

# Analisis Pengoptimalan Pengoperasian dan Daya *Watermaker* Guna Memenuhi Kebutuhan Air Tawar di Kapal Arenui Cruise

M Toeyeb

PT. Bahari Indonesia Raya  
Jalan Kutat Lestari 9Y/ Blok B, Sanur Kauh, Denpasar Selatan,  
Kota Denpasar, Bali  
[toeyeb1234@gmail.com](mailto:toeyeb1234@gmail.com)

Received: January 2026; Accepted: March 2026; Published: May 2026  
DOI: 10.30649/je.v7i1.159

## Abstrak

Kebutuhan air tawar di atas kapal merupakan sistem penting yang berpengaruh langsung terhadap kelancaran operasional dan kenyamanan awak kapal maupun penumpang. Pada Kapal Arenui Cruise, pemenuhan kebutuhan air tawar dilakukan dengan menggunakan sistem *watermaker* berbasis reverse osmosis (RO). Meskipun sistem ini mampu menghasilkan air tawar dari air laut, pengoperasiannya masih berpotensi menimbulkan pemborosan energi apabila tidak dikelola secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengoperasian *watermaker* yang digunakan, khususnya dari sisi kapasitas produksi, kebutuhan daya sistem, dan efisiensi energi, serta sistem optimasi agar sistem dapat bekerja lebih efektif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif analitis dengan pendekatan studi kasus, berdasarkan data operasional *watermaker* yang diperoleh selama enam hari pengamatan di Kapal Arenui Cruise. Data yang dianalisis meliputi jumlah produksi air tawar, kebutuhan air harian kapal, konsumsi daya sistem, dan nilai *specific energy consumption* (SEC). Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata produksi air tawar sebesar 2,92 m<sup>3</sup> per hari telah mampu memenuhi kebutuhan air tawar kapal sebesar 1,9 m<sup>3</sup> per hari. Namun demikian, nilai SEC yang dihasilkan masih tinggi, yaitu sebesar 40,67 kWh/m<sup>3</sup>, sehingga menunjukkan bahwa pengoperasian *watermaker* belum berjalan secara efisien. Berdasarkan hasil tersebut, disusun rekomendasi pengoptimalan berupa penyesuaian pola pengoperasian, peningkatan perawatan komponen utama, serta penyusunan standar operasional prosedur (SOP) pengoperasian dan perawatan *watermaker*. Penerapan SOP ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi serta menjaga keandalan sistem *watermaker* dalam memenuhi kebutuhan air tawar di Kapal Arenui Cruise.

**Kata kunci:** *Watermaker*, Reverse Osmosis, Efisiensi Energi, *Specific Energy Consumption*, SOP.

## Abstract

*Freshwater supply plays a crucial role in supporting ship operations, particularly on cruise vessels where water consumption is relatively high. Onboard Arenui Cruise, freshwater is produced using a reverse osmosis (RO) watermaker system. Although the system is capable of supplying freshwater from seawater, its operation may lead to inefficient energy usage if not properly managed. This study aims to*

*evaluate the operational performance of the watermaker system, focusing on freshwater production capacity, electrical power consumption, and energy efficiency, as well as to propose optimization measures for improved operation. The research was conducted using a descriptive analytical method with a case study approach, based on operational data collected over a six-day observation period onboard Arenui Cruise. The analyzed parameters include freshwater production volume, daily freshwater demand, electrical power usage, and specific energy consumption (SEC). The results show that the average freshwater production of 2.92 m<sup>3</sup> per day is sufficient to meet the ship's daily freshwater requirement of 1.9 m<sup>3</sup> per day. However, the average SEC value of 40.67 kWh/m<sup>3</sup> indicates that the watermaker system operates with relatively low energy efficiency. Based on these findings, several optimization strategies are proposed, including adjustments to operational practices, improved maintenance of key components, and the development of a standard operating procedure (SOP) for watermaker operation and maintenance. The implementation of these measures is expected to enhance energy efficiency and ensure a reliable freshwater supply onboard Arenui Cruise.*

