



Perawatan *Sea Water Pump* dalam Menjaga Kinerja Pendingin Air Tawar di Mesin Induk

Sayekti Inayah Sherly Febriantari¹, Sufriyadi², Nurlely Nasaruddin³, Syamsu⁴, Dahlia Dewi Apriani⁵

^{1,2,4,5} Politeknik Pelayaran Barombong

³ Politeknik Penerbangan Makassar

Info Artikel :

Diterima Agustus 2026

Direvisi September 2026

Dipublikasikan 30 September 2026

Keyword:

Main cooling sea water pump, Main engine cooling system, Central cooler, Cavitation, Overheating, Maintenance.

Kata Kunci:

Main cooling sea water pump, Pendinginan mesin induk, Central cooler, Kavitasi, Overheating, Maintenance.

ABSTRACT

This study aims to analyze the factors causing the decline in the performance of the main cooling sea water pump in the main engine cooling process aboard MT. Sei Pakning, the impacts on the cooling system, and the preventive measures that can be implemented to maintain optimal pump performance. The research employed a qualitative descriptive method through interviews with engine department officers and crew supported by Planned Maintenance System (PMS) documents, parameter observations, and other supporting documents. The results indicate that the decrease in pump performance can be identified through several indicators, such as reduced pressure shown on the pressure gauge, increased pump casing temperature, abnormal noise and vibration, and increased electric current indicated on the ampere meter. The main factors causing the decline in pump performance include impeller wear due to cavitation, excessive clearance between the impeller and mouth ring, dirty strainers clogged by debris, leakage in the pump system caused by improper alignment during installation, and problems in the electric motor. The decrease in pump performance results in an insufficient seawater supply to the central cooler, thereby disrupting the heat exchange process and causing the main engine jacket water temperature to exceed normal limits. This condition may lead to overheating and damage to engine components such as the cylinder liner and piston rings. Preventive measures that can be taken include regular visual inspections, strainer cleaning, monitoring pump running hours, implementation of the Planned Maintenance System (PMS), the use of spare parts according to specifications, and proper installation of pump components with correct clearance and alignment. With proper maintenance, the performance of the main engine cooling system can be maintained optimally.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor penyebab turunnya kinerja *main cooling sea water pump* dalam proses pendinginan mesin induk di kapal MT. Sei Pakning, dampak yang ditimbulkan terhadap sistem pendinginan, serta upaya pencegahan yang dapat dilakukan untuk menjaga performa pompa tetap optimal. Metode penelitian yang digunakan deskriptif kualitatif, melalui wawancara kepada perwira dan kru bagian mesin yang didukung dengan dokumen PMS, pengamatan parameter, serta dokumen penunjang lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan

kinerja pompa dapat diidentifikasi melalui indikator seperti turunnya tekanan pada *pressure gauge*, meningkatnya suhu casing pompa, suara dan vibrasi yang tidak normal, serta meningkatnya arus listrik pada ampere meter. Faktor utama penyebab turunnya kinerja pompa meliputi keausan *impeller* akibat kavitasi, *clearance impeller* dan *mouthring* yang melebihi batas, *strainer* yang kotor karena tersumbat sampah, kebocoran pada sistem pompa akibat pemasangan yang tidak *centre*, serta gangguan pada *electric motor*. Penurunan performa pompa menyebabkan suplai air laut menuju *central cooler* tidak optimal sehingga proses pertukaran panas terganggu dan temperatur jacket main engine meningkat melebihi batas normal. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan *overheating* dan kerusakan pada komponen mesin seperti *cylinder liner* dan *ring piston*. Upaya pencegahan yang dapat dilakukan antara lain pemeriksaan visual berkala, pembersihan *strainer*, pengontrolan *running hours* pompa, pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS), penggunaan *spare part* sesuai spesifikasi, serta pemasangan komponen pompa dengan *clearance* dan *alignment* yang tepat. Dengan perawatan yang optimal, kinerja sistem pendinginan mesin induk dapat terjaga dengan baik.



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2019 by author.

Koresponden:

Sayekti Inayah Sherly Febriantari
Email: sherlyft19@gmail.com

Pendahuluan

Kapal sebagai sarana transportasi laut mengandalkan sistem permesinan yang bekerja secara terintegrasi untuk menjamin keselamatan dan kelangsungan operasional pelayaran. Di antara berbagai sistem permesinan yang ada, sistem pendingin mesin induk (*main engine cooling system*) memegang peranan yang sangat krusial. Sistem ini bertugas menjaga temperatur kerja mesin induk agar tetap berada dalam rentang operasional yang aman, sehingga performa mesin dapat dipertahankan secara optimal selama pelayaran berlangsung. Tanpa sistem pendingin yang berfungsi dengan baik, mesin induk berpotensi mengalami *overheating* yang dapat berujung pada kerusakan serius dan gangguan operasional kapal secara keseluruhan.

Salah satu komponen utama dalam sistem pendingin mesin induk adalah *main cooling sea water pump*, yaitu pompa sentrifugal yang berfungsi mengalirkan air laut sebagai media pendingin pada *fresh water cooling system*

melalui *central cooler*. Prinsip kerja sistem ini didasarkan pada mekanisme perpindahan panas secara konveksi, di mana panas yang dihasilkan dari proses pembakaran dan gesekan antar komponen mesin diserap oleh air tawar pendingin, kemudian dipindahkan ke air laut melalui *central cooler*. Laju perpindahan panas dalam sistem ini secara umum dirumuskan sebagai $Q = \Delta q / \Delta t$, dengan Q sebagai laju perpindahan panas (Watt atau J/s), Δq sebagai jumlah energi panas yang berpindah (Joule), dan Δt sebagai selang waktu perpindahan panas (detik). Persamaan ini menjadi landasan teoritis dalam mengevaluasi efektivitas kinerja sistem pendingin pada mesin kapal.

Agar proses perpindahan panas dapat berlangsung secara optimal, *main cooling sea water pump* dituntut untuk mampu mengalirkan air laut dalam debit yang cukup dan secara kontinu menuju *central cooler*. Apabila kinerja pompa mengalami penurunan, suplai air laut ke *central cooler* akan berkurang, sehingga proses pelepasan panas menjadi tidak efektif. Kondisi ini secara langsung dapat menyebabkan

peningkatan temperatur pada sistem pendingin air tawar, yang pada akhirnya berpotensi mengganggu stabilitas kinerja mesin induk. Oleh karena itu, kinerja *main cooling sea water pump* menjadi salah satu faktor kunci dalam menjamin kelancaran operasional kapal.

Fenomena penurunan kinerja *main cooling sea water pump* merupakan permasalahan yang umum dijumpai dalam dunia pelayaran dan telah banyak menarik perhatian para peneliti di bidang teknik permesinan kapal. Berbagai kajian menunjukkan bahwa penurunan kinerja pompa sentrifugal dapat dipicu oleh beberapa faktor, di antaranya keausan mekanis pada komponen internal, korosi akibat paparan air laut, penyumbatan saluran isap, maupun fenomena hidrodinamika seperti kavitasi. Kavitasi merupakan fenomena terbentuk dan pecahnya gelembung uap akibat perubahan tekanan lokal pada aliran fluida yang melewati *impeller* pompa. Fenomena ini menghasilkan gaya impak yang berulang pada permukaan *impeller* dan komponen pompa lainnya, sehingga menimbulkan korosi-erosi yang secara progresif menurunkan kemampuan pompa dalam mengalirkan fluida secara efisien.

