

Analisis Membran Filter Mikron Terhadap Produktivitas *Reverse Osmosis Fresh Water Maker* di MT. SC Warrior L

Luvis Figo¹, Ali Khamdilah^{2*}, Eko Nur Hidayat³, Fajar Pujiyanto⁴

^{1,2,3,4} Program studi TRPK, Politeknik Bumi Akpelni Semarang
Jl. Pawiyatan Luhur II/17, Bendanduwur, Semarang.

*Email korespondensi: alikhamdilah@gmail.com

Abstract

MT ship. SC Warrior is a tanker designed to transport processed oil cargo on long-distance shipping routes. One of the main facilities to support ship shipping activities is the Reverse Osmosis (RO) Fresh Water Maker system. This equipment functions to produce fresh water with the main ingredient being sea water. The RO system utilizes a high pressure pump and a micron filter membrane as the main components in the process of converting sea water into fresh water. The problem with RO is a decrease in fresh water productivity, causing a fresh water deficit in the ship. This research aims to determine the causes and solutions for the decrease in fresh water production in the RO system on MT ships. SC Warriors. The research methods used were interviews and direct observation on the ship to explore various causes that might be found by physical observation with the engineers on the ship. The problem is caused by low hydrostatic pressure in the RO system, and the micron filter membrane's function is not optimal in filtering sea water. This condition disrupts ship operations where the availability of fresh water is insufficient in quantity. In order to avoid the same problems, proper preventive and corrective measures are needed. Planned maintenance according to PMS and correct procedures must be carried out properly and correctly, this is an important thing to do in maintaining the performance of the RO system. The need for consistent and proper maintenance, it is hoped that the RO system can continue to function effectively to support ship operations without obstacles.

Keywords: *micron filter membrane, reverse osmosis, water maker.*

Abstrak

Kapal MT. SC Warrior adalah kapal tanker yang dirancang untuk mengangkut muatan minyak olahan dengan rute pelayaran jarak jauh, salah satu fasilitas utama sebagai pendukung aktivitas pelayaran kapal adalah sistem Reverse Osmosis (RO) Fresh Water Maker. Peralatan ini berfungsi untuk memproduksi air tawar dengan bahan utama air laut. Sistem RO memanfaatkan pompa bertekanan tinggi serta membran filter mikron sebagai komponen utama dalam proses pengubahan air laut menjadi air tawar. Permasalahan pada RO yaitu penurunan produktivitas air tawar, sehingga menyebabkan defisit air tawar dalam kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab dan solusi penurunan produksi air tawar pada sistem RO di kapal MT. SC Warrrior. Metode penelitian yang digunakan adalah wawancara dan observasi langsung di kapal guna menggali berbagai penyebab yang mungkin ditemukan dengan pengamatan fisik bersama para engineer di kapal. Permasalahan disebabkan oleh tekanan hidrostatik yang rendah pada sistem RO, serta fungsi kerja membran filter mikron tidak maksimal dalam menyaring air laut. Kondisi ini mengganggu operasional kapal dimana ketersediaan air tawar tidak mencukupi secara kuantitas. Guna menghindari permasalahan yang sama, maka diperlukan tindakan pencegahan dan perbaikan secara benar. Perawatan yang terencana sesuai PMS dan prosedural yang benar wajib dijalankan dengan baik dan benar, hal penting dilakukan dalam menjaga kinerja sistem RO. Kebutuhan perawatan yang konsisten dan tepat, diharapkan sistem RO dapat terus berfungsi efektif guna mendukung operasional kapal tanpa hambatan.

Kata kunci: *membran filter mikron, reverse osmosis, water maker.*

PENDAHULUAN

Air tawar merupakan kebutuhan penting dalam berbagai operasi kegiatan pelayaran, termasuk untuk keperluan keseharian awak kapal. Guna memenuhi kebutuhan tersebut kapal dilengkapi dengan sistem peralatan yang mengubah air laut menjadi air tawar. Teknologi yang umum digunakan dalam proses ini adalah *Reverse Osmosis (RO) Water Maker*.

