

Analisis Kebocoran Sea Water Cooling Pump Pada Auxiliary Engine No. 1 Di Kapal KM Sabuk Nusantara 76

Enriko Fahmi Zulfikar¹, Rodlitul Awwalin², Daryanto³

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Fakultas Vokasi Pelayaran, Universitas Hang Tuah, Surabaya, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Agustus 23, 2026
Revised Agustus 24, 2026
Accepted Agustus 24, 2026

Kata Kunci:

Kebocoran,
Sea Water Cooling Pump,
Auxiliary Engine,
Sistem Pendinginan,
Preventive Maintenance

Keywords:

Leakage,
Sea Water Cooling Pump,
Auxiliary Engine,
Cooling System,
Preventive Maintenance

ABSTRAK

Kebocoran Sea Water Cooling Pump pada Auxiliary Engine No. 1 di KM Sabuk Nusantara 76 menyebabkan penurunan tekanan aliran air laut dan kenaikan suhu mesin bantu. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyebab kebocoran, menganalisis dampaknya terhadap sistem pendinginan dan kinerja Auxiliary Engine No. 1, serta menentukan tindakan perbaikan dan preventive maintenance. Metode yang digunakan adalah studi kasus dengan dukungan data kualitatif dan kuantitatif sederhana yang diperoleh melalui observasi langsung, wawancara dengan Kepala Kamar Mesin dan masinis, dokumentasi, serta analisis engine logbook. Hasil penelitian menunjukkan keausan mechanical seal, kerusakan bearing, korosi dan endapan pada casing serta saluran pompa, potensi misalignment poros, dan preventive maintenance yang belum optimal sebagai faktor penyebab. Tekanan keluaran pompa turun dari 2,5 bar menjadi 1,5 bar dan suhu Auxiliary Engine No. 1 meningkat dari 74°C menjadi 88°C. Perbaikan dilakukan melalui pembongkaran, pembersihan, penggantian mechanical seal dan bearing, pemeriksaan poros dan alignment, perakitan, serta pengujian. Pencegahan memerlukan inspeksi rembesan, pemantauan tekanan, suhu dan getaran, pembersihan strainer, serta preventive maintenance yang terdokumentasi.

ABSTRACT

Leakage in the Sea Water Cooling Pump of Auxiliary Engine No. 1 aboard KM Sabuk Nusantara 76 caused a decrease in seawater flow pressure and an increase in auxiliary engine temperature. This study aims to identify the causes of leakage, analyze its impact on the cooling system and the performance of Auxiliary Engine No. 1, and determine corrective actions and preventive maintenance. A case study method was used with qualitative data and simple quantitative data obtained through direct observation, interviews with the Chief Engineer and engineers, documentation, and engine logbook analysis. The results indicate mechanical seal wear, bearing damage, corrosion and deposits in the pump casing and passages, potential shaft misalignment, and inadequate preventive maintenance as contributing factors. Pump discharge pressure decreased from 2.5 bar to 1.5 bar, while the temperature of Auxiliary Engine No. 1 increased from 74°C to 88°C. Corrective actions included dismantling, cleaning, replacement of the mechanical seal and bearing, shaft and alignment inspection, reassembly, and testing. Prevention requires leakage inspection, pressure, temperature and vibration monitoring, strainer cleaning, and documented preventive maintenance.

This is an open access article under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license



Corresponding Author:

Enriko Fahmi Zulfikar
Fakultas Vokasi Pelayaran, Universitas Hang Tuah
Surabaya, Indonesia
Email: enrikofahmizulfikarr@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Sistem pendinginan merupakan bagian vital pada permesinan kapal karena menjaga suhu kerja mesin selama beroperasi. Suhu kerja mesin yang dibahas dalam penelitian ini berada pada kisaran 70°C–90°C; suhu yang terlalu tinggi dapat menimbulkan overheating, thermal stress, keausan komponen, dan gangguan operasi, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menurunkan kesempurnaan pembakaran [1]. Proses pendinginan berlangsung melalui aliran fluida pada cooling passages di sekitar bagian mesin yang menghasilkan panas, kemudian panas dialirkan menuju heat exchanger dan dilepaskan melalui media air laut [2]. Pada kapal dengan sistem pendinginan tidak langsung, air tawar berfungsi sebagai media pendingin primer yang bersirkulasi di dalam mesin, sedangkan air laut menjadi media pendingin sekunder yang menyerap panas melalui heat exchanger. Keandalan sistem tersebut sangat ditentukan oleh kontinuitas aliran, tekanan, dan kemampuan pompa dalam menyediakan air laut pada kondisi operasi yang dibutuhkan [3].