**Keywords:** *Watermaker, Reverse Osmosis, Energy Efficiency, Specific Energy Consumption, SOP*

## I. PENDAHULUAN

Kapal merupakan sarana transportasi air dalam berbagai bentuk dan jenis, yang digerakkan oleh tenaga mekanik, tenaga angin, atau melalui proses penarikan. Pengertian ini juga mencakup kendaraan yang memiliki daya dukung dinamis, kendaraan bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang bersifat tetap dan tidak berpindah tempat. Air tawar merupakan salah satu kebutuhan vital dalam menunjang operasional kapal, terutama pada kapal wisata atau cruise yang mengangkut penumpang dalam jangka waktu pelayaran yang relatif lama. Ketersediaan air tawar di kapal tidak hanya diperlukan untuk kebutuhan konsumsi harian, tetapi juga untuk keperluan sanitasi, dapur, pendingin mesin, serta berbagai kebutuhan operasional lainnya. Oleh karena itu, sistem penyediaan air tawar yang efisien dan andal menjadi faktor penting dalam menjamin kenyamanan dan keselamatan pelayaran [1].

Seiring meningkatnya jumlah awak dan penumpang, ketergantungan kapal terhadap sistem produksi air tawar menjadi semakin besar. Desalinasi air laut melalui teknologi *reverse osmosis* (RO) meru-

pakan metode yang paling banyak digunakan pada kapal modern karena kemampuannya menghasilkan air tawar dalam jumlah besar dengan kualitas yang memenuhi standar air bersih [2]. Namun demikian, sistem RO dikenal memiliki konsumsi energi yang relatif tinggi, terutama pada pompa tekanan tinggi dan kondisi membran yang tidak optimal, sehingga berpotensi meningkatkan beban listrik kapal secara signifikan [3].

Kebutuhan dasar harian air bersih yang direkomendasikan adalah 50 liter per orang, termasuk air minum 2 liter, layanan sanitasi, kebersihan dan memasak [4]. Untuk kebutuhan air yang terus meningkat, produksi air tawar muncul sebagai solusinya. Desalinasi air laut yang melimpah telah muncul sebagai metode berkelanjutan untuk menghasilkan air tawar [3]. Menurut [5], perawatan kondisi diterapkan ketika kapal diperkirakan mengalami peningkatan tingkat kerusakan secara cepat, sehingga penentuan bentuk perawatan dilakukan secara mandiri. Sama halnya dengan perawatan rutin pada pesawat FWG, langkah tersebut dapat mencegah kerusakan maupun gangguan pada proses produksi air tawar sekaligus memperpanjang usia pemakaian pesawat. Dalam jangka

panjang, perawatan ini bertujuan menjaga kinerja FWG agar tetap optimal selama pelayaran jauh atau pelayaran laut. Untuk mempertahankan performa dan mencegah penurunan produksi, perawatan FWG harus dilakukan melalui manajemen yang tepat.

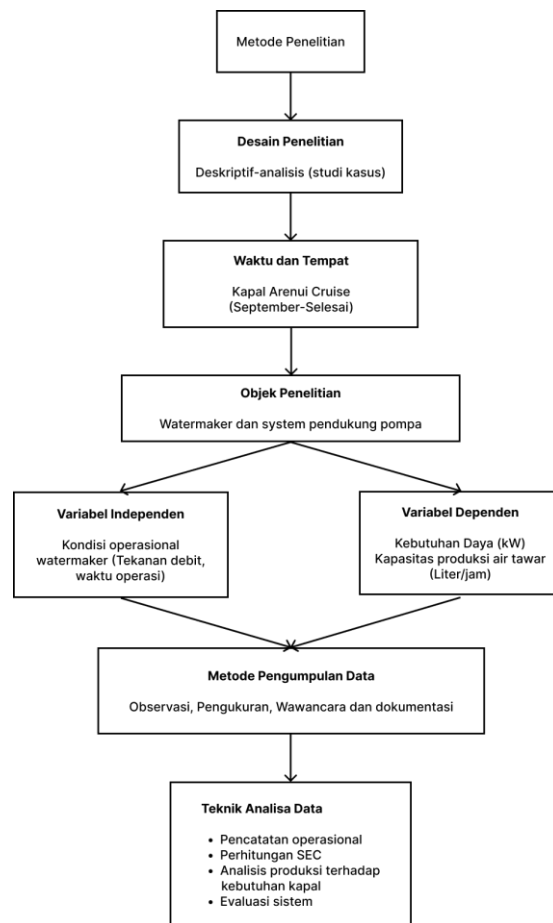
Pada kapal Arenui Cruise, pemenuhan kebutuhan air tawar sangat bergantung pada watermaker yang beroperasi dengan prinsip desalinasi, yaitu mengonversi air laut menjadi air tawar melalui metode distilasi atau reverse osmosis (RO). Walaupun teknologi watermaker telah banyak diterapkan, dalam praktiknya masih ditemui berbagai kendala, terutama terkait kapasitas produksi, tingkat konsumsi energi, serta efisiensi operasional.

