

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin Kapal

2.1.1 Pengertian Mesin Kapal

Mesin kapal adalah mesin pembakaran internal yang berfungsi untuk menggerakkan kapal dari satu pelabuhan ke pelabuhan lain. Mesin kapal mengubah panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanik. Berbeda dengan versi sebelumnya yang menggunakan tenaga angin, kapal laut modern menggunakan mesin. Hampir semua ukuran kapal, dari speed boat hingga pesiar, memiliki mesin. [6]

Sebagian orang mungkin masih bingung tentang cara mesin kapal bekerja. Prinsip kerja motor dan mobil sudah familiar. Namun, apakah sebanding dengan kapal laut Saat ini, ada dua jenis mesin kelautan, yaitu 4-tak dan 2-tak, yang dapat dipasang di atas kapal dari semua ukuran, tergantung pada ide dasar pembuat kapal apakah mereka akan menggunakan mesin 4-tak atau 2-tak. Apakah itu kapal kecil yang melalui perairan pantai atau kapal besar yang melalui perairan internasional, ini berlaku untuk semua ukuran kapal [7]

Pada dasarnya, mesin kapal laut adalah mesin mekanis yang bekerja dengan bahan bakar dan menghasilkan putaran untuk menghasilkan energi panas. Panas yang berasal dari pembakaran bahan bakar yang dapat diubah menjadi energi mekanik atau kerja yang dapat digunakan. Mesin pembakaran dalam, mirip dengan mesin kapal, membakar bahan bakar di dalam silinder mesin dan menghasilkan panas sebagai hasil sampingan dari pembakaran tersebut. Ini akan berubah menjadi putaran baling-baling kapal, yang akan berputar dalam perairan dan kemudian menggerakkan seluruh badan kapal dengan gaya dorong besar. [6]

Prinsip kerja mesin kapal hampir sama dengan prinsip kendaraan darat lainnya. Namun, yang membedakan hal ini adalah bahwa mobil akan memutar rodanya, sedangkan kapal laut akan menghasilkan gerakan poros yang dihubungkan

ke baling-baling. Seperti yang disebutkan sebelumnya, mesin pembakaran internal (IC) adalah sumber tenaga utama kapal laut dan terutama digunakan untuk penggerak kapal dan pembangkit listrik. [8]

Untuk memahami cara kerjanya, proses berikut dapat digunakan:

1. Proses Injeksi: Sejumlah bahan bakar diinjeksikan dengan tekanan tinggi.
2. Pembakaran: Campuran bahan bakar dan udara dikompresi di dalam silinder mesin dengan bantuan piston.
3. Tenaga: Panas dilepaskan, meningkatkan tekanan gas yang terbakar.
4. Ketika ada peningkatan tekanan yang tiba-tiba yang mendorong piston ke bawah, susunan batang penghubung mengubah gerakan melintang menjadi gerakan putar poros engkol.
5. Untuk mempertahankan keluaran daya, mesin kelautan dapat meledak terus-menerus, tergantung pada penggunaan dan jenis mesin.

Untuk melakukan pekerjaan mekanis, roda gila digunakan untuk menghubungkan alternator atau susunan baling-baling keduanya ke poros engkol. Untuk mencapai rotasi poros engkol yang konsisten, ledakan harus dilakukan berulang kali. Sebelum ledakan berikutnya, katup buang mengisi gas bekas dengan udara baru. Ini mendorong gas bekas keluar dari silinder dan menyediakan udara baru untuk proses pembakaran berikutnya. [9]

2.1.2 Jenis-Jenis Pemasangan Mesin Kapal

Dalam sistem propulsi kapal, mesin utama memegang peranan sentral sebagai penggerak kapal melalui konversi energi bahan bakar menjadi tenaga mekanik. Proses pemasangan mesin kapal menjadi salah satu aspek krusial karena berpengaruh terhadap efisiensi, kemudahan perawatan, stabilitas kapal, serta konfigurasi desain ruang mesin. Secara umum, pemasangan mesin pada kapal dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu:

2.1 Mesin Tempel (*Outboard*)

Mesin tempel sendiri adalah mesin penggerak yang biasa ditempel pada bagian buritan kapal kecil atau perahu untuk bisa bergerak dengan kecepatan yang lebih tinggi. Tak hanya itu, dengan mesin tempel Anda bisa mengatur laju perahu atau kapal agar bisa berputar pada suatu sumbu.

Komponen mesin tempel sendiri terdiri dari penggerak, transmisi serta jet air. Untuk mesinnya, Suzuki Marine tadinya menyediakan 2 pilihan yakni mesin 2 tak dan mesin 4 tak. Namun seiring perjalanan, mesin 4 tak dinilai lebih unggul dari segi efisiensi dan juga lebih minim polusi. Sehingga saat ini Suzuki Marine lebih fokus dalam penjualan mesin atau motor tempel 4 tak. [10].