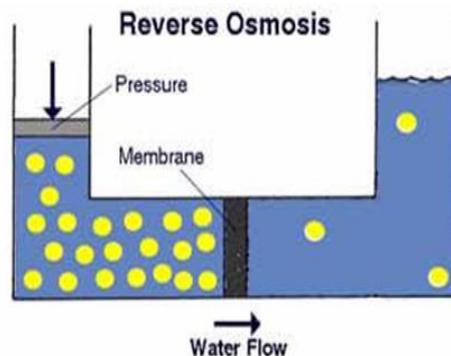
Kualitas air tawar yang dihasilkan oleh peralatan sangat dipengaruhi oleh komponen-komponen utamanya. Salah satu permasalahan besar dalam pengoperasian sistem RO adalah kendala membran filter mikron dalam proses pemisahan kadar garam dalam air laut. Pada saat membran tidak bekerja dengan optimal, maka kualitas air yang dihasilkan oleh RO akan menurun.

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Elisa K dkk (2016) yaitu penelitian tentang penghitungan tekanan hidrostatik terhadap kedalaman air dan standart nilai gravitasi (Elisa Kasli, 2016). Singgih dkk (2019), yaitu penelitian tentang pemurnian air laut menggunakan pengaturan kecepatan motor dalam proses reverse osmosis sangat dibutuhkan, dikarenakan proses penyaringan dalam membran reverse osmosis membutuhkan tekanan yang sesuai dengan kemampuan membran (Singgih et al., 2019). Sefentry dkk (2022), yaitu penelitian tentang pemurnian air laut menggunakan RO dengan memperhatikan nilai turbidity, salinitas, TDS dan pH (Sefentry & Masriatini, 2020).

RO adalah metode penyaringan menggunakan membran fisik mikron yang canggih untuk menghasilkan air tawar dari air laut. Teknologi ini bekerja dengan menggunakan membran semipermeabel yang dapat memisahkan molekul air dari kadar garam, kotoran dan zat terlarut lainnya (Ariyanti & Widiassa, 2011). Air laut dipompa melalui saluran membran mikron dengan tekanan tinggi, sehingga hanya molekul air yang dapat melewati membran tersebut.

Pemasangan RO memungkinkan kapal untuk memenuhi kebutuhan air minum bagi awak kapal dan mendukung kegiatan operasional lainnya. Sistem RO dirancang untuk memproduksi air tawar dengan tingkat kemurnian tinggi. peralatan ini sangat efektif untuk kapal dengan operasi pelayaran dengan jangka waktu yang lama.

RO adalah sistem untuk pemurnian air laut dimana pengaturan kecepatan motor sangat penting, karena proses penyaringan melalui membran memerlukan tekanan yang sesuai dengan spesifikasi dasar membran (Robiatun, 2017). Prinsip kerja oleh tekanan hidrostatik yang melampaui tekanan osmotik larutan, memungkinkan molekul air bermigrasi dari daerah dengan konsentrasi zat terlarut tinggi ke daerah dengan konsentrasi zat terlarut rendah. Tekanan tinggi diterapkan ke kompartemen dengan konsentrasi zat terlarut tinggi.



Gambar 1. Prinsip Dasar RO (M. Mulder, 1996)

Tekanan yang digunakan dalam sistem RO bervariasi tergantung pada jenis air yang diproses. Untuk air tawar tekanan yang diperlukan antara 3 hingga 15 bar (300 hingga 1500 kPa), sedangkan untuk air laut yang memiliki salinitas tinggi, tekanan yang dibutuhkan bisa mencapai

55 hingga 82 bar (5500 hingga 8200 kPa), tergantung pada konsentrasi garam yang terkandung dalam air (Said, 2018).