Secara umum, sistem pendinginan kapal dapat menggunakan direct cooling system maupun indirect cooling system [4]. Sistem tidak langsung memisahkan sirkuit air tawar dan air laut sehingga kontak air laut dengan komponen internal mesin dapat dikurangi. Pada sistem ini, air laut dihisap melalui sea chest, melewati strainer, kemudian dipompa oleh Sea Water Cooling Pump menuju heat exchanger sebelum dibuang kembali melalui overboard. Kajian pada sistem pendinginan kapal menunjukkan bahwa kinerja perpindahan panas sangat dipengaruhi oleh stabilitas sirkulasi dan kondisi operasional komponen pendingin [5]. Sea Water Cooling Pump menjadi komponen utama pada sirkuit eksternal karena memastikan pasokan air laut yang cukup ke heat exchanger; kebocoran mechanical seal, kerusakan bearing, penyumbatan aliran, atau gangguan komponen pompa dapat menurunkan debit dan mengurangi efektivitas pendinginan [6]. Jika aliran air laut ke heat exchanger berkurang, panas dari sirkuit air tawar tidak dapat dibuang secara efektif dan suhu mesin dapat meningkat [7].

Lingkungan air laut juga menimbulkan tantangan terhadap keandalan pompa. Endapan dan kotoran pada sea chest, strainer, casing, maupun saluran pompa dapat menambah tahanan aliran, sedangkan kondisi komponen yang terpapar air laut berpotensi mengalami korosi. Getaran pada pompa dapat meningkat ketika putaran poros tidak stabil dan kondisi tersebut mempercepat keausan mechanical seal serta bearing [8]. Pada sisi lain, pemantauan tekanan, suhu, dan beban pompa menjadi penting untuk mengenali penyimpangan operasi lebih awal. Sistem pengaturan pompa berbasis variable speed drive telah dikaji untuk menyesuaikan kerja pompa dengan kebutuhan pendinginan aktual [9]. Setiap komponen dalam sistem pendinginan saling bergantung; kegagalan pada pompa, katup, filter, atau heat exchanger dapat memengaruhi efisiensi sistem secara keseluruhan [10]. Thermostat mengendalikan aliran pendingin sesuai suhu kerja [11], sedangkan heat exchanger harus dijaga kebersihan dan kondisinya agar proses perpindahan panas tetap efektif [12].

Kebocoran pada Sea Water Cooling Pump dapat berasal dari beberapa faktor yang saling berhubungan. Keausan mechanical seal menurunkan kemampuan penyekatan di area poros dan dapat berkembang dari rembesan kecil menjadi kebocoran yang lebih besar [13]. Preventive maintenance

dibutuhkan untuk mendeteksi rembesan, memeriksa bearing dan alignment, membersihkan strainer, serta memantau parameter operasi secara berkala [14]. Hasil penelitian terdahulu memperlihatkan pola yang sejalan. Illahi et al. menemukan bahwa kebocoran mechanical seal dan korosi casing menurunkan debit air laut menuju heat exchanger [15]. Ingwar et al. menekankan pentingnya perawatan berkala pada impeller, bearing, dan mechanical seal untuk mempertahankan keandalan Sea Water Service Pump [16]. Chahyono et al. menunjukkan bahwa korosi dan keausan impeller dapat menurunkan debit aliran [17]. Penelitian lain pada Sea Water Pump juga mengaitkan kurangnya pembersihan filter dan keterlambatan perawatan dengan kebocoran serta penurunan efisiensi pendinginan [4], sedangkan inspeksi getaran dan tekanan digunakan sebagai indikator kondisi pompa [6].

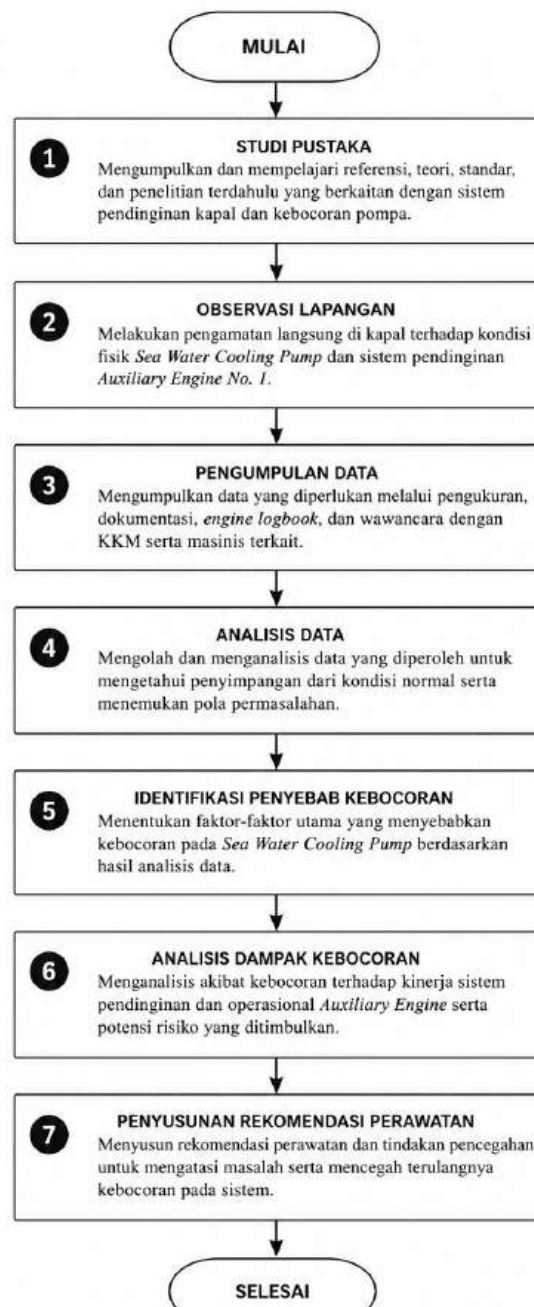
Perbedaan penelitian ini terletak pada objek dan data kejadian aktual pada Sea Water Cooling Pump Auxiliary Engine No. 1 di KM Sabuk Nusantara 76 serta penggabungan analisis faktor mekanik, operasional, dan perawatan dengan tindakan perbaikan dan preventive maintenance. Kebocoran terdeteksi pada Jumat, 14 Februari sekitar pukul 18.00 WITA ketika kapal sedang berlayar. Rembesan air laut ditemukan di sekitar mechanical seal dan casing, tekanan keluaran pompa turun dari kondisi normal 2,5 bar menjadi 1,5 bar, dan suhu Auxiliary Engine No. 1 meningkat dari 74°C menjadi 88°C. Kondisi tersebut menunjukkan adanya gangguan pada pasokan air laut menuju heat exchanger dan membutuhkan penanganan agar tidak berkembang menjadi overheating berkepanjangan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis penyebab kebocoran, menganalisis dampaknya terhadap tekanan, debit air laut, kinerja heat exchanger dan suhu Auxiliary Engine No. 1, serta mendeskripsikan tindakan perbaikan dan preventive maintenance untuk mencegah terulangnya kebocoran.