Permasalahan tersebut berpotensi mengurangi ketersediaan air tawar di kapal sehingga dapat mengganggu pemenuhan kebutuhan baik bagi penumpang maupun awak kapal. Upaya pengoptimalan pengoperasian watermaker perlu dilakukan melalui analisis menyeluruh terhadap kinerja sistem, termasuk efisiensi energi, kapasitas produksi, serta strategi pemeliharaan. Dengan adanya analisis tersebut, diharapkan dapat ditemukan langkah-langkah teknis untuk meningkatkan kinerja watermaker sehingga kebutuhan air tawar di Arenui Cruise dapat terpenuhi secara efektif dan berkelanjutan.

Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk menganalisis kinerja dan konsumsi daya sistem watermaker di Kapal Arenui Cruise, tetapi juga diarahkan untuk menghasilkan luaran terapan berupa Standar Operasional Prosedur SOP pengoperasian dan perawatan watermaker. SOP tersebut disusun berdasarkan hasil analisis teknis dan evaluasi efisiensi energi, sehingga dapat digunakan sebagai panduan operasional yang sistematis, terukur, dan mudah diterapkan oleh operator kapal. Dengan adanya SOP ini, diharapkan pengoperasian watermaker dapat berlangsung secara optimal, efisien,

serta mampu menjaga kualitas dan kontinuitas suplai air tawar selama pelayaran.

## II. METODOLOGI



**Gambar 1.** *Flow Chart* Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif-analisis dengan pendekatan studi kasus, yaitu dengan mengamati dan menganalisis kondisi aktual sistem watermaker yang beroperasi di kapal tersebut. Penelitian ini dilaksanakan di Kapal Arenui Cruise pada periode September hingga penelitian selesai, dengan objek penelitian berupa unit watermaker beserta sistem pendukung pompanya. Tahap awal penelitian dimulai dengan penentuan desain penelitian dan penetapan lokasi serta waktu penelitian, yang bertujuan untuk memastikan data yang diperoleh sesuai dengan kondisi operasional sebenarnya di kapal.

Variabel penelitian dibedakan menjadi dua, yaitu variabel independen dan variabel dependen. Variabel independen meliputi kondisi operasional watermaker, seperti tekanan kerja, debit aliran, serta waktu operasi sistem. Sementara itu, variabel dependen meliputi kebutuhan daya listrik (kW) dan kapasitas produksi air tawar yang dihasilkan oleh watermaker (liter/jam). Hubungan antara kedua variabel tersebut dianalisis untuk mengetahui pengaruh kondisi operasi terhadap kinerja sistem.

Metode pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, pengukuran parameter operasional, wawancara dengan awak kapal, serta dokumentasi teknis yang berkaitan dengan sistem watermaker. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan beberapa teknik analisis data, meliputi pencatatan data operasional harian, perhitungan Specific Energy Consumption (SEC), analisis kesesuaian antara produksi air tawar dengan kebutuhan air kapal, serta evaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.

Selain faktor desain sistem, kinerja watermaker juga sangat dipengaruhi oleh pola pengoperasian dan strategi pemeliharaan. Menurut Wang et al. [6], dalam proses pemeliharaan peralatan kapal, faktor biaya, jadwal, dan kualitas perawatan memiliki dampak signifikan terhadap keberhasilan sistem secara keseluruhan. Pemeliharaan yang tidak terjadwal, khususnya pada filter dan membran RO, dapat menyebabkan fouling, peningkatan tekanan kerja, serta penurunan efisiensi pompa, yang pada akhirnya meningkatkan konsumsi energi dan memperpendek umur peralatan [7].

