

Observasi Data Statistik untuk Optimalisasi Perawatan Reverse Osmosis Plant Guna Mempertahankan Produksi Air Tawar di Kapal MT. Vega 1

Pasca Fransiskus Siregar¹, Thaibil Anwar^{2*}, Andi Fiardi³, Alda Lidya Siburian⁴

^{1,2,3,4} Politeknik Pelayaran Malahayati, Indonesia

E-mail: thaibil@poltekelaceh.ac.id

**Corresponding Author*

ABSTRAK

Air tawar merupakan kebutuhan vital dalam berbagai operasi kegiatan pelayaran, termasuk untuk kebutuhan keseharian awak kapal. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, kapal dilengkapi dengan sistem yang mengubah air laut menjadi air tawar, dengan teknologi yang umum digunakan berupa Reverse Osmosis (RO). Perawatan sistem permesinan di kapal laut, termasuk RO, sangat penting untuk memastikan mesin bekerja secara optimal. Oleh karena itu, setiap ahli mesin kapal perlu dibekali pengetahuan untuk merawat dan memperbaiki permesinan di atas kapal, termasuk reverse osmosis plant. Penelitian ini bertujuan untuk memahami lebih dalam mengenai perawatan yang harus dilakukan pada reverse osmosis plant dan faktor-faktor yang dapat mendukung kinerjanya agar beroperasi dengan optimal. Penelitian dilakukan di kapal MT. Vega 1 selama praktek laut yang berlangsung dari 24 Maret 2024 hingga 24 Maret 2025. Sumber informasi diperoleh melalui metode penelitian observasi langsung pada sistem RO dan wawancara dengan kru departemen mesin di MT. Vega 1, serta literatur terkait. Hasil observasi pada permesinan reverse osmosis di kapal MT. Vega 1 menunjukkan dua kondisi: pertama, ketika dalam keadaan normal, RO plant memproduksi air tawar dengan rata-rata 13.928 liter pada 7 PPM, dan kedua, pada keadaan abnormal, hanya memproduksi 12.976 liter dengan 12 PPM. Perbedaan ini menyimpulkan penurunan produksi sebanyak 6,83% dan pentingnya perawatan juga perhatian yang optimal pada komponen reverse osmosis plant untuk menjaga kinerjanya. Untuk memastikan sistem RO tetap efisien dan tahan lama, diperlukan pemeliharaan rutin pada fine filter, basket strainer, pengisian rutin tangki chemical, juga pemantauan tekanan dan PPM, karena tanpa perawatan yang memadai, kinerja sistem akan menurun seiring waktu.

Kata Kunci: *optimalisasi, perawatan, reverse osmosis, produksi, air tawar.*

PENDAHULUAN

Dalam dunia pelayaran, ketersediaan air tawar menjadi kebutuhan vital bagi kru dan operasional kapal. Salah satu solusi yang banyak digunakan adalah sistem reverse osmosis (RO), yang mampu mengubah air laut menjadi air tawar layak pakai melalui proses filtrasi bertekanan tinggi. Namun, lingkungan laut yang keras dan kondisi operasional kapal yang dinamis sering menyebabkan sistem RO mengalami penurunan performa, seperti penyumbatan membran, menghambat sistem, hingga kerusakan komponen. Tanpa perawatan yang optimal, hal ini dapat meningkatkan konsumsi energi, biaya perbaikan, serta mengganggu kelangsungan operasi kapal. Oleh karena itu, optimalisasi perawatan sistem RO di kapal menjadi sangat penting untuk menjaga kinerja filtrasi tetap maksimal, memperpanjang umur peralatan, dan mengurangi kerusakan. Perawatan berbasis prediktif, penggunaan bahan pembersih yang sesuai seperti cairan kimia (chemical), serta penerapan prosedur monitoring rutin merupakan langkah-langkah strategis untuk memastikan keandalan sistem RO selama perjalanan laut.

Air laut adalah air dari laut atau samudera. Air laut mengandung kadar garam rata-rata 3,5%. Artinya dalam 1 liter (1000 mL) air laut terdapat 35 gr garam (terutama, namun tidak seluruhnya garam dapur/NaCl). Zat-zat garam-garaman yang utama yang terkandung dalam air laut adalah Klorida (55%), Natrium (31%), Sulfat (8%), Magnesium (4%), Kalsium (1%), Potasium (1%) dan sisanya kurang dari 1% terdiri dari Bikarbonat, Bromida, asam Borak, Strontium dan Florida (Adriani, 2020:24-25).

Air bersih di kapal adalah air tawar yang berkualitas dan aman untuk dikonsumsi serta digunakan untuk keperluan sehari-hari di atas kapal, seperti minum, memasak, mandi, dan sanitasi (Roofiif & Anwar, 2025). Air bersih ini sering kali didapatkan melalui proses pengolahan air laut, salah satunya adalah desalinasi dengan metode reverse osmosis. Air telah menjadi kebutuhan utama yang sangat penting bagi manusia dan makhluk hidup. Air merupakan kebutuhan dasar manusia. Lebih dari 70% tubuh manusia terdiri dari air (75 % di otak, 75% di jantung, 86% di paru-paru, 86% di hati 83% di ginjal, 75% di otot, dan 83% di darah). Air diperlukan oleh semua organ tubuh agar dapat berfungsi dengan sempurna, misal: dalam proses pembuangan racun (toxic), pelicin bagi sendi-sendi, membantu proses pencernaan, menstabilkan suhu tubuh, dan memperlancar proses metabolisme tubuh (Dhamayanthie & An'nur, 2021:255).

Menurut WHO (World Health Organization), air minum yang layak dikonsumsi memiliki kadar TDS (Total Dissolved Solid) < 300 ppm (parts per million), TDS adalah jumlah zat terlarut dengan satuan (ppm). Nilai TDS memiliki beberapa kriteria kualitas air, yaitu <300 ppm tergolong kualitas air yang sangat baik, 300-600 ppm tergolong kualitas air yang baik, 600-900 ppm tergolong kualitas air yang rata-rata, 900-1200 ppm tergolong kualitas air yang buruk, dan >1200 tergolong kualitas air yang sangat buruk (tidak diterima).