Kasus penurunan kinerja *main cooling sea water pump* yang menjadi fokus penelitian ini terjadi pada kapal MT. Sei Pakning, di mana pompa mengalami penurunan *pressure* yang signifikan selama beroperasi. Indikasi awal dari pemeriksaan yang dilakukan menunjukkan adanya tanda-tanda kavitasi pada bagian *impeller* pompa. Guna memastikan penyebab permasalahan secara menyeluruh, dilakukan tindakan *overhaul* sebagai inspeksi komprehensif terhadap seluruh komponen pompa.

Perawatan yang tepat dan terjadwal terhadap *main cooling sea water pump* merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen perawatan permesinan kapal (*Planned Maintenance System*). Kelalaian dalam pelaksanaan perawatan tidak hanya berdampak pada penurunan efisiensi sistem pendingin, tetapi juga dapat menimbulkan risiko kerusakan mesin induk yang berbiaya besar, bahkan berpotensi membahayakan keselamatan kapal dan awaknya. Dengan demikian, pemahaman yang mendalam

mengenai faktor penyebab, dampak yang ditimbulkan, serta upaya pencegahan terhadap penurunan kinerja pompa menjadi sangat relevan untuk dikaji secara ilmiah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan penurunan kinerja *main cooling sea water pump* pada sistem pendingin mesin induk kapal MT. Sei Pakning, menganalisis dampak yang ditimbulkan dari penurunan kinerja tersebut terhadap sistem pendingin, serta merumuskan upaya perawatan yang tepat guna mencegah terulangnya permasalahan serupa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi para masinis kapal dalam pengelolaan perawatan pompa pendingin, serta menjadi referensi ilmiah yang bermanfaat dalam pengembangan prosedur perawatan permesinan bantu di atas kapal.

Mesin induk (*main propulsion engine*) merupakan komponen vital yang menentukan kemampuan gerak sebuah kapal. Handoyo (2014) mendefinisikan mesin induk sebagai suatu sistem permesinan yang mencakup berbagai unit dan sistem pendukung yang berperan dalam menghasilkan tenaga dorong bagi kapal, sehingga memungkinkan kapal bergerak maju maupun mundur. Dalam konteks operasional kapal, mesin induk tidak dapat bekerja secara optimal tanpa dukungan sistem permesinan bantu yang memadai, salah satunya adalah sistem pendingin. Sistem pendingin berfungsi menjaga temperatur kerja mesin induk agar tetap berada dalam rentang operasional yang aman, mencegah terjadinya *overheating* yang dapat merusak komponen mesin secara permanen dan mengganggu kelangsungan pelayaran.

Berkaitan dengan sistem pendinginan mesin induk, Handoyo (2016: 14) menjelaskan bahwa terdapat dua jenis sistem pendinginan yang umum digunakan pada mesin diesel kapal, yaitu sistem pendinginan air terbuka dan sistem pendinginan air tertutup. Sistem pendinginan air terbuka menggunakan air laut secara langsung sebagai media pendingin dan membuangnya kembali ke lingkungan setelah digunakan. Meskipun sederhana, penggunaan sistem ini berisiko menimbulkan korosi,

penumpukan kotoran, dan penyempitan saluran pipa akibat kontak langsung antara air laut dengan komponen internal mesin. Sebaliknya, sistem pendinginan air tertutup menggunakan air tawar yang bersirkulasi secara kontinu melalui pompa untuk menjaga suhu mesin. Air tawar memasuki ruang pendingin pada suhu sekitar 40°C dan setelah menyerap panas dari mesin, suhunya meningkat menjadi 70°C–80°C, untuk kemudian didinginkan kembali oleh air laut melalui *central cooler*. Sistem tertutup ini lebih banyak digunakan pada kapal modern karena lebih efektif dalam mencegah korosi dan menjaga efisiensi termal.

Sistem pendingin air tawar pada mesin induk kapal bekerja berdasarkan prinsip perpindahan panas secara konveksi melalui rangkaian komponen yang saling terhubung. Air tawar dipompa dan bersirkulasi melalui *plate* pendingin untuk diturunkan suhunya, lalu dialirkan ke dalam mesin induk melalui M.E. *jacket cooler* guna menyerap panas yang dihasilkan dari proses pembakaran dan gesekan antar komponen. Setelah keluar dari mesin induk dengan temperatur yang lebih tinggi, air tawar kembali dialirkan menuju *central cooler* untuk didinginkan. Menurut Aurelia (2019), sistem pendingin tidak langsung semacam ini sering digunakan pada *main engine* kapal karena terbukti efektif mencegah korosi dan menjaga efisiensi termal. Dalam pelaksanaannya, zat aditif juga ditambahkan ke dalam air tawar pendingin guna meningkatkan kemampuan pendinginan sekaligus melindungi komponen mesin dari korosi internal.

Sistem pendingin air tawar didukung oleh sejumlah komponen pendukung yang masing-masing memiliki fungsi spesifik. *Sea chest* merupakan komponen yang terhubung langsung dengan air laut dan terpasang pada lambung kapal di bawah permukaan air, berfungsi mengalirkan air laut ke dalam sistem pendingin. Menurut Sitepu dan Baso (2016), *sea chest* dipasang di dua titik dengan ketinggian berbeda agar dapat disesuaikan dengan kondisi perairan yang dilalui kapal. Komponen lain yang juga penting adalah *central cooler* (pendingin sentral), yang berfungsi memindahkan panas dari air tawar pendingin ke air laut tanpa terjadi kontak langsung di antara keduanya. *Central cooler*

dilengkapi dengan alur-alur kecil tempat air tawar mengalir, sementara air laut berada di sisi lain sebagai penyerap panas. Komponen pendukung lainnya meliputi katup (*valve*), saringan (*strainer*), pipa pendingin, dan tangki ekspansi yang berfungsi mengakomodasi perubahan volume air tawar akibat pemuaian termal selama operasional mesin.

Pompa merupakan salah satu komponen kunci dalam sistem pendingin. Menurut Poerwanto dan Gianto (1998: 98), pompa didefinisikan sebagai alat yang berfungsi memindahkan zat cair dari satu tempat ke tempat lain dengan memanfaatkan perbedaan tekanan antara sisi masuk (*suction*) dan sisi keluar (*discharge*), serta mengubah energi mekanis dari sumber penggerak menjadi energi kinetis untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan selama proses pengaliran. McGeorge (2015: 139) menambahkan bahwa pompa membagi sistem menjadi dua bagian utama, yaitu sisi hisap dan sisi pembuangan, di mana tekanan pada sisi hisap dibatasi oleh kondisi vakum, sementara tekanan pada sisi pembuangan secara teoritis tidak memiliki batasan. Dalam konteks sistem pendingin kapal, *main cooling sea water pump* termasuk dalam kategori pompa sentrifugal yang bekerja berdasarkan prinsip menciptakan perbedaan tekanan antara sisi *suction* dan *discharge* dengan mengubah energi mekanis menjadi energi kinetis untuk memindahkan air laut secara berkesinambungan menuju *central cooler*.