2. METODE

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan studi kasus dengan dukungan data kualitatif dan kuantitatif sederhana. Pendekatan ini digunakan karena permasalahan yang dikaji merupakan kejadian teknis aktual pada satu objek, yaitu kebocoran Sea Water Cooling Pump yang berdampak pada sistem pendinginan Auxiliary Engine No. 1 di KM Sabuk Nusantara 76. Kasus dianalisis mulai dari kronologi kejadian, kondisi operasional, kondisi fisik komponen, faktor penyebab, dampak terhadap sistem pendinginan, tindakan perbaikan, sampai rekomendasi perawatan. Data kuantitatif yang digunakan berupa suhu pendingin, tekanan fluida, dan informasi debit aliran, sedangkan data kualitatif diperoleh dari observasi, dokumentasi, engine logbook, serta wawancara dengan Kepala Kamar Mesin dan masinis yang terlibat dalam penanganan kejadian.

Tahapan penelitian disusun secara berurutan mulai dari studi pustaka, observasi lapangan, pengumpulan data, analisis data, identifikasi penyebab kebocoran, analisis dampak kebocoran, dan penyusunan rekomendasi perawatan. Studi pustaka digunakan sebagai acuan untuk membandingkan kondisi ideal dengan kondisi aktual. Observasi digunakan untuk memperoleh kondisi faktual pompa dan sistem pendinginan, sedangkan pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran dan pencatatan parameter operasi, dokumentasi, engine logbook, serta wawancara. Data kemudian dikelompokkan dan dibandingkan untuk menemukan penyimpangan dari kondisi normal, menentukan faktor penyebab, dan menyusun tindakan perbaikan serta pencegahan.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Penelitian

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di atas KM Sabuk Nusantara 76, khususnya pada ruang mesin bagian sistem pendinginan Auxiliary Engine No. 1. Fokus pengamatan adalah Sea Water Cooling Pump yang mensirkulasikan air laut sebagai media pendingin sekunder pada sistem indirect cooling. Pengamatan dilakukan terhadap kondisi fisik pompa, instalasi perpipaan, mechanical seal, bearing, casing, poros, serta komponen pendukung yang berkaitan dengan sistem pendinginan. Kejadian kebocoran yang menjadi fokus penelitian terjadi pada Jumat, 14 Februari sekitar pukul 18.00 WITA ketika kapal berada pada posisi 01°41'250" Lintang Selatan dan 123°23'210" Bujur Timur. Pengumpulan data lanjutan dilakukan setelah kejadian sampai sistem pendinginan kembali dalam kondisi operasional.

2.3 Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

Sumber data terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer meliputi hasil observasi langsung terhadap kondisi fisik Sea Water Cooling Pump, informasi hasil wawancara dengan masinis dan Chief Engineer, serta data teknis yang diperoleh saat pengecekan dan penanganan kebocoran berlangsung. Data sekunder meliputi engine logbook yang mencatat suhu, tekanan, dan kondisi operasional mesin, manual book Sea Water Cooling Pump, serta dokumen dan catatan riwayat perawatan. Kombinasi kedua sumber data digunakan untuk memastikan bahwa analisis tidak hanya didasarkan pada satu jenis bukti.

Teknik pengumpulan data mencakup observasi langsung, wawancara, dan studi dokumentasi. Observasi dilakukan pada casing pompa, mechanical seal, sistem perpipaan, kondisi saluran, dan indikasi kebocoran. Wawancara dilakukan dengan masinis jaga dan Chief Engineer untuk memperoleh kronologi kejadian, dugaan penyebab, tindakan penanganan, riwayat gangguan, dan pola perawatan sebelumnya. Studi dokumentasi dilakukan terhadap engine logbook, manual pompa, dokumen perawatan, dan dokumentasi foto. Data tersebut digunakan untuk menilai perubahan suhu dan tekanan, mengidentifikasi kondisi komponen, dan memperkuat hubungan antara temuan lapangan dengan gangguan sistem pendinginan.