Reverse osmosis (Osmosis terbalik) atau RO 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) (Chairunissa, Prasetyo, & Mulyadi, 2021:67). Teknologi ini umum digunakan untuk memurnikan air, menghilangkan garam, logam berat, kontaminan organik, dan mikroorganisme, sehingga menghasilkan air berkualitas tinggi untuk konsumsi,

industri, maupun aplikasi lainnya. (Yuliana et al., 2022) mengungkapkan bahwa reverse osmosis sangat efektif menghilangkan mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan protozoa karena ukuran pori membran yang sangat kecil, yaitu sekitar 0,0001 mikron. Air bersih hasil reverse osmosis memiliki tingkat kemurnian yang tinggi karena mampu menghilangkan lebih dari 95% kandungan ion dan partikel terlarut Santoso dan Raharjo (2020).

Reverse osmosis (RO) merupakan salah satu metode filtrasi bertekanan tinggi yang efektif dalam mengolah air laut menjadi air tawar. Filtrasi di aplikasikan dalam pengolahan air, dimana air dilewatkan suatu media yang berporositas tertentu untuk menghilangkan padatan yang tidak diinginkan (Chairunissa, Prasetyo, & Mulyadi, 2021:68). Prinsip kerja teknologi ini adalah memanfaatkan membran semipermeabel untuk menyaring air, di mana air dipaksa untuk melewati membran dengan tekanan tinggi, sementara kontaminan dan zat padat terlarut tertinggal. Sistem ini sangat efisien dalam menghilangkan berbagai jenis kontaminan yang terdapat dalam air laut. Oleh karena itu, teknologi RO sering digunakan untuk menghasilkan air bersih dari sumber air yang tercemar, baik untuk kebutuhan industri maupun domestik.

Produksi reverse osmosis (RO) adalah proses pemurnian air yang menghasilkan air tawar dengan menghilangkan garam, mineral, dan kontaminan lain dari air baku menggunakan membran semipermeabel. Prinsip dasar kinerja RO yakni proses fisik menggunakan tekanan osmosis. Perbedaan tekanan osmotik antara air asin dan air tawar dimanfaatkan untuk menghilangkan garam dari air. Tekanan lebih besar dari tekanan osmotik pada air asin dimanfaatkan untuk membalikkan aliran, sehingga menghasilkan air murni (air tawar) (Ragetisvara & Titah, 2021: F70).

Teknologi reverse osmosis tidak hanya berfungsi dalam menghilangkan zat padat terlarut, tetapi juga berperan penting dalam menjamin keamanan mikrobiologis air. Ukuran pori membran yang sangat kecil membuat sistem ini mampu menyaring partikel berbahaya secara efektif. Membran RO tidak mempunyai ukuran pori-pori yang berbeda dan hanya memiliki satu ukuran yang seragam. RO membran dapat menolak kontaminan yang terkecil, ion monovalen, dan material-material pengotor lainnya (Chairunissa, Prasetyo, & Mulyadi, 2021:69).

Membran Reverse Osmosis didefinisikan sebagai membran semipermeabel yang mampu melakukan pemisahan air tawar dari larutan garam dengan tekanan yang lebih tinggi dari tekanan osmosis larutan garam. Pemisahan komponen terlarut berukuran 0,001 sampai 0,01 μm dan partikel yang berat molekulnya rendah dapat dilakukan oleh membran Reverse Osmosis (Seventry & Masriani, 2020:60). Membran reverse osmosis merupakan komponen utama dalam sistem pemurnian air yang sangat rentan terhadap penurunan kinerja akibat penumpukan kotoran atau kerusakan fisik. Masa pakai atau umur membran RO dipengaruhi oleh kualitas air baku dan cara perawatan atau cleaning yang tepat (Nugroho et al., 2023:271).

(Ragetisvara dan Titah, 2021:F70-F71) menjelaskan bahwa RO memiliki kelebihan dan kekurangan dalam kinerjanya. Berikut merupakan kelebihan dari RO: RO mampu menghilangkan zat terlarut dan tidak memerlukan penambahan bahan kimia, RO tidak memerlukan pemanasan tambahan, sehingga air garam yang keluar dari proses memiliki suhu yang sama dengan air umpan, RO dapat dilakukan pada suhu ruang tanpa perubahan fase, ruang peralatan operasi kecil

dan menghasilkan kualitas air sangat baik, Efisiensi sistem RO sangat tinggi, membutuhkan peralatan sederhana, dan perawatan mudah.

Sedangkan beberapa kekurangan sistem RO, yaitu: RO tidak praktis untuk menangani air yang masuk dalam rumah. Kerugian terdapat pada jumlah air yang terbuang oleh proses tersebut, Sistem RO membutuhkan bahan, material, dan peralatan dengan kualitas yang cukup tinggi, Membran RO rentan terhadap fouling, sedimentasi padatan tersuspensi, atau terjadinya korosi sehingga air umpan berupa air laut/ air limbah perlu dilakukan pretreatment. RO memerlukan pencucian membran untuk mencegah fouling sehingga biaya dan energi yang dikeluarkan lebih besar.

Perawatan reverse osmosis (RO) adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan secara rutin untuk menjaga kinerja sistem RO agar tetap optimal, mencegah kerusakan membran dan filter, pompa bertekanan tinggi, serta memperpanjang umur pakai komponen. 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 water maker (Luvis et al., 2025:27).

Proses pengolahan air menggunakan sistem reverse osmosis (RO) merupakan salah satu metode yang efektif untuk menghasilkan air bersih, namun keberhasilan sistem ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, terutama pada tahapan pra-pemrosesan air baku sebelum melewati membran. Oleh karena itu, umumnya reverse osmosis di atas kapal digunakan dengan memperhatikan kualitas air laut di sekitar kapal untuk mengurangi peluang terjadinya penyumbatan pada filter atau kerusakan pada filter dan membran. Penggantian filter yang tidak terjadwal dengan baik, yang dapat mempengaruhi kualitas air yang dihasilkan. Filter RO harus diganti secara teratur agar sistem tetap berfungsi dengan optimal. Penggantian filter yang tidak teratur dapat menyebabkan penurunan efisiensi sistem, akumulasi kontaminan, dan penurunan kualitas air (Karim et al., 2025:126). Studi menunjukkan bahwa penggantian filter yang kurang terkontrol tidak hanya mempengaruhi kualitas air tetapi juga dapat menambah biaya operasional dan mempengaruhi umur panjang sistem RO itu sendiri (Ahmed et al., 2023:4).