Menurut Saputra (2010: 67), pompa sentrifugal adalah mesin yang berfungsi memindahkan fluida dengan memanfaatkan putaran untuk meningkatkan tekanan menggunakan gaya sentrifugal, sehingga fluida keluar secara radial melalui *impeller*. Prinsip kerjanya adalah mengubah energi kinetik fluida menjadi energi potensial melalui *impeller* yang berputar di dalam *casing*. Komponen utama pompa sentrifugal meliputi *impeller*, *casing*, *shaft*, *bearing*, *stuffing box*, *packing*, *shaft sleeve*, *vane*, *casing wear ring*, *eye of impeller*, dan *discharge nozzle*. *Impeller* merupakan bagian terpenting karena berperan mentransfer energi dari putaran motor ke fluida. Berdasarkan konstruksinya, *impeller* dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *impeller* tertutup yang

digunakan untuk memompa cairan bersih, dan *impeller* terbuka yang digunakan untuk memompa cairan dengan kandungan kotoran dan lumpur yang tinggi. Efisiensi kerja pompa sentrifugal sangat dipengaruhi oleh kondisi *impeller*, karena kerusakan pada komponen ini akan berdampak langsung terhadap kapasitas aliran dan tekanan yang dihasilkan pompa.

Kinerja *main cooling sea water pump* dapat dinilai dari tekanan air laut yang dipompakan, yang harus sesuai dengan standar yang tercantum dalam buku manual pompa. Menurut Yusniar Lubis, dkk. (2019: 26), kinerja merupakan hasil dari suatu proses yang diukur dalam periode tertentu berdasarkan ketentuan dan standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Pompa dianggap berfungsi dengan baik apabila tekanan yang terbaca pada *pressure gauge* sesuai dengan nilai yang dipersyaratkan dalam manual operasional. Penurunan tekanan yang signifikan merupakan indikator awal adanya gangguan pada kinerja pompa yang harus segera ditindaklanjuti. Salah satu fenomena yang sering menjadi penyebab penurunan kinerja pompa sentrifugal adalah kavitasi, yaitu terbentuk dan pecahnya gelembung uap akibat perubahan tekanan lokal pada aliran fluida. Fenomena ini menghasilkan gaya dampak berulang pada permukaan *impeller* dan komponen pompa lainnya sehingga menimbulkan korosi-erosi yang secara progresif menurunkan kemampuan pompa dalam mengalirkan air laut.

Untuk menjaga kinerja *main cooling sea water pump* agar tetap optimal, diperlukan program perawatan yang terencana dan berkelanjutan. Menurut Assauri (1993: 13), perawatan mencakup pemeliharaan fasilitas, perbaikan, penyesuaian, atau penggantian komponen yang diperlukan guna memastikan peralatan bekerja secara optimal. Dhillon (1997: 24) menambahkan bahwa perawatan adalah tindakan yang bertujuan menghasilkan produk yang baik atau mengembalikan kondisi peralatan ke status yang memadai. Secara umum, perawatan dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) yang bertujuan mendeteksi dan mencegah kerusakan sedini mungkin, perawatan korektif (*corrective maintenance*) yang dilakukan untuk memperbaiki kerusakan

yang telah terjadi, dan perawatan insidental di mana mesin dibiarkan beroperasi hingga mengalami kerusakan sebelum diperbaiki. Dalam konteks *main cooling sea water pump*, penerapan perawatan pencegahan secara konsisten—meliputi pemeriksaan berkala, pembersihan komponen, dan penggantian suku cadang sesuai jadwal—merupakan langkah paling efektif untuk mencegah terjadinya penurunan kinerja yang dapat berdampak pada stabilitas operasional mesin induk kapal.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif yang bertujuan untuk memahami secara mendalam fenomena penurunan kinerja *main cooling sea water pump* pada sistem pendingin mesin induk kapal MT. Sei Pakning. Pendekatan kualitatif dipilih karena permasalahan yang dikaji bersifat kontekstual dan memerlukan pemahaman menyeluruh terhadap kondisi nyata di lapangan, bukan sekadar pengukuran numerik semata. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa kata-kata, deskripsi lapangan, dan dokumentasi visual, di mana apabila terdapat data berupa angka maka data tersebut hanya berfungsi sebagai pelengkap. Penelitian dilaksanakan di atas kapal MT. Sei Pakning selama pelaksanaan praktik laut (prala) selama 12 bulan, sehingga peneliti memiliki akses langsung dan waktu yang memadai untuk melakukan pengamatan mendalam terhadap objek penelitian.

Sumber data dalam penelitian ini dibedakan menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung dari sumber aslinya melalui pengamatan lapangan dan wawancara langsung dengan perwira mesin serta kru kapal yang memiliki pengetahuan dan pengalaman relevan terkait operasional serta perawatan *main cooling sea water pump*. Data sekunder diperoleh dari dokumen pendukung yang telah tersedia di atas kapal, seperti buku manual pompa dan *Planned Maintenance System* (PMS) kapal, yang digunakan untuk melengkapi dan memverifikasi data primer yang telah dikumpulkan.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik yang dikombinasikan secara terpadu

(triangulasi). Pertama, observasi langsung terhadap kondisi dan kinerja *main cooling sea water pump* selama beroperasi di atas kapal, guna memperoleh data autentik mengenai gejala penurunan kinerja yang terjadi. Kedua, wawancara mendalam dengan perwira dan kru bagian mesin, khususnya para masinis yang memiliki pengalaman langsung dalam menangani permasalahan pompa, guna menggali informasi mengenai faktor penyebab, dampak yang ditimbulkan, serta upaya perawatan yang telah dilakukan. Ketiga, dokumentasi berupa pengumpulan foto, catatan teknis, dan data dari dokumen PMS kapal yang berkaitan dengan riwayat perawatan dan kondisi *main cooling sea water pump*. Kombinasi ketiga teknik ini bertujuan untuk menghasilkan data yang akurat, komprehensif, dan dapat dipertanggungjawabkan.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan yang bersifat interaktif dan berkesinambungan. Tahap pertama adalah reduksi data, yaitu proses merangkum, memilah, dan memfokuskan data pada informasi yang relevan dengan permasalahan penelitian, sehingga data yang kompleks dapat disederhanakan dan lebih mudah dianalisis. Tahap kedua adalah penyajian data, yaitu menyusun informasi yang telah direduksi ke dalam bentuk yang terorganisir dan sistematis sehingga memudahkan penarikan kesimpulan. Tahap ketiga adalah penarikan kesimpulan berdasarkan pola dan temuan yang diperoleh dari keseluruhan data yang telah dianalisis, guna menjawab rumusan masalah penelitian secara komprehensif dan berbasis bukti lapangan.