2.4 Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan secara deskriptif dengan mengombinasikan hasil observasi, wawancara, dan dokumen teknis. Kondisi aktual pompa, kronologi kebocoran, perubahan suhu, penurunan tekanan, dan keadaan fisik komponen dipaparkan secara sistematis. Identifikasi penyebab dilakukan dengan membandingkan hasil observasi kondisi fisik pompa, data suhu dan tekanan pada engine logbook, keterangan dari masinis dan Chief Engineer, serta kondisi operasi berdasarkan manual pompa. Faktor penyebab kemudian dikelompokkan menjadi faktor mekanik, faktor operasional, dan faktor perawatan. Faktor mekanik mencakup mechanical seal, bearing, casing, poros, dan kondisi komponen pompa; faktor operasional mencakup beban kerja, tekanan, getaran, dan kondisi aliran; sedangkan faktor perawatan mencakup konsistensi inspeksi, penggantian komponen aus, pembersihan strainer, dan preventive maintenance. Tahap akhir adalah penarikan simpulan berdasarkan temuan dan penyusunan rekomendasi teknis yang dapat diterapkan di atas kapal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Sistem Pendinginan dan Kronologi Kebocoran

KM Sabuk Nusantara 76 merupakan kapal perintis dengan kapasitas 2.000 GT, panjang keseluruhan 68,50 m, lebar 14,00 m, sarat 2,90 m, kecepatan sekitar 12 knot, dan didukung dua mesin penggerak masing-masing 1.400 HP. Auxiliary Engine No. 1 menggunakan sistem pendinginan tidak langsung. Air tawar bersirkulasi di dalam mesin sebagai media pendingin primer, sedangkan air laut menjadi media pendingin sekunder yang menyerap panas dari air tawar melalui heat exchanger. Aliran air laut dimulai dari sea chest, melewati strainer, kemudian dipompa oleh Sea Water Cooling Pump menuju heat exchanger sebelum dibuang melalui overboard. Karena pompa bekerja selama Auxiliary Engine beroperasi dan bersentuhan langsung dengan air laut, kondisi mechanical seal, bearing, poros, impeller, casing, serta kebersihan saluran menjadi bagian penting dalam mempertahankan kinerja pendinginan.

Kebocoran terdeteksi sekitar pukul 18.00 WITA ketika kapal sedang berlayar. Masinis jaga menemukan rembesan air laut pada area mechanical seal dan casing pompa. Pada saat yang sama, tekanan keluaran pompa turun dari 2,5 bar menjadi 1,5 bar dan suhu Auxiliary Engine No. 1 meningkat dari 74°C menjadi 88°C. Masinis jaga kemudian melaporkan kondisi tersebut kepada Chief Engineer, mengurangi beban mesin, dan mengalihkan kebutuhan operasi ke Auxiliary Engine lain yang masih

normal. Tindakan ini dilakukan untuk menjaga kestabilan suplai listrik kapal dan mencegah peningkatan suhu berlanjut. Rembesan yang terlihat pada area mechanical seal ditunjukkan pada Gambar 2.