Optimalisasi sistem reverse osmosis diperlukan untuk meningkatkan efisiensi produksi air tawar di kapal melalui pengaturan tekanan operasi dan frekuensi pembersihan membran (Adityawarman, A., Sari, D. P., & Yulianto, M., 2020). Untuk memudahkan kru kapal dalam perawatan dan pengoptimalan, teknologi reverse osmosis (RO) disertai dengan sensor yang dapat mendeteksi kualitas air atau tekanan air yang tidak sesuai dengan toleransi. Penentuan tindakan terhadap kualitas air yang ada dan mengambil tindakan yang sesuai secara otomatis, serta mengontrol operasional mesin RO berdasarkan hasil pengukuran sensor (Karim et al., 2025:131). Pemanfaatan sensor online untuk monitoring tekanan dan kualitas air pada sistem RO dapat membantu dalam pengambilan keputusan perawatan secara real-time (Fitriani, E., & Kurniawan, D., 2023). Penggunaan sensor tekanan dan PPM secara real-time sangat membantu dalam menentukan waktu optimal untuk melakukan pembersihan sistem RO (Kusuma dan Ramadhan, 2021).

Kinerja sistem reverse osmosis sangat dipengaruhi oleh kondisi dari setiap komponen reverse osmosis. Kinerja membran RO dapat dipertahankan

optimal jika perawatan rutin diintegrasikan dengan inspeksi fisik dan monitoring parameter operasi (Fitriani dan Siregar, 2022). Dalam sistem reverse osmosis terdapat beberapa perhitungan yang dipergunakan untuk menilai kinerja sistem reverse osmosis dan pertimbangan perancangannya seperti kualitas, aliran, tekanan, dan penunjang lainnya seperti suhu dan waktu operasi. Kinerja sistem reverse osmosis memerlukan parameter operasi minimal seperti: tekanan umpan, tekanan permeat, tekanan konsentrasi, ketinggian umpan, konduktivitas permeat, aliran umpan, aliran permeat, suhu (Akbar, Kuspambudi Jaya, & Utami, 2020:29). Oleh karena itu, strategi perawatan yang tepat menjadi kunci untuk menjaga keoptimalan, stabilitas dan kapasitas produksi air tawar.

Kualitas hasil produksi reverse osmosis bergantung pada efisiensi pra-pemrosesan air baku sebelum masuk ke membran (Mulyani et al, 2020). Oleh karena itu, umumnya reverse osmosis di atas kapal digunakan dengan memperhatikan kualitas air laut di sekitar kapal untuk mengurangi peluang terjadinya penyumbatan pada filter atau kerusakan pada filter dan membrane. Kualitas air bersih RO sangat dipengaruhi oleh kondisi membran dan frekuensi perawatan rutin yang dilakukan (Wulandari et al, 2023).

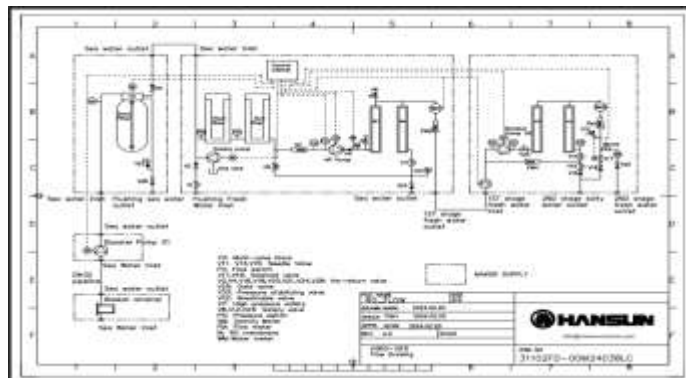
METODE PENELITIAN

Parameter seperti jumlah produksi, PPM, temperatur air, dan tekanan diobservasi pada reverse osmosis plant di kapal MT. Vega 1 dengan spesifikasi tipe HSRO-15FD dan nomor seri RO 01196. Reverse osmosis bermerek Hansun ini dapat memproduksi air tawar dengan kapasitas hingga 15 ton per harinya (24 jam). Sumber air baku yang dapat diproses oleh reverse osmosis yang diproduksi oleh Hansun ini adalah air laut dan air payau.

Data dikumpulkan dengan mengobservasi jumlah produksi, PPM, temperatur air, dan tekanan selama 41 hari selama reverse osmosis plant beroperasi, data yang didapatkan melalui pencarian rata-rata, dicari selisih dari keadaan normal dan abnormal, kemudian dicari persentase penurunan produksi dari reverse osmosis plant.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menunjang keoptimalan dalam memproduksi air tawar dibutuhkan beberapa sistem yang berjalan pada reverse osmosis plant.



1. Pra-filtrasi Sub-Sistem

Sistem pra-filtrasi ini berfungsi menyaring kotoran padat tersuspensi yang berukuran lebih besar dari 3 μm dari air laut guna melindungi pompa

bertekanan tinggi dari kerusakan dan pencegahan pembentukan kerak dini pada membran reverse osmosis. Saklar tekanan rendah dipasang di saluran masuk pompa bertekanan tinggi untuk memantau tekanan air keluar dari pre-filter. Bila tekanan air keluar lebih rendah dari nilai yang telah ditentukan, pompa tekanan tinggi akan berhenti beroperasi dan sistem akan mengirim sinyal alarm. Pengukur tekanan dipasang di saluran masuk dan keluar dari masing-masing filter. Nilai pada pengukur tekanan digunakan untuk menentukan apakah filter pasir perlu dibersihkan kembali (backwash) lebih sering dan apakah elemen filter halus perlu diganti.

Pompa booster 01 memberikan tekanan air yang cukup untuk pencucian maju dan mundur pada filter pasir, serta memastikan tekanan air laut tetap cukup untuk masuk ke pompa bertekanan tinggi setelah melewati dua tahap filter halus. Penggunaan pompa booster yang tepat dapat memperpanjang siklus penggantian elemen filter, memperpanjang umur pemakaian filter dan pompa tekanan tinggi, serta menjamin operasi peralatan yang stabil.