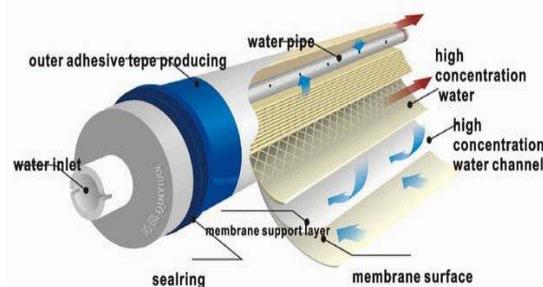
Membran RO adalah membran semipermeabel dengan fungsi seperti penyaringan guna menghilangkan polutan padat seperti bakteri, virus, dan logam. Membran RO dengan ukuran filter 1 mikron yaitu setara dengan rambut yang dibagi menjadi satu juta segmen, secara efektif mengurangi TDS (*total dissolved solid*). Membran RO dengan ukuran lebih kecil lebih efektif dalam pemisahan molekul garam, virus, bakteri.



Gambar 2. Membran Filter Mikron

Membran RO mampu memisahkan air tawar dari larutan garam saat mengalami tekanan di atas tekanan osmotik larutan garam. Membran dapat memisahkan komponen terlarut berukuran 0,001 hingga 0,01 μm dan partikel dengan berat molekul rendah (Cheryan, 1998). Saat membran semipermeabel memisahkan air tawar dari air garam, keduanya akan berdifusi melalui penghalang, sehingga mengakibatkan pengenceran larutan garam.

RO membrane structure



Gambar 3. Struktur Material Membran Filter (Robiatun, 2017).

Penurunan produksi air merupakan akibat dari pengotoran membran. Kegagalan sistem RO untuk mempertahankan tingkat produksi sesuai kapasitasnya disebabkan oleh beberapa faktor berikut (Wang & Feng, 2023), yaitu:

- Tekanan Pompa yang tidak stabil atau rendah, tekanan air rendah oleh pompa dapat mengurangi efisiensi proses penyaringan dan pemisahan air.
- Kotoran yang menumpuk di membran, akumulasi kotoran pada permukaan membran menghambat aliran air dan menurunkan kualitas air yang dihasilkan.
- Kerusakan pada komponen utama RO, seperti pompa, membran, dan kondensor memerlukan perawatan rutin untuk menjaga performanya.

METODE

Penelitian ini bertujuan menjaga kestabilan fungsi membran filter dalam proses pemisahan kadar garam air laut menjadi air tawar. Metode penelitian yang digunakan adalah wawancara dan observasi langsung di kapal. Kegiatan penelitian dengan metode wawancara untuk mendapatkan informasi langsung dari pihak kompeten / *engineer* mengenai sistem kerja RO. Metode kedua yaitu penelitian langsung untuk menggali berbagai penyebab yang mungkin ditemukan dengan pengamatan fisik bersama para *engineer* di kapal. Observasi dilakukan untuk memantau langsung kondisi membran filter selama proses sistem peralatan beroperasi. Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih mendalam dan holistik dalam menjelaskan permasalahan pada membran filter RO. Data yang diperoleh dari wawancara dan observasi diharapkan dapat memberikan solusi yang tepat untuk menyelesaikan masalah yang terjadi. Kedua metode ini diharapkan dapat menghasilkan solusi tepat untuk menjaga kestabilan produktivitas air tawar pada sistem RO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian berhubungan dengan tekanan hidrostatik membran filter RO dapat mempengaruhi produktivitas air tawar dan juga mengganggu operasional kapal secara umum. Data tekanan kerja oleh pengamatan pompa *booster* ditampilkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Tekanan pompa *Booster* RO

HASIL OBSERVASI	TEKANAN YANG DIHASILKAN	TEKANAN NORMAL
POMPA BOOSTER	2,8 Bar	3,2 Bar
	3,0 Bar	3,2 Bar
	3,1 Bar	3,2 Bar
	2,9 Bar	3,2 Bar
	2,8 Bar	3,2 Bar
	3,0 Bar	3,2 Bar

Tekanan air oleh *booster pump* tidak mencapai target tekanan normalnya. Dari data Tabel 1 tekanan normal sesuai *manual book* yaitu 3,2 bar hingga 3,5 bar, hasil pengamatan dalam waktu 6 hari terbaca tekanan air terendah yaitu 2,8 bar dan tekanan paling tinggi 3,1 bar. Hasil data tekanan pompa selama 6 hari belum optimal sehingga RO terus kurang produktivitasnya.