Pada Kapal Arenui Cruise, sistem watermaker berperan sebagai sumber utama penyediaan air tawar selama pelayaran [8]. Meskipun secara kapasitas produksi sistem ini mampu memenuhi kebutuhan air tawar kapal, indikasi tingginya konsumsi energi menunjukkan perlunya evaluasi kinerja sistem secara

menyeluruh [9]. Analisis tidak hanya difokuskan pada aspek kuantitas produksi air, tetapi juga pada efisiensi energi, keandalan operasi, serta efektivitas prosedur pengoperasian dan perawatan yang diterapkan di atas kapal [10].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja operasional dan konsumsi daya sistem watermaker di Kapal Arenui Cruise, serta mengidentifikasi potensi pengoptimalan guna meningkatkan efisiensi energi. Selain itu, penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan luaran terapan berupa Standar Operasional Prosedur (SOP) pengoperasian dan perawatan watermaker yang berbasis hasil analisis teknis. SOP ini diharapkan dapat menjadi pedoman operasional yang sistematis, terukur, dan mudah diterapkan oleh awak kapal, sehingga ketersediaan air tawar dapat terjamin secara berkelanjutan dengan konsumsi energi yang lebih efisien.

Hasil dari analisis tersebut digunakan untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi sistem watermaker, serta sebagai dasar dalam penyusunan kesimpulan dan rekomendasi teknis guna meningkatkan performa dan keandalan sistem watermaker di Kapal Arenui Cruise. pada Gambar 1 menunjukkan tahapan penelitian yang digunakan dalam menganalisis kinerja dan kebutuhan daya sistem watermaker di Kapal Arenui Cruise.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif-analisis dengan pendekatan studi kasus, yaitu dengan mengamati dan menganalisis kondisi aktual sistem watermaker yang beroperasi di kapal tersebut. Penelitian ini dilaksanakan di Kapal Arenui Cruise pada periode September hingga penelitian selesai, dengan objek penelitian berupa unit watermaker beserta sistem pendukung pompanya. Tahap awal penelitian dimulai dengan penentuan desain penelitian dan penetapan lokasi serta waktu penelitian, yang bertujuan untuk memastikan data yang diperoleh sesuai dengan kondisi

operasional sebenarnya di kapal.

Variabel penelitian dibedakan menjadi dua, yaitu variabel independen dan variabel dependen. Variabel independen meliputi kondisi operasional watermaker, seperti tekanan kerja, debit aliran, serta waktu operasi sistem. Sementara itu, variabel dependen meliputi kebutuhan daya listrik (kW) dan kapasitas produksi air tawar yang dihasilkan oleh watermaker (liter/jam). Hubungan antara kedua variabel tersebut dianalisis untuk mengetahui pengaruh kondisi operasi terhadap kinerja sistem.

Metode pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, pengukuran parameter operasional, wawancara dengan awak kapal, serta dokumentasi teknis yang berkaitan dengan sistem watermaker. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan beberapa teknik analisis data, meliputi pencatatan data operasional harian, perhitungan Specific Energy Consumption (SEC), analisis kesesuaian antara produksi air tawar dengan kebutuhan air kapal, serta evaluasi kinerja sistem secara keseluruhan. Hasil dari analisis tersebut digunakan untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi sistem watermaker, serta sebagai dasar dalam penyusunan kesimpulan dan rekomendasi teknis guna meningkatkan performa dan keandalan sistem watermaker di Kapal Arenui Cruise.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Data Operasional Watermaker

Penelitian ini dilakukan di kapal pesiar butik mewah bertipe liveaboard yang menawarkan pengalaman menyelam di Indonesia, kapal ini memiliki delapan kabin mewah, dengan layanan diving dan makan berkualitas untuk para tamu. Didalam kapal ini terdapat 38 orang yaitu awak kapal dan para wisatawan, durasi trip kapal ini bervariasi tergantung pada rute yang telah dipilih, tetapi pada umumnya

berlangsung antara 8 hari hingga 23 hari dalam sekali trip.