Berikut adalah ciri-ciri mesin tempel ideal yang layak untuk penggunaan sehari-hari:

1. Torsi Maksimal

Layaknya memilih kendaraan lainnya, Anda harus memperhatikan spesifikasi dan tenaga yang dimiliki oleh mesin tempel yang akan dibeli. Pastikan mesin tempel memiliki torsi maksimal yang bisa memanfaatkan setiap tetes bahan bakar yang mengalir pada silinder. Karena mesin tempel yang bagus adalah mesin tempel yang mampu memberikan torsi maksimal dari pembakaran BBM

2. Hemat Bahan Bakar

Jangan langsung tertarik pada harga mesin tempel yang murah. Pastikan dahulu seberapa efisien mesin tempel terhadap penggunaan bahan bakar. Biasanya mesin tempel yang baik dan irit, memiliki sistem pembakaran yang bersih.

3. Desain Modern

Mesin tempel dengan tampilan yang modern tentu saja bisa meningkatkan penampilan dan juga rasa percaya diri anda dalam menaiki perahu. Selain performa, perhatikan juga tampilan desain saat memilih mesin tempel. Pastikan pola atau corak masih netral untuk dipakai pada perahu atau kapal jenis dan warna apa saja.

4. Sistem & Fitur Mempuni

Selain ketiga kriteria sebelumnya, mesin tempel yang baik tentunya harus punya sistem canggih dan fitur mumpuni yang memudahkan Anda dalam berkendara menyusuri perairan



Gambar 2. 1 Mesin Tempel (Sumber:Indomarine Internusa Group)

2.1 M

Gambar 2. 2 Mesin Inboard

(Sumber:dieselindustrialengine.com)Gambar 2. 3 Mesin Tempel

M

(Sumber:Indomarine Internusa Group)

pasang di dalam badan kapal (lambung), tepatnya di ruang mesin yang didesain khusus. Mesin inboard bekerja dengan cara mengubah energi bahan bakar menjadi energi mekanik, yang kemudian disalurkan melalui sistem transmisi, poros penggerak (*propeller shaft*), dan baling-baling untuk menggerakkan kapal maju atau mundur.

Berbeda dengan mesin outboard yang terpasang di luar kapal, mesin inboard terletak permanen di dalam struktur kapal, sehingga sistem penggerakannya lebih stabil dan terlindungi. Umumnya mesin inboard digunakan pada kapal berukuran sedang hingga besar seperti kapal nelayan, kapal penumpang, kapal barang kecil, kapal pesiar (*yacht*), hingga kapal patrol [11]

Pemilihan Sistem Pemasangan Mesin

1. Pemilihan jenis pemasangan mesin kapal bergantung pada:
2. Ukuran dan tipe kapal.
3. Tujuan operasional (komersial, patroli, rekreasi).

Pertimbangan efisiensi bahan bakar dan kemudahan perawatan. Stabilitas dan desain ruang kapal. Pemahaman mengenai jenis pemasangan ini penting bagi teknisi kapal dan perencana desain sistem mesin, karena berdampak langsung pada manajemen perawatan dan operasional jangka Panjang.



Gambar 2. 4 Mesin Inboard (Sumber:dieselindustrialengine.com)

2. Gambar 2. 5 Mesin 4-tak (Sumber:dieselindustrialengine.com) Gambar 2. 6 Mesin Inboard (Sumber:dieselindustrialengine.com)

Ada 2 (dua) kategori utama mesin diesel pada kapal laut, di antaranya yaitu Mesin 4-tak dan 2-tak berikut penjelasannya :

2.1.3.1 Mesin 4-Tak atau Mesin 4 Langkah (Stroke)

Mesin 4 tak kapal dapat dipasang untuk menggerakkan kapal dan menghasilkan listrik (Mesin ini biasanya seukuran perahu kecil) . Mesin ini menggunakan empat siklus untuk memindahkan daya dari ruang bakar ke poros engkol. Selama empat langkah piston bergerak, keempat langkahnya menghasilkan dua putaran poros engkol. Power Stroke atau Gerakan daya adalah gerakan di mana piston didorong ke bawah oleh ledakan lalu, dan gerakan buang adalah gerakan piston ke atas untuk melepaskan gas buang. Katup masuk dan buang di atas kepala silinder mengeluarkan gas buang bekas dan menerima udara baru. Sebuah poros bubungan, yang berfungsi sebagai katup dan pompa bahan bakar, menggerakkan poros engkol melalui penggerak roda gigi. Pompa bahan bakar memberikan bahan bakar ke injektor. [12]

Untuk menyesuaikan liner piston, camshaft berputar pada setengah kecepatan poros engkol dalam mesin empat langkah. Ini membantu melumasi liner saat bak mesin dibuka.