Katup multi-jalur elektrik berkualitas tinggi (high quality electric multi-way valve) digunakan untuk menyesuaikan waktu pencucian maju dan mundur dari filter pasir berdasarkan kondisi operasi aktual, agar filter selalu dalam kondisi optimal.

Flow meter menunjukkan laju aliran air laut ke dalam sistem (satuan L/menit). Aliran air laut ini merupakan parameter penting untuk memantau kondisi kerja sistem; perubahan pada aliran juga bisa menunjukkan adanya kerusakan pada bagian sistem.

Filter pasir terdiri dari cangkang, group distributor air, dan bahan filter. Sistem akan melakukan backwash otomatis pada waktu yang telah ditentukan untuk mempertahankan efektivitas filtrasi dan mencegah partikel $>20\ \mu\text{m}$ masuk ke filter halus.

Terdapat dua filter halus, masing-masing dengan elemen filter $10\ \mu\text{m}$ dan $3\ \mu\text{m}$. Elemen filter ini perlu diganti secara berkala. Bila perbedaan tekanan sebelum dan sesudah filter lebih besar dari 0.2 MPa, elemen filter harus diganti.

2. High Pressure Subsistem (Subsistem bertekanan tinggi)

Sistem tekanan tinggi dan aliran merupakan dua parameter penting dari sistem reverse osmosis, keduanya harus dijaga pada tingkat yang ditentukan atau sistem tidak akan berfungsi dengan benar. Tekanan kerja normal dari sistem reverse osmosis adalah 4,5-6 MPa. Ketika tekanan lebih rendah dari 4,5 MPa, hasil air tidak akan mencapai aliran desain; ketika tekanan lebih tinggi dari 6 MPa, saklar tekanan tinggi akan secara otomatis memutus operasi sistem. Pompa bertekanan tinggi yang digunakan dalam sistem reverse osmosis adalah pompa pendorong air laut dengan kualitas andal dan pengoperasian yang stabil.

Saklar tekanan tinggi (high pressure switch) digunakan untuk menghindari operasi sistem dengan tekanan berlebih; saat tekanan operasi sistem melebihi nilai yang ditetapkan saklar tekanan tinggi, sistem akan secara otomatis menghentikan operasi dan mengirimkan sinyal alarm.

Katup pengaman bertekanan tinggi (high pressure safety valve) digunakan untuk melindungi bagian-bagian sistem yang bertekanan tinggi.

Ketika tekanan operasi sistem melebihi nilai yang ditetapkan, katup ini dapat secara efektif mencegah peningkatan tekanan operasi sistem. Pengukur tekanan tinggi digunakan untuk menunjukkan tekanan keluar dari kelompok membran dan pompa bertekanan tinggi.

Cangkang membran terbuat dari plastik yang diperkuat serat kaca dan dilengkapi dengan membran reverse osmosis di dalamnya. Tekanan kerja maksimum cangkang membran dapat mencapai 6,9 Mpa, yang memiliki ketahanan korosi yang sangat tinggi; tekanan kerja maksimum membran reverse osmosis dapat mencapai 8,3 Mpa, dan laju desalinasi membran tunggal dapat mencapai lebih dari 99,5%.

3. 2nd Stage Booster Subsistem (Subsistem tahap kedua)

Subsistem tahap kedua digunakan untuk memperoleh air dengan kadar garam yang lebih rendah. Tekanan operasi normal sistem adalah 0,7-1,3 MPa. Ketika tekanan lebih rendah dari 0,7 MPa, hasil air tidak akan mencapai nilai. Dengan penurunan suhu air secara bertahap, tekanan RO yang dibutuhkan akan meningkat secara bertahap. Ketika tekanan RO yang dibutuhkan melebihi booster pump 02, hasil air akan berkurang seiring dengan penurunan suhu air.

Saklar aliran (flow switch) digunakan untuk mengendalikan mulai dan berhentinya booster pump 02 secara otomatis. Ketika flow switch bekerja, pompa pendorong 02 akan menunda waktu mulainya; ketika flow switch tidak bekerja, pompa pendorong 02 akan secara otomatis berhenti bekerja. Pengukur tekanan digunakan untuk menunjukkan tekanan keluar dari kelompok membran, tekanan masuk dan keluar booster pump 02.

Katup pengatur aliran (flow regulating valve) digunakan untuk mengatur aliran keluar booster pump 02; katup pengatur tekanan (pressure regulating valve) digunakan untuk mengatur tekanan osmosis balik dalam modul.

Cangkang membran terbuat dari plastik yang diperkuat serat kaca dan dilengkapi dengan membran reverse osmosis di dalamnya. Tekanan kerja maksimum cangkang membran dapat mencapai 2,1 MPa, yang memiliki ketahanan korosi yang sangat tinggi; tekanan kerja maksimum membran reverse osmosis dapat mencapai 4,4 MPa, dan laju desalinasi membran tunggal dapat mencapai lebih dari 99%.

4. Product Water Monitoring Subsistem (Subsistem pemantauan air produksi)

Pengukur aliran digunakan untuk mengamati aliran produksi air. Air keluar dari solenoid valve yang memenuhi syarat dan tidak memenuhi syarat dikontrol oleh sistem. Ketika sistem mengonfirmasi bahwa salinitas air yang diproduksi memenuhi syarat, katup solenoid pembuangan air yang memenuhi syarat dibuka, dan air tawar yang memenuhi syarat memasuki tangki air tawar, ketika air yang diproduksi tidak memenuhi syarat, katup solenoid pembuangan air yang tidak memenuhi syarat dibuka. Pengukur salinitas dapat menampilkan nilai salinitas air produk secara real time. Salinitas air yang diproduksi dalam sistem merupakan parameter penting, yang dapat digunakan untuk menilai apakah membran reverse osmosis perlu diganti atau dibersihkan secara kimia.