Hasil dan Pembahasan

Faktor Penyebab Turunnya Kinerja *Main Cooling Sea Water Pump* pada Proses Pendinginan di Mesin Induk

Hasil observasi yang dilakukan secara langsung di atas kapal MT. Sei Pakning selama periode penelitian menunjukkan bahwa penurunan kinerja *main cooling sea water pump* sentrifugal tipe C2G-200LR-AAN-B29H2-CNB dapat diidentifikasi melalui sejumlah indikator yang dapat dipantau secara visual maupun instrumental oleh *engineer*

kapal. Indikator pertama dan paling mudah diamati adalah pembacaan *pressure gauge* yang menunjukkan penurunan tekanan dari rentang normal operasional pompa, yaitu 2,2–3,5 Kg/cm² atau setara dengan 2,15–3,43 Bar. Tekanan yang terbaca pada *pressure gauge* mencerminkan seberapa besar kapasitas aliran air laut yang mampu disuplai oleh pompa menuju *central cooler*. Semakin tinggi tekanan yang ditunjukkan, semakin besar volume air laut yang tersedia untuk proses pertukaran panas di *central cooler*, sehingga efektivitas pendinginan air tawar yang bersirkulasi pada *jacket* mesin induk pun semakin optimal. Sebaliknya, penurunan tekanan yang terbaca pada *pressure gauge* menjadi sinyal awal adanya gangguan pada sistem kerja pompa yang harus segera ditelusuri penyebabnya.

Indikator kedua yang perlu diperhatikan adalah munculnya suara yang lebih kasar dari kondisi normal, disertai dengan peningkatan vibrasi selama pompa beroperasi. Suara yang terdengar seperti meraung atau tidak wajar pada pompa sentrifugal umumnya mengindikasikan adanya gangguan pada komponen berputar di dalam pompa, seperti kerusakan *bearing*, ketidakseimbangan *impeller*, atau terjadinya fenomena kavitasi yang menyebabkan tumbukan gelembung uap secara berulang pada permukaan *impeller*. Vibrasi yang berlebih juga dapat mempercepat keausan komponen lain seperti *shaft sleeve* dan *mechanical seal*, sehingga apabila tidak segera ditangani dapat memicu kerusakan yang lebih luas. Indikator ketiga adalah peningkatan suhu pada *casing* pompa yang terjadi ketika pompa terus berputar namun tidak ada fluida yang dialirkan secara memadai. Kondisi ini berbahaya karena panas yang dihasilkan dari gesekan komponen internal tidak dapat didinginkan oleh aliran fluida, sehingga suhu *casing* meningkat secara signifikan. Indikator keempat adalah pembacaan *ampere meter* di *engine control room* yang melebihi kapasitas normal sebagaimana tercantum dalam *manual book*. Konsumsi arus listrik yang melebihi batas normal mengindikasikan bahwa motor listrik bekerja lebih keras dari seharusnya, yang dapat disebabkan oleh hambatan mekanis pada komponen pompa seperti *bearing* yang macet atau komponen yang bergesekan akibat pemasangan yang tidak tepat.

Dari hasil *overhaul* menyeluruh yang dilakukan terhadap *main cooling sea water pump* di kapal MT. Sei Pakning, ditemukan empat faktor utama yang menjadi penyebab penurunan kinerja pompa. Faktor pertama adalah keausan *impeller* akibat fenomena kavitasi, disertai *clearance* antara *impeller* dan *mouth ring* yang telah melebihi batas toleransi yang ditetapkan. Mengacu pada tabel API *maker* Hamworthy, batas maksimal *clearance* antara *mouth ring* dan *impeller* berdiameter 200 mm tidak boleh melebihi 0,50 mm. Apabila *clearance* ini terlampaui, terjadi kebocoran pada pompa, sehingga efisiensi volumetrik pompa menurun secara signifikan. Kavitasi yang terjadi pada *impeller* dipicu oleh turunnya tekanan fluida di sisi *suction* di bawah tekanan uap jenuh air laut, sehingga terbentuk gelembung-gelembung uap yang bergerak bersama aliran fluida dan pecah secara tiba-tiba saat tekanan kembali meningkat di dekat permukaan *impeller*. Pecahnya gelembung uap ini menghasilkan gaya impak yang sangat besar dalam skala mikro, namun apabila terjadi secara terus-menerus dalam jangka waktu yang panjang, permukaan *impeller* akan mengalami korosi-erosi berupa lubang-lubang kecil yang secara bertahap merusak geometri sudu *impeller* dan menurunkan kemampuannya dalam mengalirkan fluida secara efisien.

Faktor kedua adalah kondisi *strainer* pompa yang tersumbat oleh sampah plastik dan material asing dari perairan yang dilalui kapal. Pompa dirancang dengan *strainer* atau filter pada sisi hisap yang berfungsi menyaring benda asing agar tidak masuk ke dalam sistem dan merusak komponen pompa. Dalam praktiknya, *strainer* sering ditemukan dalam kondisi penuh dengan sampah plastik yang menghalangi laju air masuk ke dalam sistem, sehingga tekanan air turun dan aliran air laut yang tersuplai ke *central cooler* berkurang drastis. Kondisi ini umumnya terjadi ketika kapal melewati perairan yang padat dengan sampah, seperti teluk yang berbatasan langsung dengan kawasan pemukiman masyarakat pesisir, di mana limbah plastik dan material organik banyak terapung di permukaan air. Faktor ketiga adalah kebocoran pada pompa yang dapat terjadi akibat beberapa kondisi, di antaranya pemasangan *mechanical seal* dan *bearing assembly* yang tidak *centre*, serta

kondisi komponen-komponen tersebut yang telah mengalami keausan melampaui batas toleransi. Pada pompa tipe C2G-200LR-AAN-B29H2-CNB yang digunakan di MT. Sei Pakning, cover pompa yang terintegrasi dengan *bearing assembly* harus dipasang secara rata dan presisi pada seluruh sisinya. Apabila pemasangan tidak tepat, tekanan yang tidak merata akan menyebabkan *mechanical seal* tidak dapat menutup celah antara poros yang berputar dan casing secara sempurna, sehingga air laut merembes keluar dan menyebabkan kebocoran yang mengurangi tekanan pada sistem. Faktor keempat adalah kerusakan pada *electric motor* pompa, khususnya keausan *bearing motor* yang bertugas menopang putaran rotor. Keausan *bearing motor* menyebabkan putaran *shaft* menjadi tidak stabil, sehingga energi yang ditransfer dari motor ke *impeller* melalui *coupling* menjadi tidak optimal. Akibatnya, putaran *impeller* kehilangan konsistensi, kapasitas aliran air laut yang dihasilkan pompa menurun, dan tekanan pada sisi *discharge* tidak dapat mencapai nilai yang dipersyaratkan.

Temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Muh Afif Irham (2020) yang menyatakan bahwa penurunan kinerja pompa air laut pada MT. Sepingga disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya ketidaksesuaian prosedur perawatan, penggunaan pompa melebihi batas jam kerja, serta kandungan unsur agresif dalam air laut yang mempercepat kerusakan komponen. Sifat agresif air laut yang mengandung kadar garam tinggi memang terbukti mempercepat proses korosi pada komponen-komponen logam di dalam pompa, termasuk *impeller*, *casing wear ring*, dan *mouth ring*. Penelitian Faisal Murdiawan (2021) juga menemukan bahwa keberadaan kotoran dan karat pada pipa air laut menjadi faktor dominan yang memperburuk kinerja *main cooling sea water pump* di MT. Sepingga, di mana partikel karat dan kotoran yang masuk ke dalam pompa secara langsung mengurangi tekanan yang dihasilkan. Penelitian ini memperluas temuan-temuan sebelumnya dengan mengidentifikasi kavitasi pada *impeller* sebagai faktor kerusakan utama yang spesifik pada tipe pompa yang digunakan di MT. Sei Pakning, sekaligus menambahkan dimensi analisis terhadap kerusakan *bearing*

assembly dan *mechanical seal* yang belum dikaji secara mendalam pada penelitian-penelitian sebelumnya. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi tambahan berupa peta faktor kerusakan yang lebih lengkap dan terperinci, yang dapat dijadikan referensi bagi penelitian-penelitian berikutnya terkait perawatan pompa sentrifugal di kapal.

Secara teknis, keempat faktor penyebab penurunan kinerja pompa yang ditemukan dalam penelitian ini tidak berdiri sendiri secara independen, melainkan saling berkaitan dalam sebuah mekanisme kegagalan yang bersifat kumulatif dan progresif. Kavitas pada *impeller* yang dipicu oleh tekanan rendah di sisi *suction* akan semakin parah apabila *strainer* dalam kondisi tersumbat, karena penyumbatan *strainer* secara langsung memperburuk penurunan tekanan di sisi hisap pompa. Semakin rendah tekanan *suction*, semakin besar kemungkinan terbentuknya gelembung uap yang memicu kavitas, dan semakin cepat laju erosi pada permukaan *impeller*. Di sisi lain, keausan *impeller* yang dibiarkan berkembang tanpa penanganan akan meningkatkan *clearance* antara *impeller* dan *mouth ring*, yang pada akhirnya memperburuk kebocoran internal dan semakin menurunkan efisiensi pompa. Sementara itu, kebocoran akibat *mechanical seal* yang aus mengurangi tekanan pada sisi *discharge*, sedangkan kerusakan *bearing motor* menambah ketidakstabilan putaran yang memperparah seluruh kondisi tersebut. Apabila salah satu faktor ini tidak segera ditangani, maka faktor-faktor lainnya akan berkembang lebih cepat, dan kegagalan pompa secara total hanya tinggal menunggu waktu.

Temuan ini selaras dengan teori pompa sentrifugal yang dikemukakan Saputra (2010: 67), yang menegaskan bahwa efisiensi pompa sentrifugal sangat bergantung pada kondisi *impeller* sebagai komponen utama yang mentransfer energi dari motor ke fluida. Keausan *impeller* akibat kavitas secara langsung mengurangi kemampuan pompa dalam menciptakan perbedaan tekanan antara sisi *suction* dan *discharge* yang cukup untuk mengalirkan fluida sesuai kapasitas desain, sebagaimana dijelaskan oleh McGeorge (2015: 139). Penyumbatan *strainer* pun berkaitan erat

dengan prinsip dasar hidraulika di mana hambatan pada saluran hisap akan meningkatkan *head loss* dan menurunkan laju aliran volumetrik pompa secara keseluruhan. Lebih jauh, indikator kinerja pompa yang tercermin melalui pembacaan *pressure gauge* sesuai dengan pernyataan Yusniar Lubis, dkk. (2019: 26) bahwa kinerja suatu sistem dapat dinilai secara objektif berdasarkan hasil terukur yang dibandingkan dengan standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Selain itu, prinsip kerja *electric motor* sebagai penggerak pompa yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanis juga mempertegas bahwa kerusakan pada *bearing motor* akan berdampak langsung pada ketidakefisienan transfer energi ke *impeller*, sebagaimana relevan dengan konsep tenaga penggerak pompa sentrifugal yang diuraikan dalam kajian teori.

Pemahaman yang komprehensif terhadap keempat faktor penyebab penurunan kinerja pompa ini memiliki implikasi praktis yang sangat penting bagi para *engineer* di atas kapal. Pertama, identifikasi dini melalui pemantauan indikator *pressure gauge*, suhu *casing*, suara, vibrasi, dan *ampere meter* harus dijadikan prosedur pemantauan rutin harian yang terdokumentasi dalam *logbook* mesin, sehingga penurunan kinerja pompa dapat terdeteksi lebih awal sebelum berkembang menjadi kerusakan yang lebih serius dan berbiaya tinggi. Kedua, pemahaman mendalam mengenai fenomena kavitas dan mekanisme kerusakannya pada *impeller* perlu ditingkatkan melalui program pelatihan teknis yang terstruktur bagi seluruh kru mesin, mengingat kavitas merupakan faktor kerusakan yang sering terjadi namun kerap tidak teridentifikasi secara tepat di lapangan karena gejalanya sering dianggap sebagai kebisingan operasional biasa. Ketiga, penerapan prosedur *overhaul* yang benar dan presisi—khususnya terkait pemasangan *mechanical seal*, *bearing assembly*, dan *clearance impeller*—perlu menjadi standar kompetensi wajib bagi *engineer* yang bertanggung jawab atas perawatan pompa sentrifugal di atas kapal.

Dampak Turunnya Kinerja *Main Cooling Sea Water Pump* pada Proses Pendinginan di Mesin Induk

Sistem pendinginan mesin induk di kapal MT. Sei Pakning menggunakan sistem pendinginan tidak langsung (tertutup) yang bekerja melalui dua subsistem yang saling terintegrasi. Subsistem pertama adalah *High Temperature Fresh Water* (HTFW), yang secara khusus bertugas mendinginkan *jacket* mesin induk dengan air tawar yang bersirkulasi pada temperatur tinggi. Subsistem kedua adalah *Low Temperature Fresh Water* (LTFW), yang bertugas mendinginkan permesinan bantu di atas kapal, meliputi *diesel generator*, *main air compressor*, dan *air conditioner compressor*. Kedua subsistem ini kemudian bermuara pada *central cooler* sebagai titik pendinginan utama, di mana panas yang diserap oleh air tawar dari seluruh permesinan dibuang ke air laut melalui mekanisme pertukaran panas secara konveksi pada ratusan *plate* yang tersusun di dalam *central cooler*. Dalam konfigurasi ini, *main cooling sea water pump* memegang peranan yang tidak tergantikan, karena pompa inilah yang bertanggung jawab mengalirkan air laut secara kontinu dan dalam debit yang mencukupi ke dalam *central cooler* agar proses pembuangan panas dapat berlangsung secara efektif dan berkelanjutan selama mesin induk beroperasi.