Kelebihan Mesin 4-Tak Pada Kapal :

- a) Mesin ini cenderung lebih efisien dalam pembakaran bahan bakar, sehingga mengurangi konsumsi
- b) Proses pembakaran yang lebih optimal menghasilkan emisi yang lebih rendah daripada mesin 2-tak.
- c) Durabilitas mesin 2-tak vs 4-tak memiliki perbedaan signifikan. Komponen yang lebih sedikit bergerak setiap siklus membuat mesin lebih awet.

Kekurangan Mesin 4-Tak Pada Kapal :

- a) Mesin 4-tak juga muncul dengan beberapa aspek yang perlu kamu pertimbangkan, katup dan mekanisme tambahan pada mesin ini memerlukan perawatan yang lebih kompleks.
- b) Meskipun efisien, mesin ini biasanya menghasilkan tenaga maksimal pada putaran yang lebih tinggi, yang mungkin tidak selalu ideal untuk beberapa jenis kapal.
- c) Selain itu, mesin 4-tak membutuhkan komponen mesin yang lebih banyak. Hal tersebut membuat bobot dan ukuran mesin ini lebih besar meskipun kapasitasnya sama dengan mesin 2-tak.



Gambar 2. 7 Mesin 4-tak
(Sumber:dieselindustrialengine.com)

Gambar 2. 8 Mesin 2-tak (Sumber:Karya Manunggal) Gambar 2. 9 Mesin 4-tak
(Sumber:dieselindustrialengine.com)

2.1.3.2 Mesin 2-Tak atau Mesin 2 Langkah (*Stroke*)

Mesin 2 tak, memiliki ukuran lebih besar dari mesin 4 tak, biasanya dipergunakan untuk menggerakkan kapal. Prinsip kerja pada mesin 2-tak yaitu hisap dan kompresi yang merupakan dua siklus yang membentuk proses keseluruhan mesin. Langkah hisap dan kompresi melibatkan gerakan piston ke atas untuk menarik udara baru dan mengompres campuran udara-bahan bakar. Tenaga dan pembuangan mengacu pada gerakan piston ke bawah sebagai hasil dari ledakan di ruang dan pelepasan gas buang berikutnya melalui katup pembuangan, yang dipasang di bagian atas silinder. Ruang bakar bak mesin dipisahkan dan ditutup dengan kotak isian. Begitulah gambaran sederhana dari prinsip kerja mesin yang digunakan untuk menghasilkan gaya dorong pada kapal laut. [13]

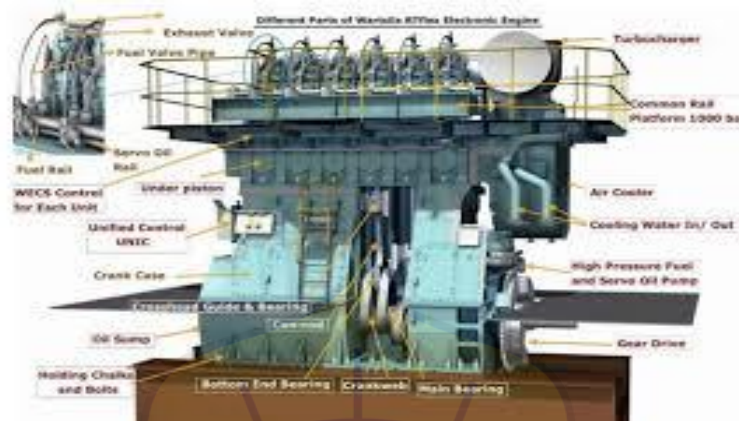
Kelebihan Mesin 2-Tak Pada Kapal :

- a) Mesin jenis ini menghasilkan torsi yang besar dalam putaran yang rendah, sehingga cocok untuk kapal yang memerlukan tenaga besar saat mulai bergerak dari posisi diam.
- b) Kemampuannya menghasilkan tenaga pada setiap putaran engkol membuat mesin 2-tak memberikan respon cepat terhadap perubahan beban
- c) Kontruksinya sederhana, sehingga perawatannya juga lebih mudah.

