergerak secara *vertikal*, mereka dapat mengalami hambatan karena perbedaan tinggi antara permukaan isap (*suction*) dan permukaan tekan/buang (*discharge*).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode penelitian deskriptif kualitatif. Dengan tujuan memberikan gambaran terkait apa yang peneliti alami selama melaksanakan kegiatan praktik laut sesuai dengan fakta dan data yang telah diperoleh dan diolah. Dari permasalahan yang peneliti alami selama berada di atas kapal yang nantinya akan peneliti bahas dan diharapkan dan memberikan solusi terkait permasalahan serupa.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan beberapa metode. Diantaranya adalah metode observasi pada kapal CTS. Bulk java dimana peneliti melakukan observasi seperti pengamatan dan perbaikan terhadap kejadian yang terjadi diatas kapal peneliti. Metode wawancara yang dilakukan kepada pihak terkait seperti KKM dan Masinis 2 dengan tujuan untuk mendapatkan data yang relevan dengan penelitian ini terkait penerapan tata kerja di CTS. BULK JAVA berjalan lancar.

Analisis data penelitian berfokus pada kondisi dan proses kerja *Fresh water maker* di kapal, termasuk analisis mendalam terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi menurunnya kinerja *fresh water maker RO*, sehingga dapat diidentifikasi permasalahan teknis yang menyebabkan rendahnya tekanan air tawar ke dalam membran serta dampaknya terhadap performa dan produksi air tawar secara keseluruhan, dengan mempertimbangkan aspek pemeliharaan. Setelah penyebab utama atau akar masalah berhasil diidentifikasi, langkah berikutnya adalah melaksanakan perbaikan atau pemeliharaan yang efektif. Dalam proses ini, penting untuk memperhatikan kemungkinan penyebab menurunnya kinerja *Fresh water maker RO* agar masalah yang sama tidak terulang dalam waktu dekat. Melibatkan tiga langkah utama dalam prosesnya yaitu sebagai berikut.



Gambar. 3 Teknik analisis data

HASIL PENELITIAN

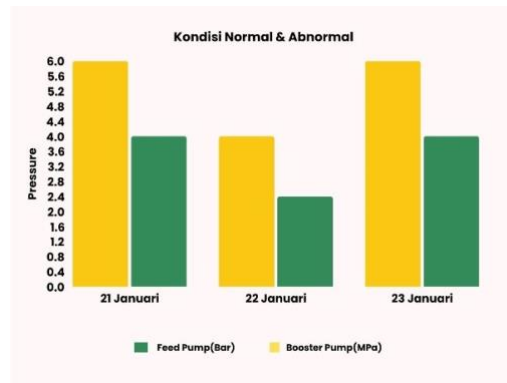
Hasil penelitian menyajikan deskripsi data penelitian yang menggambarkan nilai minimum, nilai maksimum dari variabel penelitian dengan uraian yang singkat dan jelas.

Obervasi

Laporan dari officer terdapat penurunan produksi air tawar pada tanggal 22 Januari 2024, kemudian kami meneruskan laporan tersebut kepada *engineer*, dan setelah melaporkan hal tersebut kepada masinis. 2 ditemukan bahwa unit *fresh water maker reverse osmosis (RO)* tidak bekerja secara optimal. Produksi air tawar terpantau menurun dari kapasitas normal yang seharusnya mencapai 1,000 L per jam menjadi 800 L per jam. Selain itu, tekanan pada *high pressure pump* menunjukkan fluktuasi yang tidak stabil, dan setelah dilakukan inspeksi lebih lanjut pada *fresh water maker* ditemukan kebocoran pada *mechanical seal feed pump* yang menyebabkan kurangnya *supply water* pada *booster pump* serta ditemukan kerusakan pada *pipe product membrane no. 3*. Setelah ditemukan penyebab dari tidak optimalnya kinerja *fresh water* maka chief engineer dan engine crew melakukan overhaul pada *fresh water maker*, dengan mengganti komponen yang rusak seperti impeller, mechanical seal pada feed pump, serta mengganti filter pada membrane 1-5 dan micro filter, untuk mengatasi kebocoran pada pipe product membrane no. 3 chief engineer melakukan recondition dengan memberikan glue pvc pada pipa tersebut dikarenakan terjadi kendala pengiriman new spare part pipe product water membrane ke kapal Bulk Java. Setelah melakukan overhaul pada *fresh water maker* dilakukan flushing pada sand filter dan mengecek pompa dan pipe product membrane untuk memastikan tidak ada kebocoran dan *fresh water maker* bisa bekerja dengan optimal.