**Gambar 2.** Membran



**Gambar 3.** Low Pressure Pump



**Gambar 4.** High Pressure Pump



Gambar 5. Filter Watermaker



Gambar 6. Kapal Arenui Cruise

Tabel 1. Data hasil pengamatan operasional watermaker

Hari	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Produksi Air (ton $\approx$ m)	Energi (kWh)	Selisih (ton $\approx$ m)
1	380	7.6	3	2.2	69.3	0.8
2	380	7.6	3	2.5	69.3	0.5
3	380	8	2.5	2.0	72.96	1
4	380	7.6	3	2.1	69.3	0.9
5	380	7.6	3	2.0	69.3	1
6	380	7.6	3	2.0	69.3	1

Pada penelitian ini dilakukan selama 6 hari operasional watermaker pada kapal Arenui Cruise. Adapun parameter yang dicatat meliputi tegangan, arus, produksi air tawar, daya listrik, kebutuhan air serta selisih produksi. Watermaker di dalam kapal Arenui Cruise ini beroperasi selama 24 jam per hari. Berikut data hasil pengamatan pada Tabel 1

Berdasarkan tabel 1. di atas dapat diketahui bahwa tegangan Listrik yang digunakan untuk mengoperasikan watermaker relatif stabil pada 380 V, arus Listrik yang tercatat bervariasi yaitu antara 7,6 A hingga 8 A arus tertinggi terjadi pada hari ke-3 sedangkan pada hari lainnya tercatat 7,6 A. Variasi arus ini dapat berdampak langsung pada daya (W) dan begitupun energi (kWh) yang di konsumsi. Pada daya operasional berada di kisaran 2.888 W hingga 3.040 kW sedangkan konsumsi energi harian berkisar antara 69.3 kWh hingga 72.96 kWh. Konsumsi energi tertinggi terjadi pada hari ke-3,

sejalan dengan daya dan arus tertinggi yang tercatat pada hari tersebut.

#### b. Analisis Produksi Air Terhadap kebutuhan Kapal

Pada penelitian ini jumlah awak kapal dan tamu pada kapal Arenui Cruise yaitu berjumlah 38 orang, dengan asumsi penggunaan air tawar sebanyak 50 liter/orang/hari

$$Q_{\text{kebutuhan}} = 38 \times 50L = 1900 L \\ = 1.9 \text{ m}^3/\text{day}$$

Maka rata-rata produksi watermaker:

$$Q_{\text{produksi}} = 2.92 \text{ m}^3/\text{day}$$

Surplus air tawar :

$$Q_{\text{surplus}} = 2.92 - 1.9 = 1.02 \text{ m}^3/\text{day}$$

Maka dari itu watermaker di kapal Arenui Cruise ini memenuhi kebutuhan air tawar kapal dengan Cadangan yang cukup serta tidak memerlukan peningkatan kapasitas produksi dalam kondisi normal.

Efisiensi Energi.

Meskipun produksi air mencukupi, nilai SEC menunjukkan pemborosan energi yang signifikan, kemungkinan penyebab dari pemborosan energi tersebut adalah:

1. Membran RO mengalami fouling sehingga pompa bekerja dengan tekanan lebih tinggi.
2. Efisiensi pompa dan motor rendah atau beroperasi pada titik yang tidak optimal
3. Energi tercatat tidak murni konsumsi watermaker (ada beban panel terhubung)
4. Purguing/backwash terlalu sering.
5. Sistem belum menggunakan Energy Recovery Device (ERD)

Dari kemungkinan penyebab diatas berakibat, biaya energi meningkat dan umur peralatan lebih pendek karena beban berlebih. Perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya [9] juga memperkuat temuan ini. Dalam penelitian mereka terhadap sistem desalinasi laut berskala kecil, nilai SEC rata-rata yang dicapai sebesar 7,8 kWh/m<sup>3</sup> ketika sistem belum dilengkapi Energy Recovery Device (ERD). Setelah pemasangan ERD, nilai tersebut dapat ditekan hingga 3,5 kWh/m<sup>3</sup>. Dengan itu, nilai SEC pada sistem di Kapal Arenui yang mencapai 40,67 kWh/m<sup>3</sup> menunjukkan adanya potensi penghematan energi yang sangat besar, hingga lebih dari 85– 90% apabila sistem optimasi diterapkan.