Kekurangan Mesin 2-Tak Pada Kapal :

- a) Terlepas dari banyak kelebihan yang ditawarkan, mesin 2-tak memiliki beberapa hal yang perlu kamu pertimbangkan. Siklus kerja yang singkat membuat mesin ini memerlukan banyak bahan bakar dibandingkan dengan mesin 4-tak.
- b) Selain itu, residu BBM yang tidak terbakar sepenuhnya meningkatkan emisi polutan. Mesin ini memerlukan perawatan yang lebih rutin karena komponennya bergerak secara rutin.

- c) Oleh karena itu, pertimbangkan kebutuhan khusus kapal, seperti ukuran, beban kerja, dan kondisi operasi sebelum menentukan mesin apa yang sesuai kebutuhanmu.



Gambar 2. 10 Mesin 2-tak (Sumber: Karya Manunggal)

2.2 Pemeliharaan dan Perawatan

2.2.1 Pengertian Pemeliharaan dan Perawatan

Perawatan kapal adalah kegiatan pemeliharaan dan perbaikan kapal yang dilaksanakan sendiri atau pihak lain pada masa operasi atau di luar operasi kapal, dalam rangka mempertahankan kelayakan kapal sehingga dapat beroperasi secara maksimal. Dalam mendukung proses pengoperasian kapal diperlukan suatu penanganan yang baik dalam hal pemeliharaan, agar kapal tersebut dapat beroperasi secara lancar serta sesuai dengan yang diinginkan. Dengan kata lain pemeliharaan adalah salah satu hal yang penting untuk menjaga kinerja kapal untuk yang menunjang operasional kapal. IMO (*International Maritime Organization*)[14]

Salah satu badan PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa) pada bidang pelayaran sudah membuat dan menetapkan suatu kode manajemen yang bisa dikenal dengan sebutan ISM Code (*International Safety Management Code*). ISM Code merupakan suatu kode internasional menjelaskan tentang manajemen untuk pengoperasian kapal secara menyeluruh dan umum untuk keselamatan crew dan penumpang di kapal dan juga sebagai mencegah pencemaran lingkungan, serta sebagai pencegahan pencemaran lingkungan. ISM Code membahas secara khusus pada Code 10 "*Maintenance of ship and equipment*". [15]

Secara khusus membahas tentang pemeliharaan dan perlengkapan . Rancangan dan penerapan pemeliharaan kapal serta koordinasi yang baik antara pihak perusahaan dengan pihak kapal berkaitan tentang pemeliharaan kapal merupakan salah satu faktor kelancaran operasional kapal. Dengan sistem pemeliharaan yang terarah pula dapat dilakukannya pengawasan langsung padamesin-mesin kapal, seperti pada mesin utama dan juga mesin bantu lainnya. Ada beberapa jenis kegiatan pelaksanaan pemeliharaan dan perbaikan pada kapal secara teratur yaitu *docking repair, monthly repair and weekly maintenance*. [15]

Berkaitan kondisi di lapangan, setiap kapal mempunyai rencana jadwal pemeliharaan yang telah dibuat oleh owner kapal atau perusahaan pelayaran.

2.2.2 Tujuan Pemeliharaan dan Perawatan

Pemeliharaan dan perawatan kapal merupakan kegiatan penting dalam sistem operasional pelayaran yang bertujuan untuk menjaga kapal tetap dalam kondisi layak laut (*seaworthy*), aman, efisien, dan sesuai dengan standar teknis serta peraturan yang berlaku. Aktivitas pemeliharaan tidak hanya berfungsi untuk memperpanjang usia peralatan atau mesin kapal, tetapi juga untuk mencegah kegagalan fungsi yang dapat mengakibatkan gangguan operasional atau bahkan kecelakaan di laut. [16]

Menurut IMO (*International Maritime Organization*) dalam International Safety Management (ISM) Code, tujuan utama dari sistem pemeliharaan kapal adalah untuk memastikan bahwa kapal dioperasikan dengan aman, melindungi lingkungan, dan bahwa semua perlengkapan berada dalam kondisi baik dan dapat digunakan kapan saja (IMO, 2015). [17] Secara umum, tujuan dari kegiatan pemeliharaan dan perawatan pada kapal dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Menjaga Keandalan dan Keselamatan Operasional

Pemeliharaan secara berkala dan terjadwal membantu mendeteksi dini kerusakan pada komponen kapal, seperti mesin utama, sistem kelistrikan,

sistem navigasi, hingga sistem kemudi. Dengan demikian, kapal dapat beroperasi secara optimal dan risiko kecelakaan laut dapat diminimalkan.

2. Memperpanjang Usia Kapal dan Komponennya

Dengan sistem perawatan yang baik, keausan komponen dapat di perlambat dan performa mesin tetap terjaga. Hal ini secara langsung berkontribusi pada peningkatan umur pakai (*lifetime extension*) dari kapal dan seluruh sistem yang mendukungnya.