Selama penulis melaksanakan praktek laut di kapal MT. Vega 1, tangki pengisian dengan tangki pemakaian air tawar selalu berbeda, menurut Chief Engineer MT. Vega 1 hal tersebut dilakukan untuk mengetahui rata-rata tinggi volume air tawar di dalam tangki saat pengecekan (sounding). Sounding tangki air tawar dilakukan rutin setiap pagi oleh oiler yang berdinis jaga pada jam 04.00-08.00. Oiler melaporkan pada saat meeting atau diskusi sebelum melaksanakan pekerjaan harian bahwasannya saat terjadi alarm high PPM dalam 24 jam maka penambahan tinggi sounding volume air tawar dalam tangki berkurang dari biasanya. Lalu penulis bersama Chief engineer di kapal MT. Vega 1 melakukan pengecekan pada flow meter yang dicatat pada engine log book.

Tabel Catatan Harian Flow Meter Air Tawar yang Masuk ke Tangki Air Tawar pada Engine Log Book selama 41 hari

Tanggal	Flow Meter (liter)	KET
30-11-24	801382	Normal
01-12-24	814824	Normal
02-12-24	828431	Normal
03-12-24	842441	Normal
07-12-24	870878	Normal
08-12-24	884444	Normal
09-12-24	898089	High PPM
10-12-24	910727	Normal
11-12-24	925028	Normal
12-12-24	938930	Normal
13-12-24	953007	Normal
14-12-24	966703	Normal
15-12-24	980462	Normal
16-12-24	994216	Normal
17-12-24	1008519	Normal
18-12-24	1022721	High PPM
22-12-24	1035930	Normal
23-12-24	1049915	Normal
24-12-24	1063938	Normal
25-12-24	1078244	Normal
26-12-24	1091921	Normal
27-12-24	1105675	High PPM
28-12-24	1118780	Normal
29-12-24	1132988	Normal
30-12-24	1146890	Normal
31-12-24	1161153	Normal
01-01-25	1175052	Normal
02-01-25	1189360	Normal
03-01-25	1203461	Normal
04-01-25	1217108	Normal
08-01-25	1231147	High PPM
09-01-25	1244190	Normal
10-01-25	1258154	Normal

11-01-25	1272376	Normal
12-01-25	1285936	Normal
13-01-25	1299841	Normal
14-01-25	1313515	Normal
15-01-25	1327736	High PPM
16-01-25	1340623	Normal
17-01-25	1354232	Normal
18-01-25	1367732	Normal

Sumber: dokumentasi penulis (2025)

Dari pengecekan jumlah produksi harian melalui flow meter yang tercatat pada engine log book, penulis menemukan produktivitas reverse osmosis yang berkurang pada saat terjadi alarm seperti high PPM dan high pressure dalam pengoperasian 1 harinya.

Untuk Penelitian ini, penulis melampirkan tabel observasi agar dapat dengan mudah mengetahui perubahan PPM, Pressure dari fine Filter, dan Flow meter produksi air tawar dari reverse osmosis plant mempertahankan jumlah produksi air tawar yang stabil.

Tabel Observasi Parameter Reverse Osmosis Plant

NO	Tanggal	Jam	Suhu Air Laut (°C)	Pressure Fine Filter (mpa)		PPM	Jumlah Produksi (liter)	KET
				10 μ m	3 μ m			
1	30-11-24	21.01	25	0.11	0.1	5	14569	Normal
2	01-12-24	21.23	24	0.13	0.13	5	14062	Normal
3	02-12-24	20.58	24	0.16	0.15	6	14228	Normal
4	03-12-24	21.14	25	0.17	0.16	8	13237	Normal
5	07-12-24	21.12	25	0.18	0.18	8	13566	Normal
6	08-12-24	21.17	26	0.2	0.2	9	13645	Normal
7	09-12-24	20.56	25	0.22	0.21	11	12638	High PPM
8	10-12-24	21.20	24	0.1	0.13	4	14301	Normal
9	11-12-24	20.55	25	0.11	0.14	5	13902	Normal
10	12-12-24	20.49	24	0.14	0.14	5	14077	Normal
11	13-12-24	20.12	24	0.16	0.15	6	13696	Normal

12	14-12-24	20.37	25	0.18	0.16	7	13759	Normal
13	15-12-24	21.00	25	0.18	0.17	6	13754	Normal
14	16-12-24	21.08	26	0.19	0.19	9	14303	Normal
15	17-12-24	21.22	25	0.2	0.19	10	14202	Normal
16	18-12-24	21.20	26	0.22	0.2	13	13209	High PPM
17	22-12-24	21.07	25	0.12	0.13	5	13985	Normal
18	23-12-24	21.00	26	0.13	0.13	5	14023	Normal
19	24-12-24	21.02	26	0.16	0.14	7	14306	Normal
20	25-12-24	20.39	25	0.17	0.15	5	13677	Normal
21	26-12-24	21.31	24	0.19	0.18	8	13754	Normal
22	27-12-24	20.56	26	0.23	0.21	11	13105	High PPM
23	28-12-24	20.59	25	0.11	0.1	4	14208	Normal
24	29-12-24	21.11	25	0.13	0.12	5	13902	Normal
25	30-12-24	21.20	24	0.13	0.13	5	14263	Normal
26	31-12-24	20.48	26	0.15	0.14	5	13899	Normal
27	01-01-25	20.52	25	0.17	0.15	7	14308	Normal
28	02-01-25	21.18	25	0.18	0.15	8	14101	Normal
29	03-01-25	21.03	25	0.19	0.18	9	13647	Normal
30	04-01-25	21.04	25	0.2	0.19	8	14039	Normal
31	08-01-25	21.05	26	0.22	0.21	12	13043	High PPM
32	09-01-25	20.44	26	0.11	0.12	6	13964	Normal
33	10-01-25	20.18	25	0.13	0.13	7	14222	Normal
34	11-01-25	20.34	24	0.14	0.13	8	13560	Normal
35	12-01-25	21.18	25	0.15	0.15	8	13905	Normal

36	13-01-25	21.12	25	0.18	0.17	7	13674	Normal
37	14-01-25	21.10	26	0.2	0.19	9	14221	Normal
38	15-01-25	20.10	25	0.24	0.22	11	12887	High PPM
39	16-01-25	21.11	26	0.1	0.11	6	13609	Normal
40	17-01-25	21.34	25	0.12	0.12	6	13501	Normal
41	18-01-25	21.18	25	0.14	0.13	7	13371	Normal
Rata-rata			25.1	0.16	0.15	7.2	13812	