Proses pertukaran panas yang terjadi di dalam *central cooler* berlangsung secara konveksi melalui dinding *plate* tipis yang memisahkan aliran air tawar panas dari sisi mesin dengan aliran air laut dingin dari sisi pompa. Air tawar yang membawa panas dari *jacket* mesin induk mengalir melalui alur-alur kecil di satu sisi *plate*, sementara air laut mengalir di sisi berlawanan dalam arah yang berlawanan (*counter-flow*) untuk memaksimalkan efisiensi pertukaran panas. Efektivitas proses ini sangat bergantung pada laju aliran air laut yang masuk ke dalam *central cooler*. Apabila laju aliran air laut berkurang akibat penurunan kinerja *main cooling sea water pump*, maka kapasitas *central cooler* dalam menyerap dan membuang panas akan berkurang secara proporsional. Konsekuensinya, air tawar yang keluar dari *central cooler* menuju *jacket* mesin induk tidak

mencapai temperatur yang cukup rendah untuk menyerap panas pembakaran secara optimal, dan siklus pendinginan pun menjadi tidak efisien.

Data komparatif yang diperoleh selama penelitian berlangsung di atas kapal MT. Sei Pakning memberikan bukti empiris yang kuat mengenai hubungan langsung antara tekanan *main cooling sea water pump* dan suhu *jacket* mesin induk. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa ketika Pompa No. 1 beroperasi pada tekanan 2,7 Kg/cm², suhu *jacket* mesin induk tercatat berada pada angka 78°C. Ketika tekanan Pompa No. 1 meningkat menjadi 3,6 Kg/cm², suhu *jacket* turun menjadi 77°C, menunjukkan bahwa peningkatan suplai air laut berdampak positif terhadap efektivitas pendinginan. Sebaliknya, Pompa No. 2 yang beroperasi pada tekanan yang lebih rendah menghasilkan kondisi pendinginan yang kurang optimal. Pada tekanan 2,4 Kg/cm², suhu *jacket* tercatat mencapai 80,9°C, dan pada tekanan 2,6 Kg/cm², suhu *jacket* berada pada 79°C. Perbandingan data ini secara konsisten menunjukkan korelasi negatif yang signifikan antara tekanan pompa dan suhu *jacket* mesin induk, di mana semakin rendah tekanan pompa, semakin tinggi suhu *jacket* yang tercatat. Kondisi suhu *jacket* pada Pompa No. 2 yang mencapai 80,9°C bahkan telah melampaui batas normal operasional *jacket outlet* yang seharusnya berada pada rentang 75–80°C saat kapal dalam kondisi *sailing*, sehingga mengindikasikan bahwa kinerja Pompa No. 2 yang lebih rendah telah memberikan dampak nyata terhadap stabilitas termal mesin induk.

Dampak paling langsung yang ditimbulkan oleh penurunan kinerja *main cooling sea water pump* adalah berkurangnya suplai air laut yang masuk ke *central cooler*, yang secara berantai menyebabkan efisiensi pertukaran panas menurun, temperatur air tawar keluaran *central cooler* meningkat, dan pada akhirnya suhu *jacket* mesin induk melampaui batas normal operasional. Kondisi ini menciptakan sebuah siklus termal negatif yang semakin memperburuk kondisi mesin apabila tidak segera ditangani. Air tawar yang kembali masuk ke *jacket* mesin induk dengan suhu lebih tinggi dari seharusnya tidak mampu menyerap panas pembakaran secara optimal, sehingga

mesin harus beroperasi dengan beban termal yang terus meningkat. Akibatnya, suhu operasional mesin secara keseluruhan meningkat secara progresif, yang berpotensi memengaruhi viskositas pelumas, efisiensi pembakaran, dan kinerja komponen-komponen internal mesin induk secara keseluruhan.

Apabila kondisi peningkatan suhu *jacket* ini dibiarkan berlanjut tanpa penanganan yang tepat dan segera, risiko *overheating* pada mesin induk menjadi sangat nyata dan dapat menimbulkan kerusakan serius pada komponen-komponen vital mesin. *Cylinder liner* merupakan salah satu komponen yang paling rentan terhadap kondisi *overheating*, karena material logam penyusunnya akan mengalami pemuai termal berlebih yang dapat menyebabkan perubahan dimensi dan kerusakan permukaan kerja silinder. Demikian pula *ring piston* yang bekerja dalam kondisi temperatur tinggi akan kehilangan elastisitasnya lebih cepat, mengalami keausan yang dipercepat, dan pada kondisi ekstrem dapat mengalami *seizure* atau macet di dalam silinder. Kerusakan pada *cylinder liner* dan *ring piston* tidak hanya mengakibatkan penurunan performa mesin berupa berkurangnya tenaga dorong kapal, tetapi juga menimbulkan biaya perbaikan yang sangat besar dan memerlukan waktu *downtime* yang panjang di bengkel atau galangan. Selain itu, *overheating* yang berkepanjangan juga dapat merusak *turbocharger*, sistem bahan bakar, dan komponen-komponen lain yang sensitif terhadap perubahan suhu, sehingga dampaknya dapat meluas ke seluruh sistem permesinan kapal.

Temuan ini memperkuat dan sejalan dengan hasil penelitian Muh Afif Irham (2020) yang menyatakan bahwa penurunan kinerja pompa air laut berpotensi menyebabkan *overheating* pada mesin dan dapat berujung pada terbakarnya *coil stator* pada motor penggerak pompa akibat beban kerja yang berlebihan. Kerusakan pada *coil stator* motor listrik pompa merupakan dampak tidak langsung yang signifikan, karena motor yang dipaksa bekerja pada kondisi beban berlebih untuk mengkompensasi penurunan efisiensi pompa akan mengonsumsi arus listrik lebih besar dari kapasitas nominalnya, sehingga panas yang

dihasilkan pada kumparan motor melampaui batas toleransi isolasi, dan pada akhirnya menyebabkan kegagalan elektrik pada motor. Murdiawan (2021) juga melaporkan bahwa berkurangnya tekanan pompa secara langsung memengaruhi efektivitas pendinginan mesin induk, yang dalam jangka panjang dapat memperpendek umur operasional komponen-komponen mesin secara keseluruhan. Penelitian ini memperkuat temuan-temuan sebelumnya dengan menambahkan bukti berupa data perbandingan tekanan pompa dan suhu *jacket* yang terukur secara langsung di lapangan, sehingga korelasi negatif antara penurunan tekanan pompa dan peningkatan suhu *jacket* dapat dibuktikan secara empiris dan bukan hanya berdasarkan analisis kualitatif semata. Kontribusi data ini menjadi nilai tambah penelitian yang membedakannya dari penelitian-penelitian sebelumnya, sekaligus memberikan landasan yang lebih kuat bagi rekomendasi ambang batas operasional tekanan pompa.