3. Mengurangi Biaya Operasional dan Perbaikan Darurat

Pemeliharaan terjadwal dan prediktif lebih ekonomis dibandingkan dengan perbaikan korektif akibat kerusakan mendadak. Menurut Mobley (2002), biaya perawatan darurat dapat mencapai tiga kali lipat dari biaya perawatan terencana.

4. Memenuhi Regulasi dan Sertifikasi Kelayakan

Dalam dunia pelayaran, setiap kapal wajib memenuhi standar dari badan klasifikasi nasional maupun internasional, seperti BKI (Biro Klasifikasi Indonesia), LR (*Lloyd's Register*), dan sebagainya. Tanpa sistem pemeliharaan yang baik, kapal dapat kehilangan sertifikat klasifikasi atau ditahan saat inspeksi pelabuhan (*port state control*).

5. Meningkatkan Efisiensi dan Produktivitas

Kapal yang dirawat dengan baik akan memiliki efisiensi bahan bakar yang lebih tinggi, tingkat gangguan yang rendah, serta tidak mengalami downtime yang merugikan secara ekonomi dan logistik.

Perawatan mesin kapal merupakan aspek krusial dalam memastikan ketersediaan operasional kapal, terutama dalam konteks Dishub DKI Jakarta yang memiliki tanggung jawab besar dalam pengelolaan transportasi laut. Menurut Suharto (1991), manajemen perawatan mesin tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga harus mempertimbangkan dimensi ekonomi dari setiap keputusan pemeliharaan yang diambil. Dalam hal ini, perawatan yang terjadwal dapat membantu mengurangi biaya operasional jangka panjang dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya.[18]

Data dari Kementerian Perhubungan Republik Indonesia menunjukkan bahwa biaya pemeliharaan dan perbaikan kapal dapat mencapai hingga 30% dari total biaya operasional. Oleh karena itu, penerapan sistem pemeliharaan yang efektif dan efisien menjadi sangat penting. Dengan menggunakan pendekatan perawatan berbasis keandalan (*Reliability Centered Maintenance*), organisasi dapat mengidentifikasi komponen kritis yang membutuhkan perhatian lebih dan melakukan perawatan secara proaktif sebelum terjadi kerusakan (Moubray, 1997). Hal ini tidak hanya mengurangi waktu henti kapal, tetapi juga meningkatkan umur pakai mesin. [19]

Contoh nyata dari penerapan sistem pemeliharaan terjadwal dapat dilihat pada armada kapal feri di Eropa, di mana perusahaan-perusahaan pelayaran telah mengimplementasikan sistem pemeliharaan berbasis data dan analisis. Penelitian oleh Wijnolst dan Delft University (1997) menunjukkan bahwa armada yang menerapkan pemeliharaan terjadwal mengalami pengurangan biaya perbaikan hingga 25% dibandingkan dengan armada yang menggunakan metode pemeliharaan reaktif. Ini menunjukkan bahwa investasi awal dalam sistem pemeliharaan yang baik dapat memberikan pengembalian yang signifikan dalam jangka panjang. [19]

2.2.3 Jenis-Jenis Perawatan

2.2.3.1 Perawatan terencana (planned maintenance)

Sistem perawatan terencana (PMS) adalah sistem perawatan yang dilakukan secara terencana dan bersinambungan terhadap permesinan dan peralatan lainnya di kapal, sesuai dengan petunjuk manual, untuk mencegah kerusakan yang dapat menghambat atau memperlambat kelancaran beroperasi kapal. [20]

Keuntungan dari perawatan berencana yang dilakukan dengan benar dan tepat meliputi :

- a) Meningkatkan waktu kerja unit pesawat atau mesin dan mempertahankan nilai penyusutan kapal;
- b) Mengoptimalkan daya dan hasil guna material sesuai fungsi dan manfaatnya (efisiensi material);

- c) Mengurangi kerusakan yang mendadak atau penurunan waktu, yang berarti lebih banyak hari kerja efektif kapal; dan;
- d) Dengan tersedianya suku cadang yang cukup, penurunan waktu operasi tidak akan terjadi..
- e) Operasi kapal yang lancar dengan memastikan bahwa semua permesinan bekerja secara normal, optimal, dan terkontrol dengan benar, memberikan rasa aman dan ketenangan pikiran kepada personel kapal dan manajemen darat.
- f) Meskipun biaya perawatan sangat tinggi, semuanya dapat diperhitungkan (ditanggung) sesuai dengan anggaran biaya perawatan, dan diperkirakan akan ada penghematan biaya.
- g) Meningkatkan pengetahuan awak kapal dan mendidik mereka untuk memiliki rasa tanggung jawab dan disiplin kerja (*sense of belong*)