Tabel. 1 Data preasure normal dan abnormal pompa

No	Komponen	Pressure	Kondisi
1.	<i>Feed pump</i>	4 bar	Normal
	<i>Feed pump</i>	2,5 bar	Abnormal
2.	<i>Booster pump</i>	60 bar	Normal
	<i>Booster pump</i>	40 bar	Abnormal



Gambar. 4 Diagram pressure normal dan abnormal

Wawancara

Berdasarkan hasil wawancara dengan Second Engineer dan Chief Engineer, diperoleh informasi bahwa tidak optimalnya kinerja fresh water maker Reverse Osmosis (RO) sangat berdampak terhadap operasional kapal, terutama dalam pemenuhan kebutuhan air tawar. Masalah ini disebabkan oleh beberapa faktor teknis, antara lain: 1) Kurangnya suplai air dari feed pump yang menyebabkan tekanan rendah pada booster pump, 2) Kerusakan pada impeller dan kebocoran pada mechanical seal feed pump, 3) Filterisasi yang tidak sempurna akibat umur pakai cartridge filter yang telah melewati batas standar, 4) Kebocoran pada pipa produk membrane, khususnya pada pipa membrane no. 3.

Dampak dari permasalahan tersebut antara lain terhambatnya produksi air tawar yang cukup untuk kebutuhan awak dan operasional, diperlukan bunker air tawar dari pelabuhan, yang berdampak pada penambahan biaya operasional. Tindakan perbaikan yang telah dilakukan adalah pemeriksaan menyeluruh terhadap sistem FWM, penggantian impeller, mechanical seal, filter membrane, dan cartridge filter, perbaikan pada pipa membrane yang bocor. Dengan langkah preventif, direkomendasikan agar dilakukan pemeriksaan dan perawatan berkala, terutama pada sistem filterisasi dan pompa, monitoring berkelanjutan terhadap performa komponen utama FWM

PEMBAHASAN

Berisikan pembahasan hasil penelitian yang dijabarkan untuk menjawab hipotesis penelitian dengan menyajikan hasil penelitian yang dikaitkan dengan temuan penelitian di lapangan, pendapat para ahli, teori yang berkaitan hingga penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini.

Berdasarkan hasil pembahasan, penelitian ini berhasil mengidentifikasi beberapa faktor penyebab utama dari tidak optimalnya kinerja fresh water maker (FWM) RO di kapal CTS. Bulk Java, serta dampak dan upaya penanganannya.

Penyebab utama ketidakoptimalan FWM RO adalah:

- **Kebocoran pada feed pump**, yang disebabkan oleh kerusakan pada *mechanical seal*, menyebabkan tekanan air pada feed dan booster pump menjadi tidak ideal.
- **Filterisasi yang tidak sempurna**, disebabkan oleh umur kerja micro filter yang telah melebihi batas operasional (800 jam), dan keterbatasan suku cadang di atas kapal.

Dampak dari ketidakoptimalan FWM RO adalah:

- **Penurunan produksi air tawar** yang berdampak pada kegiatan sehari-hari di kapal seperti memasak, mencuci, dan kebutuhan lainnya.
- Kapal harus melakukan **bunker air tawar**, yang menimbulkan **tambahan biaya operasional** bagi perusahaan.

Upaya perbaikan dan optimalisasi FWM RO mencakup:

- **Penggantian mechanical seal pada feed pump** secara tepat dengan prosedur teknis yang benar untuk menghilangkan kebocoran.
- **Penggantian micro filter secara berkala** agar proses penyaringan air laut kembali maksimal, serta pengecekan dan pemasangan ulang dilakukan secara hati-hati untuk mencegah kebocoran lanjutan.

PENUTUP

Berdasarkan uraian permasalahan dan hasil evaluasi terhadap kinerja sistem *fresh water maker* (FWM) reverse osmosis di kapal, dapat disimpulkan bahwa tidak optimalnya kinerja alat ini disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu kebocoran pada pompa dan tidak maksimalnya proses filterisasi. Kebocoran terjadi akibat rusaknya *mechanical seal* pada feed pump, yang umumnya disebabkan oleh kurangnya inspeksi dan perawatan rutin. Sementara itu, proses filterisasi yang tidak efisien terjadi karena *micro filter* telah melebihi batas jam kerja yang direkomendasikan.