Secara teoritis, dampak yang ditimbulkan oleh penurunan kinerja *main cooling sea water pump* terhadap sistem pendinginan mesin induk dapat dijelaskan melalui prinsip perpindahan panas yang menjadi fondasi teori sistem pendingin kapal. Laju perpindahan panas yang dirumuskan sebagai $Q = \Delta q / \Delta t$ menjelaskan bahwa jumlah panas yang dapat dipindahkan per satuan waktu (Q) bergantung pada kapasitas media pendingin yang tersedia. Ketika laju aliran air laut yang dihasilkan oleh *main cooling sea water pump* berkurang akibat penurunan kinerja pompa, kapasitas total panas yang dapat diserap dan dibuang oleh *central cooler* per satuan waktu ($\Delta q / \Delta t$) juga berkurang secara proporsional. Hal ini menyebabkan air tawar yang bersirkulasi kembali ke *jacket* mesin induk tidak mencapai temperatur yang cukup rendah untuk menyerap panas pembakaran secara efektif, sebagaimana dijelaskan dalam konsep sistem pendingin tidak langsung menurut Handoyo (2016: 14) dan Aurelia (2019). Lebih jauh, kondisi suhu *jacket* yang secara konsisten melampaui batas normal operasional berpotensi menimbulkan tegangan termal (*thermal stress*) pada material komponen mesin yang bersifat kumulatif. Tegangan termal yang berulang dapat menyebabkan kelelahan material (*material*

fatigue), retakan mikro pada permukaan komponen, dan pada akhirnya kegagalan struktural yang memerlukan penggantian komponen secara menyeluruh. Kondisi ini sepenuhnya sesuai dengan prinsip bahwa sistem pendinginan yang tidak berfungsi optimal akan secara langsung mempersingkat umur operasional mesin induk kapal.

Data yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki implikasi praktis yang luas dan strategis bagi pengelolaan operasional kapal. Pertama, data ini dapat dijadikan acuan ilmiah bagi engineer kapal dalam menetapkan ambang batas tekanan minimum *main cooling sea water pump* yang harus dipertahankan selama operasional, sehingga penentuan batas intervensi tidak hanya didasarkan pada intuisi atau pengalaman empiris semata, tetapi didukung oleh data terukur yang dapat dipertanggungjawabkan. Kedua, pengawasan berkala terhadap korelasi antara tekanan pompa dan suhu *jacket* di *engine control room* perlu diformalisasikan sebagai prosedur standar pemantauan harian yang terdokumentasi, sehingga tindakan korektif dapat diambil secara dini sebelum suhu *jacket* melampaui batas kritis yang membahayakan mesin induk. Ketiga, pemahaman mengenai mekanisme dampak berantai dari penurunan kinerja pompa—mulai dari berkurangnya suplai air laut, menurunnya efisiensi *central cooler*, meningkatnya suhu *jacket*, hingga risiko kerusakan komponen mesin—perlu menjadi bagian dari kurikulum pelatihan teknis bagi para *engineer* kapal, agar kesadaran akan pentingnya menjaga kinerja pompa tidak hanya dipahami sebagai kewajiban administratif, tetapi sebagai kebutuhan teknis yang berdampak langsung terhadap keselamatan dan efisiensi operasional kapal secara keseluruhan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, observasi lapangan, dan pembahasan yang telah dilakukan secara komprehensif di atas kapal MT. Sei Pakning, dapat ditarik beberapa kesimpulan yang mencakup seluruh rumusan masalah penelitian ini.

Pertama, penurunan kinerja *main cooling sea water pump* pada kapal MT. Sei Pakning

disebabkan oleh empat faktor utama yang saling berkaitan dan bersifat kumulatif. Faktor pertama adalah keausan *impeller* akibat fenomena kavitasi yang terjadi secara progresif, disertai dengan *clearance* antara *impeller* dan *mouth ring* yang telah melebihi batas toleransi 0,50 mm sebagaimana ditetapkan dalam tabel API *maker* Hamworthy untuk *impeller* berdiameter 200 mm. Kavitasi yang terjadi pada *impeller* dipicu oleh turunnya tekanan fluida di sisi *suction* di bawah tekanan uap jenuh air laut, sehingga gelembung-gelembung uap terbentuk dan pecah secara berulang pada permukaan *impeller*, menghasilkan gaya impak yang mengikis material *impeller* secara perlahan namun pasti. Kondisi ini secara bertahap memperburuk geometri sudu *impeller* dan memperbesar *clearance* dengan *mouth ring*, yang pada akhirnya menyebabkan kebocoran internal di dalam pompa dan penurunan efisiensi volumetrik secara signifikan. Faktor kedua adalah penyumbatan *strainer* pompa oleh sampah plastik dan material asing yang berasal dari perairan yang dilalui kapal, khususnya saat kapal melewati kawasan pesisir yang padat aktivitas manusia. Penyumbatan *strainer* tidak hanya langsung mengurangi volume air laut yang dapat masuk ke dalam sistem, tetapi juga memperparah fenomena kavitasi dengan semakin menurunkan tekanan di sisi *suction* pompa. Faktor ketiga adalah kebocoran pada pompa yang disebabkan oleh pemasangan *mechanical seal* dan *bearing assembly* yang tidak *centre*, serta kondisi komponen-komponen tersebut yang telah mengalami keausan melampaui batas toleransi operasional. Kebocoran eksternal yang terjadi menyebabkan berkurangnya tekanan pada sisi *discharge* pompa, sehingga volume air laut yang dapat dialirkan menuju *central cooler* berkurang dari kapasitas desain yang seharusnya. Faktor keempat adalah kerusakan pada *electric motor* pompa, khususnya keausan *bearing motor* yang menyebabkan putaran shaft menjadi tidak stabil, sehingga transfer energi dari motor ke *impeller* melalui *coupling* menjadi tidak optimal dan kapasitas aliran pompa menurun. Keempat faktor ini membentuk mekanisme kegagalan yang bersifat saling memperburuk, sehingga penanganan yang menyeluruh terhadap semua faktor secara bersamaan menjadi mutlak diperlukan.

Kedua, penurunan kinerja *main cooling sea water pump* memberikan dampak yang signifikan dan berantai terhadap proses pendinginan mesin induk kapal. Data empiris yang diperoleh selama penelitian secara konsisten menunjukkan korelasi negatif yang kuat antara tekanan pompa dan suhu jacket mesin induk. Ketika Pompa No. 1 beroperasi pada tekanan 2,7 Kg/cm², suhu jacket tercatat 78°C, dan ketika tekanannya meningkat menjadi 3,6 Kg/cm², suhu jacket turun menjadi 77°C. Sementara itu, Pompa No. 2 yang beroperasi pada tekanan lebih rendah, yaitu 2,4 Kg/cm² dan 2,6 Kg/cm², menghasilkan suhu jacket yang lebih tinggi, masing-masing 80,9°C dan 79°C, bahkan melampaui batas normal operasional 75–80°C. Data ini membuktikan secara empiris bahwa penurunan tekanan pompa berdampak langsung pada berkurangnya suplai air laut menuju central cooler, yang selanjutnya menyebabkan proses pertukaran panas pada plate-plate central cooler menjadi tidak optimal. Air tawar yang kembali ke jacket mesin induk dengan suhu lebih tinggi dari seharusnya tidak mampu menyerap panas pembakaran secara efektif, sehingga tercipta siklus termal negatif yang secara progresif meningkatkan suhu operasional mesin induk. Apabila kondisi ini dibiarkan berlangsung tanpa penanganan, risiko *overheating* yang merusak komponen vital mesin seperti *cylinder liner* dan *ring piston* menjadi sangat nyata, dengan konsekuensi berupa penurunan performa mesin, biaya perbaikan yang besar, dan potensi gangguan serius terhadap operasional kapal secara keseluruhan.