2.2.3.2 Perawatan Pencegahan (Preventive Maintenance)

Lebih baik mencegah dibandingkan dengan menunggu terjadinya kerusakan yang lebih berat, pernyataan merupakan suatu pemahaman yang harus selalu terpaku untuk setiap orang yang memiliki bertanggung-jawab pada suatu perawatan. Perawatan Pencegahan merupakan bagian daripada pelaksanaan pekerjaan perawatan berencana yang memiliki tujuan untuk:

- a) Memantau perkembangan hasil pekerja perawatan secara konsisten sampai batas nilai yang diizinkan;
- b) Menemukan kerusakan pada tahap awal, sehingga masih ada waktu untuk merencanakan waktu pemeliharaan;
- c) Mencegah kerusakan atau peningkatan kerusakan yang dapat menghentikan operasional kapal.

Tujuan dari poin di atas adalah bahwa setiap pesawat atau mesin di atas kapal harus menerima perawatan pencegahan sehingga setiap indikasi kerusakan dapat diatasi atau diperbaiki dengan cepat.

Perawatan Berkala (*Periodic Maintenance*). Perawatan Periodik adalah bagian dari pelaksanaan pekerjaan perawatan pencegahan yang dilakukan secara

berkala berdasarkan waktu kalender atau jam kerja (*Running Hours*) dengan mengacu kepada Manual Instruction Book, yaitu :

- a) Perawatan yang dilakukan secara berkala: Perawatan secara harian (*daily*), Perawatan secara mingguan (*weekly*). Perawatan secara bulanan (*monthly*), Perawatan secara tiga bulan (*quarterly*), Perawatan secara tahunan (*yearly/annual survey*) dan Perawatan secara lima tahunan (*special survey*)
- b) Perawatan yang dilakukan secara Jam kerja: Perbaikan setiap 24 Jam sekali, setiap 500 Jam; setiap 1000 Jam 2000 Jam, 4000 Jam, 8000 Jam, 10000 Jam, dan seterusnya terhitung setelah selesai perbaikan (*overhaul*).

Perbaikan berkala meliputi pembongkaran karburator dan alat-alat pada sistem aliran bahan bakar, penyetelan katub-katub pemasukan dan pembuangan silinder mesin, penggantian pelor rode (*bearing*), dan perbaikan atau *overhaul*. Selain itu, Perawatan periodik merupakan salah satu sistem perawatan yang banyak dilakukan oleh banyak perusahaan pelayaran yang sudah "maju/modern" dan berfokus pada optimalisasi operasi kapal. Perawatan periodik ini juga disesuaikan dengan waktu keberadaan kapal, sehingga tidak mengganggu operasi kapal.

2.2.3.2 Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*).

Perawatan prediktif (*predictive maintenance*) merupakan pendekatan modern dalam sistem pemeliharaan kapal yang bertujuan untuk memprediksi kapan suatu komponen kapal kemungkinan besar akan mengalami kerusakan, sehingga perbaikan atau penggantian dapat dilakukan sebelum kerusakan tersebut benar-benar terjadi. Berbeda dengan perawatan preventif yang dilakukan secara berkala berdasarkan waktu atau jam kerja, perawatan prediktif dilakukan berdasarkan kondisi aktual dari peralatan melalui pemantauan dan analisis data secara real-time.

Dalam dunia pelayaran, penerapan perawatan prediktif sangat penting untuk menjaga keandalan sistem mesin kapal, mengurangi *downtime*, serta menekan biaya perawatan tak terencana. Teknologi yang sering digunakan dalam perawatan prediktif meliputi:

1. *Vibration analysis* (analisis getaran): untuk mendeteksi ketidakseimbangan atau keausan pada bagian berputar seperti poros dan bantalan.
2. *Thermography* (penginderaan suhu inframerah): digunakan untuk mengidentifikasi titik panas abnormal pada mesin yang bisa menandakan gesekan atau kegagalan pelumasan.
3. *Oil analysis* (analisis pelumas): untuk memantau kualitas oli dan kandungan partikel logam sebagai indikator kerusakan internal mesin.
4. *Ultrasonic testing* dan *acoustic emission*: untuk mendeteksi kebocoran atau retakan struktural.