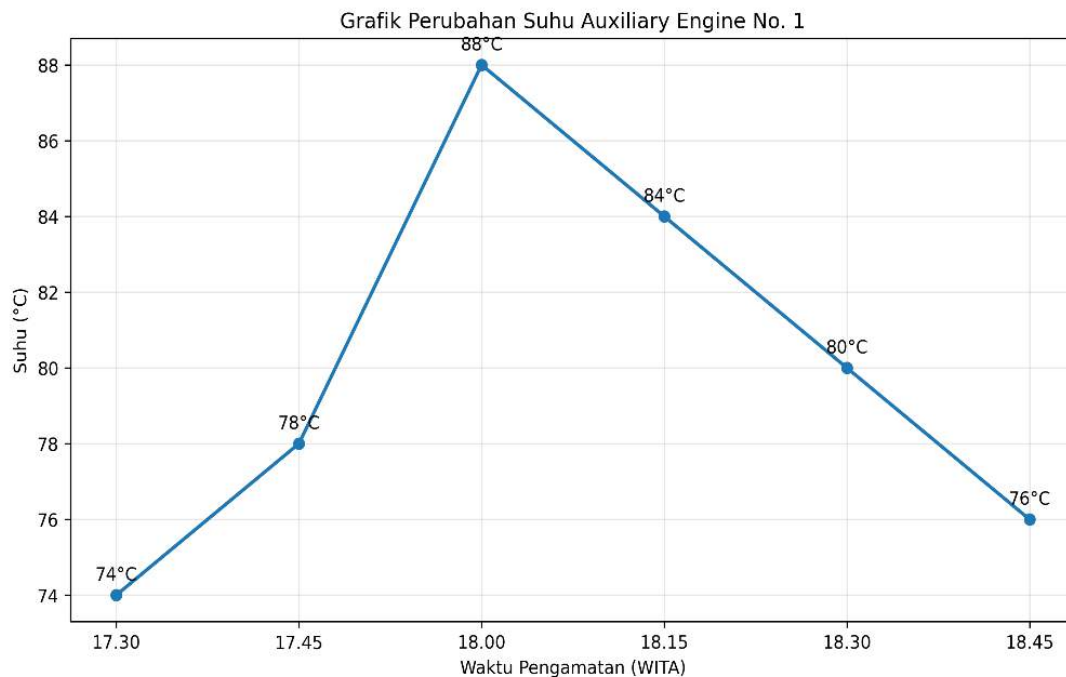


Gambar 2. Rembesan Air Laut pada Area Mechanical Seal

Perubahan suhu selama kejadian memperlihatkan pola yang konsisten dengan gangguan pendinginan. Sebelum kebocoran terdeteksi, suhu tercatat 74°C pada pukul 17.30 WITA. Suhu meningkat menjadi 78°C pada pukul 17.45 WITA dan mencapai 88°C pada pukul 18.00 WITA saat kebocoran terdeteksi. Setelah beban mesin dikurangi dan sistem pendinginan mulai dikendalikan, suhu turun menjadi 84°C pada pukul 18.15 WITA, 80°C pada pukul 18.30 WITA, dan 76°C pada pukul 18.45 WITA. Data tersebut menunjukkan kenaikan 14°C dalam 30 menit dari kondisi normal sampai titik kebocoran terdeteksi.

Tabel 1. Perubahan Suhu Auxiliary Engine No. 1

No.	Waktu	Kondisi Operasional	Suhu
1	17.30	Kondisi normal sebelum kebocoran	74°C
2	17.45	Mulai terlihat gangguan pendinginan	78°C
3	18.00	Kebocoran terdeteksi pada pompa	88°C
4	18.15	Pengurangan beban mesin	84°C
5	18.30	Sistem pendinginan mulai dikendalikan	80°C
6	18.45	Suhu menurun setelah penanganan	76°C



Gambar 3. Grafik Perubahan Suhu Auxiliary Engine No. 1

Tabel 1 dan Gambar 3 memperlihatkan bahwa kenaikan suhu terjadi bersamaan dengan penurunan kemampuan sistem pendinginan. Penurunan tekanan keluaran pompa dari 2,5 bar menjadi 1,5 bar menunjukkan berkurangnya kemampuan pompa memasok air laut ke heat exchanger. Ketika aliran air laut berkurang, proses pelepasan panas dari sirkuit air tawar menjadi tidak optimal. Hubungan antara debit pendingin dan kemampuan pelepasan panas juga menjadi perhatian pada kajian kinerja sistem pendinginan kapal [3], [10]. Dalam kasus ini, perubahan tekanan dan suhu menjadi indikator utama untuk menunjukkan bahwa kebocoran pompa tidak hanya merupakan gangguan lokal pada komponen, tetapi telah memengaruhi fungsi sistem pendinginan Auxiliary Engine No. 1.

3.2 Temuan Kondisi Komponen Pompa

Pemeriksaan dilakukan melalui inspeksi visual, pembongkaran pompa, pemeriksaan komponen internal, dan dokumentasi proses perawatan. Mechanical seal menunjukkan keausan pada permukaan kontak dan terdapat bekas rembesan. Bearing menunjukkan korosi dan putaran terasa kasar saat diputar manual. Casing dan sambungan mengalami korosi ringan serta terdapat endapan pada permukaan, sedangkan saluran pompa mengandung kerak, lumpur, dan kotoran yang dapat menambah tahanan aliran. Pada poros tidak ditemukan retak, tetapi alignment tetap perlu diperiksa karena ketidaksejajaran dapat meningkatkan getaran dan mempercepat kerusakan seal serta bearing. Kondisi komponen yang mengalami korosi dan keausan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Komponen Pompa yang Mengalami Korosi dan Keausan

Temuan pada mechanical seal menjelaskan lokasi utama rembesan yang diamati. Fungsi seal adalah menjaga kerapatan fluida pada area poros yang berputar; ketika permukaan kontak aus, kemampuan penyekatan menurun dan kebocoran dapat berkembang [13]. Kondisi bearing yang kasar memperlihatkan adanya gangguan pada putaran poros. Getaran yang meningkat dapat memperbesar beban pada mechanical seal dan mempercepat penurunan kualitas penyekatan [8]. Korosi dan endapan pada casing serta saluran juga memperburuk kondisi karena dapat menurunkan kualitas permukaan dan menghambat aliran air laut. Dengan demikian, hasil observasi tidak menunjukkan satu penyebab tunggal, tetapi kombinasi kerusakan komponen dan kondisi aliran yang saling memperkuat.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Observasi Komponen Pompa

No.	Komponen	Temuan Observasi	Dampak Teknis
1	Mechanical seal	Permukaan kontak aus dan terdapat bekas rembesan	Kemampuan menahan fluida menurun sehingga terjadi kebocoran
2	Bearing	Korosi dan putaran terasa kasar saat diputar manual	Getaran meningkat dan putaran poros tidak stabil
3	Casing dan sambungan	Korosi ringan dan endapan pada permukaan	Risiko kebocoran serta penurunan kekuatan material
4	Saluran pompa	Terdapat kerak, lumpur, dan kotoran	Debit aliran menurun dan beban pompa meningkat
5	Poros	Tidak ditemukan retak, tetapi perlu pemeriksaan alignment	Misalignment dapat mempercepat kerusakan seal dan bearing

3.3 Analisis Penyebab Kebocoran

Berdasarkan pengelompokan data, penyebab kebocoran dibagi ke dalam faktor mekanik, operasional, lingkungan, dan perawatan. Faktor mekanik utama adalah keausan mechanical seal dan kerusakan bearing. Mechanical seal yang aus tidak mampu mempertahankan kerapatan pada area poros, sedangkan bearing yang berkarat dan berputar kasar menimbulkan ketidakstabilan putaran serta getaran.