Permasalahan penurunan tekanan pompa mempengaruhi produktivitas RO secara langsung. Data produksi air tawar ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Produktivitas RO

HASIL OBSERVASI	PRODUKSI YANG DIHASILKAN	PRODUKSI NORMAL
PERFORMA RO	10 Ton	22 Ton
	12 Ton	22 Ton
	15 Ton	22 Ton
	10 Ton	22 Ton
	12 Ton	22 Ton
	13 Ton	22 Ton

Berdasarkan data pengamatan (observasi) pada Tabel 2, produksi air tawar berkaitan dengan membran filter RO selama 24 jam paling rendah adalah 10 Ton dan paling tinggi 15 Ton. Sesuai buku manual normalnya RO produksi air tawar sebanyak 22 Ton per hari. Hasil observasi yang telah dilakukan selama 6 hari sesuai Tabel 2, bahwa produksi air tawar tidak mencapai target. Data penelitian berhubungan dengan *High Pressure Pump* pada RO ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tekanan *High Pressure Pump*

HASIL OBSERVASI	TEKANAN YANG DIHASILKAN	TEKANAN NORMAL
PERFORMA HPP	40 Bar	50 – 70 Bar
	35 Bar	50 – 70 Bar
	42 Bar	50 – 70 Bar
	38 Bar	50 – 70 Bar
	41 Bar	50 – 70 Bar
	40 Bar	50 – 70 Bar

Data pada tekanan *high pressure pump* yaitu dari tekanan paling rendah 35 Bar dan yang paling tinggi yaitu 42 Bar, tentunya masih jauh dari tekanan kerja normal yaitu 50 – 70 Bar. Akibat dari tekanan HPP tidak mencapai tekanan normal ini sangat berpengaruh terhadap sistem dalam memproduksi menjadi air tawar. Efektivitas RO dalam menghasilkan air tawar sangat bergantung pada proses pemurnian molekul air, RO berfungsi secara efisien jika komponen dalam kondisi baik.

Faktor penyebab membran filter tidak dapat mencapai target produksi air tawar, yaitu:

1. Kondisi Hose RO bocor / rusak



Gambar 4. Kebocoran High Press Hose

Kerusakan *hose* disebabkan oleh tekanan pada pompa yang terlalu tinggi, ataupun gesekan yang terjadi pada peralatan.

2. Kondisi filter micron kotor



Gambar 5. Micron Fiber Kotor

Filter micron memiliki ukuran 1 hingga 50 mikron, dengan ukuran pori-pori yang kecil berfungsi sebagai penyaring kotoran.

3. Kerusakan membran filter



Gambar 6. Membran Fiber Mikron

Membran filter mikron RO adalah komponen kunci dalam proses merubah air laut menjadi air tawar. Kerusakan membran filter disebabkan oleh kotoran yang masuk kedalam membran seperti partikel halus, seperti air kotor, kandungan pasir atau lumpur.