Menurut Mobley (2002) dalam bukunya *An Introduction to Predictive Maintenance*, perawatan prediktif bertujuan untuk memperpanjang umur peralatan, menghindari kerusakan tak terduga, dan meningkatkan efisiensi operasional. Dalam konteks kapal, penerapan metode ini memungkinkan operator mengetahui kondisi kesehatan mesin utama maupun mesin bantu tanpa harus membongkarnya secara fisik. [21]

Penerapan perawatan prediktif juga selaras dengan prinsip *Condition-Based Maintenance (CBM)*, yaitu sistem pemeliharaan yang berbasis pada kondisi aktual suatu peralatan. Menurut *International Maritime Organization (IMO)* dalam dokumen *Guidelines on the Maintenance and Monitoring of Onboard Equipment (IMO MSC.1/Circ. 1352)*, kapal-kapal modern dianjurkan untuk menggunakan sistem pemantauan kondisi peralatan sebagai bagian dari *Safety Management System (SMS)* mereka. [22]

Keuntungan penerapan perawatan prediktif pada kapal antara lain:

1. Mengurangi biaya perbaikan mendadak.
2. Meningkatkan efisiensi operasional kapal dengan mengurangi *downtime*.
3. Menjamin keselamatan pelayaran karena komponen kritis dipantau terus menerus.
4. Memungkinkan perencanaan logistik suku cadang dan teknisi secara lebih efisien.

Namun, tantangan dalam penerapan sistem ini termasuk kebutuhan akan sensor yang tepat, perangkat lunak analitik, serta pelatihan bagi teknisi agar mampu membaca dan menindaklanjuti hasil pemantauan kondisi mesin dengan benar.

Dengan demikian, perawatan prediktif merupakan pendekatan strategis yang sangat disarankan untuk diadopsi oleh institusi pelayaran modern, termasuk Dinas Perhubungan DKI Jakarta, guna meningkatkan keandalan dan ketersediaan operasional armada kapal yang dimiliki.

2.2.3.4 Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*).

Pemeliharaan korektif kapal merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen operasional armada laut, khususnya bagi Dinas Perhubungan DKI Jakarta. Pemeliharaan ini dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kegagalan pada mesin kapal, dengan tujuan untuk mengembalikan fungsi kapal ke kondisi semula hasil jurnal seperti studi armada TNI AL menunjukkan bahwa pemeliharaan prediktif mampu menurunkan downtime dari 22% menjadi 14%. Studi produktivitas armada dengan metode OEE & TPM semakin menguatkan bahwa downtime tidak terencana menjadi hambatan utama operasional. [23]

Oleh karena itu, untuk konteks Dishub DKI Jakarta—dimana kapal berfungsi sebagai sarana transportasi publik—pengembangan sistem pemeliharaan korektif yang terintegrasi dan responsif sangat vital. Dengan mengurangi downtime melalui sistem yang efisien, ketersediaan armada dapat ditingkatkan, yang pada gilirannya mendukung pelayanan publik dan kepuasan pengguna jasa.”Hal ini menunjukkan pentingnya pengelolaan pemeliharaan yang baik agar tidak mengganggu ketersediaan operasional kapal. [14]

Dalam konteks Dishub DKI Jakarta, pemeliharaan korektif harus dilakukan dengan cepat dan efisien untuk meminimalkan waktu henti kapal. Waktu henti yang lama dapat berdampak langsung pada pelayanan publik, mengingat fungsi utama kapal adalah sebagai sarana transportasi. meningkatkan efisiensi operasional dan

kepuasan pengguna jasa. Oleh karena itu, sistem pemeliharaan korektif yang terintegrasi dan responsif sangat diperlukan.

Proses pemeliharaan korektif tidak hanya melibatkan perbaikan fisik pada mesin, tetapi juga analisis penyebab kerusakan. Metode analisis seperti *Root Cause Analysis* (RCA) dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan, sehingga langkah pencegahan dapat diambil untuk menghindari kejadian serupa di masa depan. Misalnya, jika kerusakan disebabkan oleh kurangnya pelumasan, maka perlu dilakukan audit terhadap jadwal pemeliharaan pelumasan yang ada. [24]

Kegiatan *corrective maintenance* atau juga perbaikan ini juga disebut perbaikan atau reparasi. Berikut ini adalah konsekuensi yang dapat ditimbulkan penerapan perawatan karena kerusakan (*corrective maintenance*) :

- 1) Kapal mengalami penundaan yang menyebabkan biaya operasi naik dan waktu operasional kapal berkurang.
- 2) Timbulnya biaya perbaikan;
- 3) Kerugian karena kemungkinan kehilangan muatan berikutnya yang menyebabkan kapal tidak siap beroperasi.
- 4) Jika suku cadang tidak tersedia, maka waktu perbaikan menjadi mungkin menjadi lebih lama; dan
- 5) Jika kapal tidak memiliki suku cadang yang dibutuhkannya.