Dampak dari kondisi ini sangat signifikan terhadap operasional kapal. Produksi air tawar menjadi menurun, yang mengganggu kebutuhan pokok seperti memasak, mencuci, dan sistem pendingin. Selain itu, saat cadangan air tidak mencukupi, kapal harus melakukan bunker air dari darat, yang tentu meningkatkan biaya operasional.

Setelah dilakukan tindakan korektif berupa penggantian *mechanical seal*, *micro filter*, serta perbaikan pada pipa membran, kinerja FWM RO menunjukkan peningkatan yang nyata. Kapasitas produksi air tawar naik dari 800 liter per jam menjadi 1.000 liter per jam. Hal ini membuktikan bahwa tindakan perawatan dan penggantian komponen secara tepat dan berkala sangat berperan penting dalam menjaga keandalan sistem FWM RO di atas kapal.

REFERENSI

- Abdussamad, Z. "Buku M. P. K. . (2022). (n.d.). *OSF Preprints _ Buku Metode Penelitian Kualitatif*.
- Arnold, L. M., Hanna, K., & Noble, B. (2019). Freshwater cumulative effects and environmental assessment in the Mackenzie Valley, Northwest Territories: challenges and decision-maker needs. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 37(6), 516-525.
- Cross, J. N. & Turner, J. A., dkk. (2019). *Building the knowledge-to-action pipeline in North America: Connecting ocean acidification research and actionable decision support*. *Frontiers in Marine Science*, 6, 356.
- Duan, P. & Zhang, F., dkk. (2022). *High-resolution planetscope imagery and machine learning for estimating suspended particulate matter in the Ebinur Lake, Xinjiang, China*. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 16, 1019-1032.
- HADI, A. (2023). *Optimalisasi Kinerja Fresh Water Maker Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Tawar Di Kapal Allianz Instaler*.
- Hardani, H., Andriani, H., dkk. (2020). *Metode penelitian kualitatif & kuantitatif*. CV. Pustaka Ilmu Group.
- <https://gramedia.com/literasi/identifikasi/>. diakses pada tanggal 18 Desember 2023
- <https://kbbi.web.id/rawat>
- Huang, T., Zhang, W., & Liu, R. (2019). *Membrane Technology for Water Treatment and Desalination*. Beijing: Science Press.
- JDIH BPK RI. (2008). UU No. 17 TAHUN 2008.
- Jones, P., Watson, K., & Hughes, L. (2019). *Marine Desalination Systems and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LUQMAN, A. K. (2023). *Optimalisasi Pendinginan Main Engine Dengan Pemasangan Fresh Water Cooler Di Mt. Anggraini Excellent (Doctoral Dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang)*.
- Linsley, R. K., & Franzini, J. B. (2019). *Water Resources Engineering*. New York: McGraw-Hill
- Mazhar, S. N., & Ahmad, S. (2020). *Assessment of water quality pollution indices and distribution of heavy metals in drinking water in Ramganga aquifer, Bareilly District Uttar Pradesh, India*. *Groundwater for sustainable development*, 10, 100304.

- Monkhouse, F.J., & Small, J. (1978). *Dictionary of The Natural Environment*. Edward Arnold (publ). Ltd. London.
- Oxtoby, 2016. *Solid/liquid separation: Equipment selection and Process Design*. Elsevier
- [Pengertian Perawatan Menurut Para Ahli - RedaSamudera.id](https://redasamudera.id)
- Poerwodarminto. (2017). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka
- Sutrisno. (2019). *Teknologi Pengolahan Air Bersih*. Yogyakarta
- Siti R. (2019). *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*. Nusa Tenggara Barat
- Smith, A., & Spencer, J. (2019). *Advances in Desalination and Fresh Water Technologies*. New York: Springer.
- WAHYUDIN, DWI. Optimalisasi Kinerja Fresh Water Maker Reverse Osmosis Untuk Memenuhi Kebutuhan Operasional Sanitary Kapal Mv. Nautical Aisya. 2024.
- Zakariah, M. A., Afriani, V., & Zakariah, K. M. (2020). Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Action Research, R. A. D. (R N D. Y. P. P. A. M. W. K. (2020). *Metode-Penelitian-Kuantitatif-Kualitatif-Dan-R-D.Pdf*.