Potensi misalignment menjadi faktor tambahan yang perlu diperiksa karena beban yang tidak merata pada poros dapat mempercepat kerusakan bearing dan seal. Pada faktor lingkungan, paparan air laut menimbulkan korosi pada casing. Pada faktor operasional, kerak dan partikel pada saluran atau filter meningkatkan tahanan aliran sehingga debit menurun dan beban pompa bertambah. Pada faktor perawatan, inspeksi detail terhadap seal, bearing, alignment, dan kebersihan sistem belum dilakukan secara konsisten, sehingga rembesan kecil yang sebelumnya pernah muncul berkembang menjadi gangguan yang lebih jelas.

Tabel 3. Analisis Penyebab Kebocoran

No.	Faktor	Indikator	Penyebab	Dampak	Tindakan
1	Mekanik	Mechanical seal aus	Gesekan dan umur pakai	Rembesan air laut	Penggantian seal
2	Mekanik	Bearing korosif dan kasar	Pelumasan menurun dan masuknya air	Getaran serta putaran tidak stabil	Penggantian bearing
3	Mekanik	Potensi misalignment	Pemasangan dan keausan komponen	Beban tidak merata pada seal dan bearing	Pemeriksaan alignment
4	Lingkungan	Korosi casing	Paparan air laut	Penurunan kekuatan material	Pembersihan dan pelapis antikorosi
5	Operasional	Saluran/filter kotor	Kerak dan partikel air laut	Debit menurun dan beban pompa naik	Pembersihan rutin
6	Perawatan	Inspeksi detail belum konsisten	Preventive maintenance belum optimal	Kerusakan terlambat diketahui	Jadwal inspeksi terstruktur

Hasil tersebut memperkuat temuan penelitian terdahulu mengenai kebocoran dan penurunan kinerja pompa pendingin. Illahi et al. melaporkan bahwa kebocoran mechanical seal dan korosi casing berkaitan dengan penurunan debit air laut [15]. Ingwar et al. menunjukkan bahwa perawatan berkala pada impeller, bearing, dan mechanical seal diperlukan untuk menjaga keandalan pompa [16]. Chahyono et al. menemukan bahwa korosi dan keausan impeller menyebabkan penurunan debit aliran [17], sedangkan Mustholiq et al. menekankan pemeriksaan tekanan dan getaran sebagai indikator awal gangguan pompa [6]. Kesesuaian tersebut memperlihatkan bahwa keausan seal, kondisi bearing, korosi, kebersihan aliran, dan pola perawatan merupakan faktor yang berulang pada gangguan Sea Water Cooling Pump. Pada KM Sabuk Nusantara 76, faktor-faktor tersebut muncul secara bersamaan dan menjelaskan mengapa kebocoran disertai penurunan tekanan serta kenaikan suhu mesin.

3.4 Dampak Kebocoran terhadap Sistem Pendinginan

Dampak utama kebocoran terlihat pada penurunan tekanan dan debit air laut menuju heat exchanger. Tekanan keluaran yang semula 2,5 bar turun menjadi 1,5 bar. Berkurangnya pasokan air laut menyebabkan kemampuan heat exchanger membuang panas menurun, sehingga suhu Auxiliary Engine No. 1 meningkat dari 74°C menjadi 88°C. Getaran pompa juga meningkat ketika bearing mengalami kerusakan dan putaran poros tidak stabil. Kondisi tersebut menurunkan efisiensi sistem, meningkatkan kebutuhan penanganan, dan apabila dibiarkan dapat berkembang menjadi overheating serta kerusakan lanjutan pada komponen mesin. Secara teoritis, gangguan pasokan air laut ke heat exchanger akan mengurangi kapasitas pembuangan panas dan menyebabkan suhu sirkuit pendingin meningkat [6], [7].