Sumber: dokumentasi penulis (2025)

Tabel Parameter Reverse Osmosis Plant Keadaan Normal

NO	Tanggal	Jam	Suhu Air Laut (°C)	Pressure Fine Filter (mpa)		PPM	Jumlah Produksi (liter)	KET
				10 µm	3 µm			
1	30-11-24	21.01	25	0.11	0.1	5	14569	Normal
2	01-12-24	21.23	24	0.13	0.13	5	14062	Normal
3	02-12-24	20.58	24	0.16	0.15	6	14228	Normal
4	03-12-24	21.14	25	0.17	0.16	8	13237	Normal
5	07-12-24	21.12	25	0.18	0.18	8	13566	Normal
6	08-12-24	21.17	26	0.2	0.2	9	13645	Normal
7	10-12-24	21.20	24	0.1	0.13	4	14301	Normal
8	11-12-24	20.55	25	0.11	0.14	5	13902	Normal
9	12-12-24	20.49	24	0.14	0.14	5	14077	Normal
10	13-12-24	20.12	24	0.16	0.15	6	13696	Normal
11	14-12-24	20.37	25	0.18	0.16	7	13759	Normal
12	15-12-24	21.00	25	0.18	0.17	6	13754	Normal
13	16-12-24	21.08	26	0.19	0.19	9	14303	Normal

14	17-12-24	21.22	25	0.2	0.19	10	14202	Normal
15	22-12-24	21.07	25	0.12	0.13	5	13985	Normal
16	23-12-24	21.00	26	0.13	0.13	5	14023	Normal
17	24-12-24	21.02	26	0.16	0.14	7	14306	Normal
18	25-12-24	20.39	25	0.17	0.15	5	13677	Normal
19	26-12-24	21.31	24	0.19	0.18	8	13754	Normal
20	28-12-24	20.59	25	0.11	0.1	4	14208	Normal
21	29-12-24	21.11	25	0.13	0.12	5	13902	Normal
22	30-12-24	21.20	24	0.13	0.13	5	14263	Normal
23	31-12-24	20.48	26	0.15	0.14	5	13899	Normal
24	01-01-25	20.52	25	0.17	0.15	7	14308	Normal
25	02-01-25	21.18	25	0.18	0.15	8	14101	Normal
26	03-01-25	21.03	25	0.19	0.18	9	13647	Normal
27	04-01-25	21.04	25	0.2	0.19	8	14039	Normal
28	09-01-25	20.44	26	0.11	0.12	6	13964	Normal
29	10-01-25	20.18	25	0.13	0.13	7	14222	Normal
30	11-01-25	20.34	24	0.14	0.13	8	13560	Normal
31	12-01-25	21.18	25	0.15	0.15	8	13905	Normal
32	13-01-25	21.12	25	0.18	0.17	7	13674	Normal
33	14-01-25	21.10	26	0.2	0.19	9	14221	Normal
34	16-01-25	21.11	26	0.1	0.11	6	13609	Normal
35	17-01-25	21.34	25	0.12	0.12	6	13501	Normal
36	18-01-25	21.18	25	0.14	0.13	7	13371	Normal
Rata-rata			25	0.15	0.14	7	13928	

Sumber: dokumentasi penulis (2025)

Tabel Parameter Reverse Osmosis Plant Keadaan Abnormal

NO	Tanggal	Jam	Suhu Air Laut (°C)	Pressure Fine Filter (mpa)		PPM	Jumlah Produksi (liter)	KET
				10 µm	3 µm			
1	09-12-24	20.56	25	0.22	0.21	11	12638	High PPM
2	18-12-24	21.20	26	0.22	0.2	13	13209	High PPM
3	27-12-24	20.56	26	0.23	0.21	11	13105	High PPM
4	08-01-25	21.05	26	0.22	0.21	12	13043	High PPM
5	15-01-25	20.10	25	0.24	0.22	11	12887	High PPM
Rata-rata			25.6	0.22	0.21	12	12976	

Sumber: dokumentasi penulis (2025)

Tabel diatas adalah tabel pengamatan penulis pada reverse osmosis plant di kapal MT. Vega 1 selama 41 hari pada saat reverse osmosis plant bekerja pada rute Dumai-Balikpapan. Pada kapal MT. Vega 1, reverse osmosis plant hanya digunakan dengan memperhatikan kondisi perairan dan kualitas air laut di sekitar kapal. Reverse osmosis plant tidak digunakan pada saat kapal berlayar pada perairan dengan kualitas air laut keruh, seperti Dumai, Hiep Phuoc, Palembang, karena akan merusak komponen pada reverse osmosis plant.

Pada tanggal 9 Desember 2024, 18 Desember 2024, 27 Desember 2024, 8 Januari 2025, 15 Januari 2025 terjadinya masalah pada reverse osmosis plant yaitu munculnya alarm high PPM pada monitor reverse osmosis plant. Hal tersebut menyebabkan air tawar hasil proses desalinasi tidak memenuhi syarat PPM yaitu 10 PPM, sehingga katup solenoid overboard terbuka dan katup solenoid menuju tangki air tawar tertutup.

Dalam penelitian ini penulis juga mengobservasi mengenai tekanan pada fine filter yang naik melebihi 0.2 Mpa. Lalu penulis mencoba mengecek keadaan fine filter dan penulis menemukan fine filter yang sudah dalam keadaan kotor. Hal tersebut menunjukkan bahwa air yang masuk ke fine filter tidak tersaring secara sempurna karena fine filter sudah dipenuhi oleh kotoran. Setelah mengecek fine filter, penulis juga mengecek basket strainer air laut yang masuk pada reverse osmosis plant, penulis menemukan kondisi basket strainer yang sangat kotor bahkan hampir tersumbat. Maka penulis melakukan pembersihan pada basket strainer.