Ketiga, upaya perawatan yang terencana, konsisten, dan menyeluruh terbukti menjadi kunci utama dalam menjaga kinerja *main cooling sea water pump* agar tetap optimal. Pemantauan harian melalui indikator-indikator kinerja pompa—meliputi pembacaan *pressure gauge*, suhu *casing*, intensitas suara, tingkat vibrasi, dan konsumsi arus pada *ampere meter*—merupakan langkah deteksi dini yang efektif untuk mengidentifikasi gangguan kinerja sebelum berkembang menjadi kerusakan yang lebih serius. Selain itu, pembersihan *strainer* secara rutin setiap kali kapal bersandar, pengelolaan *running hours* pompa melalui sistem rotasi operasional dua pompa berdasarkan pola bulan ganjil-genap,

pelaksanaan *Planned Maintenance System* (PMS) secara disiplin melalui aplikasi DNV-GL, pemastian penggunaan suku cadang sesuai spesifikasi *manual book* termasuk *impeller* dengan *part number* SUS4071-001-200 yang dirancang dengan nilai NPSH optimal, serta ketepatan pemasangan komponen pasca-*overhaul* merupakan serangkaian tindakan perawatan yang secara sinergis berkontribusi dalam mempertahankan kinerja pompa dan memperpanjang umur operasionalnya. Keseluruhan upaya perawatan ini tidak hanya memberikan manfaat teknis berupa terjaganya kinerja sistem pendingin, tetapi juga memberikan manfaat ekonomis berupa berkurangnya biaya perbaikan tidak terencana dan minimnya risiko gangguan operasional kapal akibat kegagalan sistem pendingin.

Berdasarkan seluruh hasil penelitian, temuan lapangan, dan kesimpulan yang telah diuraikan, penulis mengajukan beberapa saran yang diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi berbagai pihak yang terlibat dalam pengelolaan operasional dan perawatan kapal MT. Sei Pakning maupun kapal-kapal sejenis yang dioperasikan oleh PT. Pertamina International Shipping.

Pertama, bagi manajemen perusahaan pelayaran khususnya PT. Pertamina International Shipping, sistem *Planned Maintenance System* (PMS) yang telah dirancang dengan sangat tertata dalam aplikasi DNV-GL merupakan aset manajemen yang sangat bernilai dan patut mendapat apresiasi. Sistem ini telah mengintegrasikan jadwal pengecekan mesin, prosedur perbaikan, penetapan penanggung jawab pekerjaan, hingga mekanisme permintaan suku cadang melalui fitur *action plan* dan *request order* dalam satu platform digital yang dapat diakses oleh seluruh engineer di atas kapal. Keberadaan sistem ini secara signifikan meningkatkan efisiensi pengelolaan perawatan dan memudahkan koordinasi antara kru kapal dengan manajemen di darat. Namun demikian, efektivitas sistem PMS yang telah dirancang dengan baik ini akan sangat bergantung pada ketepatan dan kecepatan *respons* dari pihak manajemen darat dalam memenuhi permintaan suku cadang yang diajukan oleh kru kapal. Oleh karena itu, perusahaan sangat disarankan untuk

menetapkan standar waktu maksimal (*lead time standar*) dalam pemrosesan dan pengiriman setiap permintaan suku cadang yang masuk melalui sistem action plan DNV-GL, serta memastikan bahwa standar waktu tersebut ditepati secara konsisten. Keterlambatan pengiriman suku cadang yang saat ini masih sering terjadi—bahkan hingga melewati masa kontrak *engineer* yang mengajukan permintaan—merupakan celah operasional yang perlu segera diatasi, karena kontinuitas perawatan mesin harus terjaga tanpa terputus oleh pergantian personel maupun keterlambatan logistik.

Kedua, perusahaan disarankan untuk membangun sistem manajemen inventaris suku cadang (*spare part inventory management*) yang lebih proaktif dan berbasis risiko di atas kapal. Sistem ini perlu mempertimbangkan tingkat kekritisan setiap komponen permesinan, frekuensi penggantian berdasarkan data historis *running hours*, serta potensi dampak operasional apabila komponen tersebut mengalami kegagalan mendadak tanpa tersedianya suku cadang pengganti di atas kapal. Untuk komponen-komponen kritis seperti *impeller*, *mechanical seal*, *bearing assembly*, dan *bearing motor* pada *main cooling sea water pump*, ketersediaan suku cadang minimal satu set pengganti di atas kapal harus dijamin setiap saat tanpa tergantung pada siklus pengiriman rutin. Kondisi di mana *overhaul* atau perbaikan darurat harus ditunda karena ketiadaan suku cadang di atas kapal merupakan situasi yang tidak hanya merugikan secara teknis, tetapi juga berpotensi membahayakan keselamatan pelayaran apabila kegagalan komponen terjadi pada saat kapal sedang beroperasi di tengah laut jauh dari pelabuhan terdekat.

Referensi

- Assauri, Sofjan. 1993. Manajemen Produksi dan Operasi, Jakarta; Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Aurelia, 2019. Perawatan Fresh Water Cooler pada Sistem Pendinginan Mesin Diesel Penggerak Generator Listrik di Kapal Navigasi Milik Distrik Navigasi Kelas I Ambon Fresh Water Cooler Treatment in the Diesel Engine Cooling System of Electric Generator in Navigation Ship, Maintenance, 1(1),1–11.
- B.S. Dhillon, 1997. Reability Engineering in System Design and Operation, Singapore; Van Nostrand Reinhold Company, Inc.
- Jusak Johan Handoyono, 2016. Mesin Diesel Penggerak Utama Kapal, Jakarta; Penerbit Buku Maritim Djangkar.
- McGeorge H D. 2015. Marine Auxiliary Machinery, Manchester; Elsevier Science Ltd..
- Poerwanto AMK. B & Herry Gianto. (1998). Macam-Macam Pompa dan Penggunaanya, Jakarta.
- Saputra, 2010. Mekanika Fluida, jilid 2, Bandung.
- Sitepu, A. H., & Baso, S. (2016). Performa Design StripshieId Sea Chest Kapal BASARNAS Tipe FRP 36 Berdasarkan Water Intake dan Tahanan Tambahan (Online), Vol. 14, No. 1.<https://journal.unhas.ac.id/index.php/jrtk/article/view/691>. Diakses pada tanggal 12 Februari 2026.
- Yusniar Lubis, dkk. 2019. Manajemen dan Riset Sumber Daya Manusia, Bandung.