Tabel 4. Analisis Dampak Kebocoran

Aspek	Kondisi Normal	Kondisi Saat Kebocoran	Dampak
Tekanan dan debit air laut	Tekanan 2,5 bar; debit stabil	Tekanan turun menjadi 1,5 bar; debit menurun	Pasokan air laut ke heat exchanger berkurang
Suhu Auxiliary Engine	74°C	Meningkat hingga 88°C	Risiko overheating
Getaran pompa	Normal	Meningkat	Keausan seal dan bearing bertambah cepat
Efisiensi sistem	Stabil	Menurun	Beban mesin dan kebutuhan perawatan meningkat

Tabel 4 menunjukkan keterkaitan berurutan antara gangguan pompa, penurunan tekanan, berkurangnya aliran air laut, penurunan efektivitas heat exchanger, dan kenaikan suhu mesin. Temuan ini sejalan dengan penelitian Arda Billy et al. yang menempatkan kinerja Sea Water Cooling Pump sebagai faktor penting terhadap kelancaran sistem pendinginan mesin [10]. Selain itu, kajian heat exchanger menekankan bahwa kondisi penukar panas dan media pendinginnya harus dijaga agar perpindahan panas berlangsung efektif [12]. Oleh karena itu, pada kasus ini tekanan dan suhu dapat dipakai sebagai indikator praktis untuk menilai perkembangan gangguan, sedangkan pemeriksaan getaran dan kondisi komponen digunakan untuk mengidentifikasi sumber mekanik yang memicu kebocoran.

3.5 Tindakan Perbaikan dan Preventive Maintenance

Perbaikan diawali dengan menghentikan Sea Water Cooling Pump dan mengisolasi aliran air laut melalui suction valve dan discharge valve. Air yang masih berada di dalam casing dan saluran dikeluarkan agar proses pembongkaran dapat dilakukan dengan aman. Pompa kemudian dibongkar untuk memeriksa casing, bearing, mechanical seal, dan poros. Setelah pembongkaran, casing dan saluran dibersihkan dari kotoran, endapan, dan korosi permukaan. Bearing yang menunjukkan korosi, kerusakan, dan putaran kasar diganti dengan komponen baru. Mechanical seal yang aus juga diganti agar fungsi penyekatan di sekitar poros kembali bekerja. Poros diperiksa untuk memastikan tidak terdapat kerusakan berat dan alignment diperiksa untuk mencegah getaran berlebih. Seluruh komponen kemudian dirakit kembali dan dilakukan pengujian dengan mengamati kebocoran, tekanan keluaran pompa, suhu Auxiliary Engine No. 1, suara, dan getaran selama pompa beroperasi.

Tindakan korektif tersebut harus diikuti preventive maintenance agar pola perawatan tidak hanya bersifat reaktif. Pemeriksaan rutin perlu mencakup rembesan pada mechanical seal dan sambungan casing, kondisi bearing, alignment poros, tekanan pompa, suhu mesin, getaran, serta kebersihan sea chest dan strainer. Catatan engine logbook perlu digunakan untuk melihat kecenderungan perubahan parameter dari waktu ke waktu. Penelitian mengenai perawatan Sea Water Pump menekankan bahwa pembersihan filter dan penggantian komponen aus secara tepat waktu berkaitan dengan keandalan sistem [4]. Mahendra juga menempatkan pemeriksaan seal, bearing, alignment, dan jadwal preventive maintenance sebagai bagian penting dalam menjaga kelancaran sistem pendingin Auxiliary Engine [14]. Dalam kasus KM Sabuk Nusantara 76, tindakan tersebut relevan karena sebelum kejadian pernah ditemukan rembesan kecil, tetapi pemeriksaan detail terhadap seal, bearing, alignment, dan filter belum selalu dilakukan secara menyeluruh.

Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan tiga tingkat hubungan sebab-akibat. Pertama, keausan mechanical seal, kerusakan bearing, korosi, endapan, dan potensi misalignment merupakan sumber gangguan pada pompa. Kedua, gangguan tersebut menurunkan tekanan dan debit air laut menuju heat exchanger sehingga suhu Auxiliary Engine No. 1 meningkat. Ketiga, tindakan perbaikan pada komponen harus diikuti perawatan preventif yang terdokumentasi agar gejala awal seperti rembesan,

penurunan tekanan, kenaikan suhu, dan getaran dapat segera ditindaklanjuti. Pola ini menjawab ketiga rumusan masalah penelitian dan menunjukkan bahwa pengendalian kebocoran memerlukan kombinasi perbaikan mekanik, pemantauan kondisi operasi, dan disiplin preventive maintenance.

4. KESIMPULAN

Kebocoran Sea Water Cooling Pump Auxiliary Engine No. 1 di KM Sabuk Nusantara 76 disebabkan oleh kombinasi keausan mechanical seal, kerusakan bearing, korosi dan endapan pada casing serta saluran pompa, potensi misalignment poros, dan preventive maintenance yang belum optimal. Kebocoran menurunkan tekanan keluaran pompa dari 2,5 bar menjadi 1,5 bar dan mengurangi pasokan air laut menuju heat exchanger, sehingga efektivitas pendinginan menurun dan suhu Auxiliary Engine No. 1 meningkat dari 74°C menjadi 88°C. Perbaikan dilakukan melalui penghentian dan isolasi pompa, pembongkaran, pembersihan casing dan saluran, penggantian bearing serta mechanical seal, pemeriksaan poros dan alignment, perakitan, dan pengujian kembali. Pencegahan kebocoran berulang memerlukan inspeksi rembesan, pemantauan tekanan, suhu, dan getaran, pembersihan sea chest dan strainer, pemeriksaan seal, bearing dan alignment, serta pencatatan preventive maintenance secara berkala. Awak kamar mesin perlu menindaklanjuti rembesan kecil sejak awal, sedangkan jadwal perawatan perlu memuat batas pemeriksaan dan kriteria penggantian komponen agar kerusakan tidak berkembang menjadi gangguan sistem pendinginan yang lebih serius.