Gambar Tekanan Fine Filter 10 μm dan 3 μm yang tinggi pada saat alarm high pressure dan high PPM



Gambar Kedua Fine Filter yang kotor pada saat alarm high pressure dan high PPM



Gambar Penggantian Fine Filter 10 μm dan 3 μm pada reverse osmosis plant



Gambar Tekanan Fine Filter 10 μ m dan 3 μ m dalam keadaan normal setelah dilakukan penggantian Fine Filter



Gambar Basket strainer yang tersumbat dan kotor
Sumber: dokumentasi penulis (2025)



Gambar Basket strainer yang sudah dibersihkan



Gambar Cairan chemical yang digunakan pada membran RO

Untuk memastikan sistem reverse osmosis (RO) dapat beroperasi secara efisien dan tahan lama, diperlukan kegiatan pemeliharaan yang rutin dan menyeluruh. Tanpa perawatan yang memadai, kinerja sistem akan menurun seiring waktu. Oleh karena itu, diperlukan prosedur perawatan rutin daripada kru departemen mesin, termasuk pengecekan tekanan pompa, penggantian filter, serta pemantauan kinerja membran secara berkala untuk memastikan sistem bekerja optimal dan memiliki umur pakai yang lebih panjang.

Perawatan yang dilakukan pada reverse osmosis di kapal MT. Vega 1 meliputi:

- 1) Melakukan pembersihan terhadap basket strainer setiap 36 jam selama sistem reverse osmosis beroperasi untuk menjaga kelancaran proses penyaringan awal.
- 2) Melakukan penggantian micro filter (fine filter) apabila tekanan pada fine filter melebihi 0,2 Mpa, guna menghindari penurunan efisiensi filtrasi.

- 3) Melakukan pengisian ulang tangki chemical membran ketika indikator menunjukkan level rendah (low level) untuk memastikan perlindungan dan performa optimal membran.
- 4) Melakukan penggantian high pressure pump apabila tekanan pompa berada di bawah 4,5 Mpa agar proses reverse osmosis tetap berjalan dengan tekanan yang sesuai dan efisien.

Perawatan rutin dan menyeluruh sangat penting untuk menjaga kinerja optimal sistem reverse osmosis. Beberapa hal yang mempengaruhi reverse osmosis plant tidak bekerja secara optimal meliputi:

1. Kualitas Air Laut yang Keruh

Air laut yang memiliki tingkat kekeruhan tinggi dapat menyebabkan penyumbatan pada tahap awal proses penyaringan. Kualitas air laut yang tidak sesuai standar kejernihan mempercepat terjadinya fouling (pengendapan kotoran) pada filter dan membran, yang berdampak pada berkurangnya umur operasional komponen.

2. Kotornya Fine Filter (Filter Mikro)

Filter mikro atau fine filter yang kotor menyebabkan hambatan aliran air dan meningkatkan beban kerja pompa. Fine filter atau filter mikro yang telah kotor akan menghambat aliran air, memicu peningkatan tekanan kerja pompa, dan berpotensi mengganggu proses filtrasi. Oleh karena itu, pengecekan, pembersihan, atau penggantian filter harus dilakukan secara terjadwal untuk menjaga kelancaran operasi sistem.

3. Tekanan Pompa yang Tidak Memadai

Pompa booster dan pompa tekanan tinggi memiliki peran penting dalam memastikan proses pemisahan di membran berlangsung efektif. Tekanan yang tidak mencukupi dari pompa booster maupun pompa tekanan tinggi akan berdampak langsung pada efektivitas pemisahan di membran RO. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kualitas air hasil serta meningkatkan konsumsi energi. Pompa booster dan pompa tekanan tinggi memiliki peran penting dalam memastikan proses pemisahan di membran berlangsung efektif.

4. Kurangnya Dosis Bahan Kimia Antiscalant

Antiscalant adalah bahan kimia yang berfungsi mencegah terbentuknya kerak (scaling) pada membran RO. Dosis yang tidak mencukupi akan mempercepat pembentukan endapan mineral, yang akhirnya menyumbat membran dan menurunkan performa sistem. Antiscalant berfungsi mencegah terbentuknya kerak mineral pada permukaan membran RO. Jika takaran bahan kimia ini kurang dari yang dibutuhkan, maka endapan mineral dengan cepat terbentuk dan menyumbat membran, sehingga menurunkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Monitoring dan penyesuaian dosis harus dilakukan berdasarkan analisis kualitas air baku.

Pengoperasian sistem reverse osmosis (RO) memerlukan perhatian dan perawatan yang intensif karena melibatkan proses teknis yang kompleks dan komponen yang sensitif, seperti membran tekanan tinggi. Sistem ini sangat

bergantung pada stabilitas tekanan, kualitas air baku, dan dosis bahan kimia yang tepat agar dapat berjalan dengan efisien. Tanpa pemantauan yang konsisten, risiko kerusakan akibat penyumbatan, kerak, atau tekanan yang tidak sesuai dapat meningkat, sehingga mengganggu proses penyaringan air dan menurunkan kualitas dan produksi air tawar. Berikut adalah dampak yang terjadi jika tidak dilakukan perawatan pada reverse osmosis plant:

- 1) Penyumbatan basket strainer dapat terjadi jika tidak dibersihkan secara berkala, yang menyebabkan aliran air terhambat dan meningkatkan tekanan kerja sistem.
- 2) Filter mikro (fine filter) yang tersumbat akibat tidak diganti tepat waktu akan mengurangi efisiensi penyaringan (kemampuan filter menyaring kotoran dari air laut tidak maksimal) dan dapat menyebabkan kerusakan pada beberapa komponen seperti pompa dan membran RO.
- 3) Pengisian chemical membran yang terlambat dapat menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme, pembentukan kerak (scaling), dan fouling pada membran, yang menurunkan efektivitas penyaringan.
- 4) Tekanan high pressure pump yang turun di bawah standar tanpa penggantian pompa dapat mengakibatkan proses osmosis terhenti atau tidak berjalan dengan efisien, sehingga menurunkan kualitas dan jumlah air hasil penyaringan.
- 5) Kerusakan pada membran akibat tekanan yang tidak stabil atau kualitas air laut yang tidak sesuai, mengurangi umur pakai membran dan meningkatkan biaya operasional.
- 6) Penurunan produksi air bersih secara keseluruhan, serta risiko kerusakan sistem yang lebih luas akibat kelalaian dalam perawatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan “Optimalisasi Perawatan Reverse Osmosis Plant Guna Mempertahankan Produksi Air Tawar di Kapal MT. Vega 1” dapat diambil kesimpulan:

1. Perawatan-perawatan yang dilakukan untuk mempertahankan keoptimalan pada reverse osmosis di kapal MT. Vega 1 meliputi: pembersihan terhadap basket strainer setiap 36 jam selama sistem reverse osmosis beroperasi, melakukan penggantian micro filter (fine filter) apabila tekanan pada fine filter melebihi 0,2 Mpa, melakukan pengisian ulang tangki chemical membran ketika indikator menunjukkan level rendah, melakukan penggantian high pressure pump apabila tekanan pompa berada di bawah 4,5 MPa.
2. Dampak yang terjadi jika tidak dilakukan perawatan pada reverse osmosis plant adalah: penyumbatan basket strainer, filter mikro (fine filter) yang tersumbat, pembentukan kerak (scaling) dan penyumbatan (fouling) pada membran, kualitas air tawar yang buruk, kerusakan pada membran, penurunan produksi air bersih secara keseluruhan.
3. Beberapa hal yang mempengaruhi reverse osmosis plant tidak bekerja secara optimal meliputi tingginya kekeruhan air laut, kondisi fine filter yang tidak bersih, tekanan pompa yang tidak memadai, dan dosis chemical anti-scalant yang tidak sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityawarman, A., Sari, D. P., & Yulianto, M. (2020). Optimalisasi Sistem Reverse Osmosis untuk Produksi Air Tawar di Kapal. *Jurnal Teknologi Maritim*, 9(2), 123–130.
- Adriani. (2020). *Pemanfaatan air laut sebagai sumber cadangan energi listrik*. Vertex Elektro, 12(2), 22–33. Universitas Muhammadiyah Makassar. p-ISSN: 1979-9772 | e-ISSN: 2714-7487.
- Ahmed, M. A., Amin, S., & Mohamed, A. A. (2023). Fouling in reverse osmosis membranes: Monitoring, characterization, mitigation strategies and future directions. *Heliyon*, 9(3), e14908.
- Akbar, D. R., Kuspambudi Jaya, A. D., & Utami, I. (2020). *Demineralisasi air AC dengan membran reverse osmosis*. Jurnal Teknik Kimia, 15(1), 28–33.
- Chairunisa, A. A., Prasetyo, D., & Mulyadi, E. (2021). *Pembuatan air demineral menggunakan membran reverse osmosis (RO) dengan pengaruh debit dan tekanan*. Jurnal Teknik Kimia, 15(2), 66–72.
- Dhamayanthie, I., & An Nur, H. (2021). *Kajian tentang kapasitas tangki ultrafiltrasi pada proses reverse osmosis di PT X*. Jurnal Indonesia Sosial Sains, 2(2), 254–264.
- Fitriani, E., & Kurniawan, D. (2023). Penerapan Monitoring Online untuk Optimalisasi Reverse Osmosis. *Jurnal Teknik Lingkungan ITB*, 29(1), 89–96.
- Fitriani, N., & Siregar, M. (2022). *Strategi Pemeliharaan Membran RO pada Instalasi Air Bersih Skala Menengah*. Jurnal Teknik Lingkungan Indonesia, 13(1), 55–62.
- Hansun Marine. (2024). *RO Fresh Water System HSRO-15FD: Operation, installation, and spare parts manual (Version A.0)*. Raffles Shipmanagement Services Pte Ltd.
- Karim, M. A., Andrasto, T., Suni, A. F., & Fathoni, K. (2025). *Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Reverse Osmosis (RO) Menggunakan Fuzzy Logic Metode Sugeno Berbasis Internet of Things*. INNOVATIVE: Journal of Social Science Research, 5(3), 124–148.
- Kusuma, H., & Ramadhan, R. (2021). *Pengembangan Sistem Monitoring Online untuk Instalasi RO*. Jurnal Teknik Elektro dan Informatika, 9(4), 412–418.
- Luvis, F., Khamdilah, A., Hidayat, E. N., & Pujiyanto, F. (2025). *Analisis membran filter mikron terhadap produktivitas reverse osmosis fresh water maker di MT. SC Warrior L*. JURNAL BARTEK, 1(1), 22–28.
- Mulyani, S., Darmawan, A., & Hasanah, I. (2020). *Pengaruh Pretreatment Terhadap Umur Membran Reverse Osmosis*. Jurnal Sains dan Teknologi Air, 11(2), 89–95.
- Nugroho, R., Yudo, S., Dinda, R. K. H., Setiyono, Ikbal, & Ardiana, C. (2023). *Upaya mempertahankan kapasitas membran Reverse Osmosis (RO) pada instalasi daur ulang air limbah di industri kaleng*. Jurnal Teknologi Lingkungan, 24(2), 264–272.
- Ragetisvara, A. A., & Titah, H. S. (2021). Studi Kemampuan Desalinasi Air Laut Menggunakan Sistem Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) pada Kapal Pesiar. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), F68–F75.
- Roofiif, I., & Anwar, T. (2025). Penggunaan Rerata Suhu saat Terbentuknya Bunga Es pada Provision Refrigeration Compressor KM Sinabung. *Points: Jurnal Matematika Dan Sains Pada Pelayaran*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14854167>

- Santoso, D., & Raharjo, B. (2020). *Strategi Perawatan Sistem Reverse Osmosis untuk Air Minum di Kapal*. Jurnal Kelautan Nasional, 15(1), 45–53.
- Seventry, A., & Masriani, R. (2020). *Pemanfaatan teknologi membran reverse osmosis (RO) pada proses pengolahan air laut menjadi air bersih*. Jurnal Teknik Kimia, 5(1), 58–64.
- WHO, 2003. Total dissolved solids in Drinkingwater. Geneva Switzerland: World Health Organization.
- Wulandari, R., Mahendra, R., & Fitria, Y. (2023). *Evaluasi Kesalahan Operasional dalam Sistem RO*. Jurnal Manajemen Rekayasa, 18(1), 29–37.
- Yuliana, R., Hidayat, T., & Pratama, D. A. (2022). *Perawatan Preventif Sistem RO untuk Instalasi Pengolahan Air Bersih*. Jurnal Teknologi Lingkungan, 23(3), 201–209.