### c. Ringkasan Evaluasi Sistem

Untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai performa watermaker, dilakukan evaluasi terhadap empat aspek utama, yaitu pemenuhan kapasitas, efisiensi energi, keandalan operasi, dan potensi peningkatan sistem. Aspek pemenuhan kapasitas menunjukkan bahwa volume produksi rata-rata watermaker sebesar 2.92 m<sup>3</sup>/day sudah lebih tinggi dari kebutuhan air tawar kapal sebesar 1.9 m<sup>3</sup>/day, sehingga dari sisi kuantitas watermaker dinyatakan aman untuk

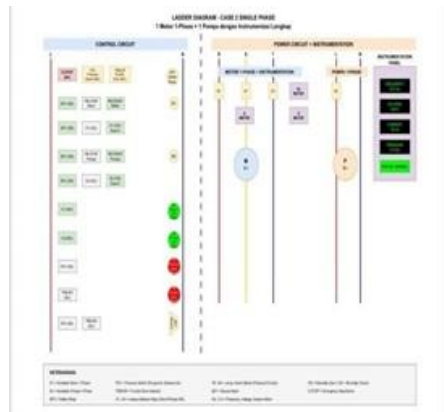
memenuhi kebutuhan operasional kapal. Tidak diperlukan peningkatan kapasitas produksi selama pola konsumsi air tetap stabil. Namun, dari aspek efisiensi energi, nilai Specific Energy Consumption (SEC) rata-rata sebesar 40.67 kWh/m<sup>3</sup> menunjukkan bahwa sistem masih memiliki konsumsi energi yang sangat boros dibandingkan standar desalinisasi RO modern yang umumnya berkisar antara 2.5–6 kWh/m<sup>3</sup>. Hal ini mengindikasikan adanya beban listrik tinggi pada pompa tekanan tinggi ataupun performa membran yang tidak optimal akibat fouling maupun ketidaksesuaian kondisi operasi.

Pada aspek keandalan operasi, watermaker menunjukkan performa yang stabil, tanpa adanya fluktuasi besar pada produksi air selama periode pengamatan. Hal ini menandakan bahwa kondisi umum sistem masih baik dan mampu beroperasi secara berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan kapal. Meskipun demikian, terdapat potensi peningkatan besar khususnya pada aspek efisiensi energi. Upaya seperti optimasi tekanan operasi, pemisahan beban listrik, perawatan membran berkala, penerapan *Variable Frequency Drive* (VFD), serta pemanfaatan Energy Recovery Device (ERD) perlu menjadi prioritas peningkatan sistem, agar konsumsi energi dapat ditekan sekaligus meningkatkan efektivitas operasional watermaker secara keseluruhan.

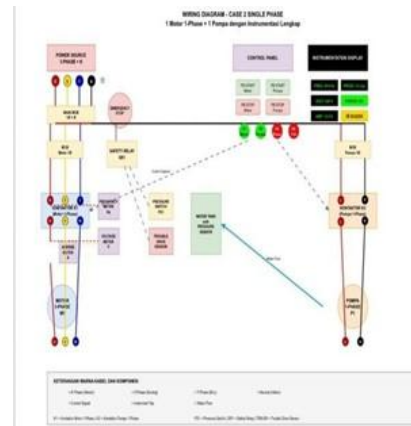
### d. Analisis Sistem Kendali dan Pengoperasian Watermaker



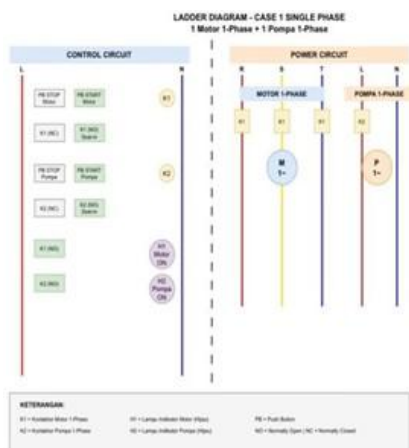
Gambar 7. Ladder Diagram Sebelum Analisis



**Gambar 8.** Wiring Diagram Sebelum Analisis



**Gambar 10.** Wiring Diagram Sesudah Analisis



**Gambar 9.** Ladder Diagram Sesudah Analisis

**e. SOP Pengoperasian Watermaker Arenui Cruise**

1. SOP lama pengoperasian watermaker
  - Pergantian filter 25 micron jika kotor
  - Memotong angin sicas sebelum mengoperasikan watermaker
  - Cek stokfilter watermaker
2. SOP baru menurut Analisa
  - Mengganti filter watermaker 25 micron 1 hari sekali, 20 micron 3 hari sekali dan 10 micron 6 hari sekali.
  - Pastikan hasil air selalu tawar jika terasa payau segera ganti membran agar air ditangki penyimpanan tidak ikut payau.
  - Cek soonding oli Hp Pump Annovi Reverber sebelum pengoperasian watermaker.
  - Pastikan stock-stock sparepart selalu ada