Upaya yang dilakukan untuk menjaga performa RO dalam produksi air tawar antara lain yaitu:

1. Kebersihan aliran masuk awal sistem yaitu *seachest* utama, perlunya pembersihan secara rutin dan berkala sesuai PMS.
2. Pergantian *mechanical seal* pada *high pressure pump*, jika terjadi kebocoran, atau penggantian unit jika terjadi kerusakan.
3. Pembersihan atau pergantian membran filter mikron juga menjadi langkah penting dalam menjaga efisiensi kerja RO. Pembersihan rutin untuk mencegah penyumbatan partikel padat seperti pasir dan lumpur.
4. Perawatan rutin dilakukan untuk menjaga tekanan hidrostatik pada membran filter, sehingga pemisahan partikel garam dalam air laut menjadi air tawar.
5. Peningkatan keilmuan tentang sistem RO bagi crew kapal / engineer sangat penting untuk menjaga dan meningkatkan kinerja sistem RO.

SIMPULAN

Sistem *watermaker* RO diperlukan tekanan kerja hidrostatik yang baik untuk menjaga produksi air tawar. Data menunjukkan bahwa tekanan yang dihasilkan oleh *booster pump* tidak mencapai nilai normal sesuai standar manual, yaitu antara 3,2 hingga 3,5 bar, dengan hasil terendah 2,8 bar dan tertinggi 3,1 bar. Hal ini menyebabkan kinerja RO tidak maksimal dan menghambat produksi air tawar yang ideal.

Performa *high pressure pump* menunjukkan tekanan kerja jauh dari normal yaitu 50-70 bar, dengan tekanan tertinggi hanya mencapai 42 bar dan terendah 35 bar. Akibatnya, produksi air tawar hanya mencapai 10 hingga 15 ton per hari, dengan target normal 22 ton / hari. Faktor penurunan produksi RO disebabkan oleh kerusakan *high pressure pump*, membran filter mikron yang kotor, saluran pipa yang tersumbat, serta strainer *seachest* yang tidak bersih.

Langkah perawatan dan perbaikan dilakukan untuk mengatasi permasalahan penurunan produksi air, penggantian komponen yang rusak dan melakukan perawatan secara rutin, dan peningkatan keilmuan SDM / engineer di kapal baik untuk menjaga performa RO *watermaker*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti, D., & Widiassa, I. N. (2011). Aplikasi Teknologi Reverse Osmosis Untuk Pemurnian Air Skala Rumah Tangga D. Ariyanti, I N. Widiassa *). *Lingkungan*, 32(3), 193.
- Cheryan, M. (1998). *ultrafiltration and microfiltration*.
- Elisa Kasli, A. (2016). *Pengaruh Massa Jenis Benda Terhadap Tekanan Hidrostatik*. I, 16–19.
- M.Mulder, 1996. (1996). *Basic Principles of Membran Technologi*.
- Robiatun, R. (2017). Membran Reverse Osmosa Dalam Proses Desalinasi Air Laut. In *Jurnal Kimia dan Kemasan* (pp. 38–46). <https://doi.org/10.24817/jkk.v0i0.3277>
- Said, N. I. (2018). Uji Kinerja Pengolahan Air Siap Minum Dengan Proses Biofiltrasi, Ultrafiltrasi Dan Reverse Osmosis (Ro) Dengan Air Baku Air Sungai. *Jurnal Air Indonesia*, 5(2), 144–161. <https://doi.org/10.29122/jai.v5i2.2444>
- Sefentry, A., & Masriatini, R. (2020). Pemanfaatan Teknologi Membran Reverse Osmosis (RO) Pada Proses Pengolahan Air Laut menjadi Air Bersih. *Jurnal Redoks*, 5(1), 58. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i1.4128>
- Singgih, H. S., Subiyantoro, S., & Siswoko, S. (2019). Aplikasi Kontrol Pid Pada Proses Pengolahan Air Laut Menggunakan Metode Reverse Osmosis Berbasis Dcs. *Jurnal Eltek*, 17(2), 32. <https://doi.org/10.33795/eltek.v17i2.157>
- Wang, X., & Feng, H. (2023). Investigating the Role Played by Osmotic Pressure Difference in Osmotic Dehydration: Interactions between Apple Slices and Binary and Multi-Component Osmotic Systems. *Foods*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/foods12173179>