REFERENSI

- [1] R. Zhou, J. Cao, G. Zhang, X. Yang, and X. Wang, "Heat Load Forecasting of Marine Diesel Engine Based on Long Short-Term Memory Network," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, no. 2, 2023, doi: 10.3390/app13021099.
- [2] A. Zuhdi, M. Fathallah, W. Busse, and F. R. Clausthaldi, "Fluid Flow Analysis of Jacket Cooling System for Marine Diesel Engine 93 KW," *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, vol. 1, no. 2, 2017.
- [3] X. Wu, P. Zhang, P. Su, and J. Wu, "Modeling and Key Parameter Interaction Analysis for Ship Central Cooling Systems," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 15, no. 13, pp. 1–15, 2025, doi: 10.3390/app15137241.
- [4] K. Oktarina, H. Yugianto, D. Saputra, and P. Prayudi, "Analisis Perawatan Sea Water Pump Terhadap Kebutuhan Direct Cooling System Di KMP. Salvino PT. Samudra Ferry," *Jurnal INOVATOR*, vol. 8, no. 1, pp. 9–12, 2025, doi: 10.37338/inovator.v8i1.410.
- [5] W. Chen, B. Fu, J. Zeng, and W. Luo, "Research on the Operational Performance of Organic Rankine Cycle System for Waste Heat Recovery from Large Ship Main Engine," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, no. 14, 2023, doi: 10.3390/app13148543.
- [6] M. Mustholiq, A. Setiawan, and D. Kensiwi, "Penanganan Kebocoran dan Kebisingan pada Main Cooling Sea Water Pump di Kapal MV DK 03," *Jurnal Cakrawala Bahari*, vol. 5, no. 2, pp. 19–24, 2023.
- [7] A. P. Sidabalok, "Analisis Penyebab Kerusakan Cylinder Liner Pada Diesel Generator Di Mv. Francisca," *Skripsi, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang*, 2024, <http://repository.pip-semarang.ac.id/6302/>.
- [8] Y. Sahaduta, "Analisis Terjadinya Getaran Pada Sea Water Pump Di Mv. Oriental Ruby," 2020, <http://repository.pip-semarang.ac.id/2996/>.
- [9] J. Wang, F. Zhao, L. Sun, Y. Hou, and N. Chen, "Research on the Energy Savings of Ships' Water Cooling Pump Motors Based on Direct Torque Control," *Processes*, vol. 11, no. 7, 2023, doi: 10.3390/pr11071938.
- [10] M. Arda Billy, D. S. Kurniawan, S. Sursina, and M. Mudakir, "Performance Analysis of Sea Water Cooling Pumps on The Smoothness of The Main Engine Cooling System on The Mt. Fail," *International Journal of Advanced Multidisciplinary*, vol. 2, no. 2, pp. 589–594, 2023, doi: 10.38035/ijam.v2i2.308.

- [11] P. Turabimana, J. W. Sohn, and S. B. Choi, "A Novel Active Cooling System for Internal Combustion Engine Using Shape Memory Alloy Based Thermostat," *Sensors*, vol. 23, no. 8, 2023, doi: 10.3390/s23083972.
- [12] Y. M. N. S. A. Suwarso, "Perawatan Penukar Panas / Heat Exchanger Untuk Meningkatkan Kinerja Mesin Pendingin pada Kapal Niaga," *Journal Of Social Science Research*, vol. 4, no. 3, pp. 11586–11597, 2024.
- [13] V. S. Prameswari, A. Kristiyono, and T. Pribadi, "Analisis Menurunnya Tekanan Pompa Air Tawar pada Sistem Pendingin Mesin," *Innovative*, vol. 5, no. 1, pp. 6898–6909, 2025.
- [14] Mahendra, "Optimalisasi Perawatan Sea Water Cooling Pump Guna Kelancaran Sistem Pendingin pada Auxiliary Engine di MV. Tanto Bersama," *Journal of Marine Engineering Research*, vol. 1, pp. 1–10, 2025, <https://jurnal.poltekpelsulut.ac.id/index.php/marine>.
- [15] R. Illahi, N. Erlinda, and P. Pelayaran Sumatera Barat, "Analisis Turunnya Kinerja Pompa Air Laut pada Proses Pendinginan Mesin Induk di Kapal KM Surya Pioneer," *Jurnal Cakrawala Bahari*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2023.
- [16] R. Ingwar, L. Dwi Yatno, M. Kurniawan, and P. Pelayaran Sumatera Barat, "Optimalisasi Kinerja Sea Water Service Pump di Kapal MV. Perkasa," *Jurnal Cakrawala Bahari*, vol. 6, no. 1, pp. 7–12, 2023.
- [17] M. Chahyono, S. D. Robbi, A. E. Kristiyono, and M. R. Gunarti, "Analisis Kerusakan Impeller Pada Sea Water Cooling Pump Mesin Induk Yanmar di Kapal Self-Propelled Oil Barge Seroja XXI," *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, vol. 4, no. 2, pp. 2897–2902, 2025, doi: 10.31004/riggs.v4i2.948.