**Tabel 2.** Perbandingan SOP Watermaker

No	Aspek / Instruksi Kerja	SOP Lama	Dampak SOP Lama	SOP Baru (Hasil Analisis)	Dampak SOP Baru
1	Penggantian Filter	Filter 25 micron diganti jika kotor	Penggantian tidak terjadwal, risiko fouling meningkat	Filter 25 micron (1 hari), 20 micron (3 hari), 10 micron (6 hari)	Penyaringan optimal, umur membran lebih panjang
2	Pengecekan Udara	Memotong angin sicas	Mencegah kavitasi	Tetap dilakukan sebagai prosedur	Operasi lebih stabil dan

	Sistem	sebelum pengoperasian	pompa	standar	aman
3	Kontrol Kualitas Air	Belum ada pemeriksaan rasa/salinitas secara rutin	Air payau berpotensi masuk tangki	Pemeriksaan kualitas air secara rutin, ganti membran bila Payau	Kualitas air tawar lebih terjamin
4	Pemeriksaan Pompa	Tidak ada pengecekan soonding oli HP Pump	Risiko keausan dan kerusakan pompa	Pengecekan soonding oli HP Pump sebelum operasi	Pelumasan optimal dan umur pompa lebih panjang
5	Manajemen Sparepart	Hanya cek stok filter	Ketersediaan suku cadang terbatas	Cek dan pastikan seluruh sparepart watermaker tersedia	Downtime operasional dapat diminimalkan

Tabel 3. Perbandingan Periode SOP

No	SOP Lama	Periode SOP Lama	SOP Baru (Hasil Analisis)	Periode SOP Baru
1	Filter 25 micron diganti jika kotor	Tidak terjadwal	Filter 25 micron (1 hari), 20 micron (3 hari), 10 micron (6 hari)	Harian / 3 harian / 6 harian
2	Memotong angin sicas sebelum pengoperasian	Setiap sebelum start	Tetap dilakukan sebagai prosedur standar	Setiap start (harian)
3	Belum ada pemeriksaan rasa/salinitas secara rutin	Tidak Terjadwal	Pemeriksaan kualitas air secara rutin, ganti membran bila Payau	Harian
4	Tidak ada pengecekan soonding oli HP Pump	Tidak dilakukan	Pengecekan soonding oli HP Pump sebelum operasi	Harian
5	Hanya cek stok filter	Tidak terjadwal	Cek dan pastikan seluruh sparepart watermaker tersedia	Bulanan
6	Tidak dilakukan	Tidak ada	Evaluasi performa watermaker berdasarkan produksi air dan konsumsi daya	Tahunan / drydock

#### f. Perbandingan SOP Lama dan SOP Baru Pengoperasian Watermaker

Hasil analisis kinerja watermaker di Kapal Arenui Cruise menunjukkan bahwa kapasitas produksi air tawar telah mencukupi kebutuhan operasional kapal, namun

masih ditemukan tingkat konsumsi energi yang tinggi serta potensi penurunan kinerja akibat kondisi filter, membran, dan komponen pompa tekanan tinggi. Temuan ini menjadi dasar penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) pengoperasian dan perawatan watermaker yang

berorientasi pada pengendalian kualitas air, peningkatan efisiensi energi, serta keandalan sistem. SOP disusun dengan menetapkan interval penggantian filter secara terjadwal, prosedur pemeriksaan kualitas air dan kondisi membran, pengecekan *soonding* oli pompa sebelum pengoperasian, serta pengelolaan

ketersediaan suku cadang. Dengan begitu, SOP yang dihasilkan merupakan luaran terapan penelitian yang berfungsi sebagai panduan operasional sistematis dan terukur, sehingga hasil analisis kinerja dan efisiensi energi dapat diimplementasikan secara nyata dalam kegiatan operasional watermaker di Kapal Arenui Cruise

**Tabel 4.** Data SOP Tidak Dilakukan

SOP	Kondisi Filter	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Produksi	Kebutuhan air/day
Tidak menjalankan SOP pergantian filter secara rutin	Filter air 25 micron tertutup lumpur	380	8.3	3.154	2.2	2.3
Menjalankan SOP secara rutin	Filter air bersih, sirkulasi air lancar	380	7.7	2.926	3	2.2
Tidak menjalankan SOP control hasil kualitas air pada system watermaker	Air tawar agak terasa payau berpengaruh pada rasa air di tangki penyimpanan air	380	8.3	3.154	2.2	2.3
Menjalankan SOP control hasil kualitas air pada sistem watermaker	Air tawar dalam kondisi bagus dan tidak payau	380	7.7	2.926	3	2.2
Tidak melakukan SOP memotong angin sicas sebelum pengoperasian	Sistem sirkulasi air watermaker tidak bisa bekerja secara maksimal karena pada masing-masing house filter dan membran ada udara yang mengendap pada sirkulasi air watermaker sehingga membuat system watermaker tidak optimal	380	8.6	3.268	2	2.4

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan analisis operasional watermaker selama 6 hari pada Kapal Arenui Cruise, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Watermaker menghasilkan air tawar rata-rata 2.92 m<sup>3</sup>/day dan telah memenuhi kebutuhan air tawar kapal yaitu 1.9 m<sup>3</sup>/day, sehingga terdapat cadangan rata-rata 1.02 m<sup>3</sup>/day.
2. Konsumsi energi sangat besar dengan Specific Energy Consumption rata-rata 40.67 kWh/m<sup>3</sup>, jauh lebih tinggi dari standar sistem RO efisien.
3. Diperlukan upaya optimasi penggunaan energi agar biaya operasional dapat ditekan dan umur peralatan lebih panjang.
4. Penelitian ini menghasilkan luaran terapan berupa SOP pengoperasian dan perawatan watermaker yang berbasis analisis kinerja dan efisiensi energi, sehingga dapat digunakan sebagai panduan operasional untuk meningkatkan keandalan sistem dan menekan konsumsi daya.

#### V. RUJUKAN

- [1] L. Fathun, L. "Pemenuhan kebutuhan air tawar di kapal. *Journal of Maritime Engineering*". 2020.
- [2] H.T. El-Dessouky & H.M. Ettouney. "*Fundamentals of Salt Water Desalination*". Amsterdam: Elsevier Science. 2002.
- [3] D.R. Prathapaneni, K. Detroja. "Optimal Design Of Energy Sources And Reverse Osmosis Desalination Plant With Demand Side Management For Cost-Effective Freshwater Production". *Desalination*, 496, 114741. 2020.
- [4] Morciano, M., Fasano, M., Bergamasco, L., Albiero, A., Curzio, M. L., Asinari, P., & Chiavazzo, E. "Sustainable Freshwater Production Using Passive Membrane Distillation And Waste Heat Recovery From Portable Generator Sets". *Applied Energy*, 258, 114086. 2020.
- [5] D. R. Prathapaneni & K. Detroja. "Optimal Design Of Energy Sources And Reverse Osmosis Desalination Plant With Demand Side Management For Costeffective Freshwater Production". *Desalination*, 496, 2020. 114741. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114741>
- [6] D. Prasetyo. "Sistem Perawatan & Perbaikan Permesinan Kapal". Semarang: Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Semarang 2018.

- [7] Wang, Y., Li, Z., & Chen, H. (2024). "Risk Factors Affecting Ship Maintenance Performance: Cost, Schedule, And Quality Perspectives". *Journal of Marine Engineering and Technology*, 23(1), 15–25.
- [8] Prasetyo, D. (2018). "*Sistem Perawatan dan Perbaikan Permesinan Kapal*". Semarang: Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
- [9] M.A. Plasencia, A. García & P. Palenzuela, P. "Energy Efficiency Assessment Of Small-Scale Seawater Reverse Osmosis Desalination Systems. *Energy Report's*, 7, 256–264. 2021.
- [10] L. Fathun. "Pemenuhan Kebutuhan Air Tawar Di Kapal". *Journal of Maritime Engineering*, 5(2), 45–52. 2020.