Oleh Karena itu, kerusakan yang menghambat operasional kapal akan sangat mengganggu kebijakan perbaikan perawatan.

2.2.3.5 Pemeliharaan dan Perawatan dari Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi dari perawatan mesin juga mencakup pertimbangan terhadap biaya suku cadang dan tenaga kerja. Menurut Arismunandar dan Tsuda (1983), pemilihan suku cadang yang berkualitas tinggi dapat mengurangi frekuensi perbaikan dan meningkatkan keandalan mesin. Meskipun biaya awal mungkin lebih tinggi, penghematan yang dihasilkan dari pengurangan *downtime* dan biaya perbaikan yang lebih rendah dapat memberikan manfaat ekonomi yang

lebih besar. Dalam konteks Dishub DKI Jakarta, hal ini sangat relevan mengingat kebutuhan untuk menjaga layanan transportasi publik yang handal dan aman. [27]

Selain penghematan biaya, perawatan yang baik juga berdampak positif pada keselamatan dan kepuasan pengguna. Pemeliharaan yang terjadwal dapat mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh kerusakan mesin, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap layanan transportasi laut. Dalam laporan yang diterbitkan oleh NSOS (2006), disebutkan bahwa tingkat kecelakaan pada kapal yang menjalani pemeliharaan rutin jauh lebih rendah dibandingkan dengan kapal yang tidak terawat. [25]

Dengan demikian, investasi dalam sistem pemeliharaan dan perawatan tidak hanya memberikan manfaat ekonomi, tetapi juga meningkatkan reputasi dan kredibilitas Dishub DKI Jakarta di mata publik. Secara keseluruhan, penerapan sistem pemeliharaan dan perawatan terjadwal pada mesin kapal di Dishub DKI Jakarta memiliki implikasi ekonomi yang signifikan. Dengan mengoptimalkan proses perawatan, organisasi dapat mengurangi biaya operasional, meningkatkan efisiensi, dan memberikan layanan yang lebih baik kepada masyarakat. Ini adalah langkah penting dalam mendukung keberlanjutan operasional dan memenuhi tuntutan transportasi yang terus berkembang di wilayah DKI Jakarta.

2.3 Triangulasi

2.3.1 Pengertian Triangulasi

Triangulasi adalah suatu metode yang digunakan dalam penelitian kualitatif untuk meningkatkan validitas dan keandalan data melalui perbandingan dari berbagai sumber, teknik, atau peneliti. Menurut Denzin (1978), triangulasi merupakan kombinasi dari dua atau lebih metode dalam studi tentang suatu fenomena yang sama. Penggunaan triangulasi dimaksudkan untuk mengurangi bias dan meningkatkan kredibilitas hasil penelitian. [26]

Metode ini sangat relevan dalam studi sosial dan ilmu terapan lainnya yang menekankan pada pendekatan interpretatif terhadap realitas. Dengan triangulasi, peneliti dapat membandingkan data dari berbagai perspektif guna memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan menyeluruh.

Metode triangulasi merupakan strategi penting dalam penelitian kualitatif untuk meningkatkan akurasi, validitas, dan kredibilitas temuan. Dengan mengombinasikan berbagai jenis data, teknik, dan perspektif teoritis, triangulasi memungkinkan peneliti untuk memahami fenomena secara lebih luas dan mendalam. Penerapan metode ini perlu direncanakan dengan baik agar dapat menghasilkan analisis yang komprehensif dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

2.3.2 Jenis-Jenis Triangulasi

Menurut Denzin dan Lincoln (2000), terdapat empat jenis utama triangulasi, yaitu:

1. Triangulasi Sumber.
Melibatkan penggunaan berbagai sumber data seperti orang, waktu, dan tempat. Misalnya: wawancara beberapa informan dari latar belakang berbeda.
2. Triangulasi Metode.
Menggunakan dua atau lebih metode dalam pengumpulan data, seperti observasi, wawancara, dan dokumentasi secara bersamaan.
3. Triangulasi Peneliti.
Melibatkan lebih dari satu peneliti dalam proses pengumpulan dan analisis data untuk mengurangi subjektivitas.
4. Triangulasi Teori
Menggunakan lebih dari satu perspektif teoritis untuk menafsirkan fenomena atau data yang sama.

2.3.3 Teknik Triangulasi dalam Praktik Penelitian

Berikut ini adalah beberapa teknik dalam implementasi triangulasi terutama dalam penelitian sosial atau Pendidikan :

1. Teknik Triangulasi Waktu.

Data dikumpulkan dalam waktu berbeda untuk memastikan konsistensi jawaban responden.

2. Teknik Triangulasi Subjek.

Menggunakan informan dengan latar belakang atau posisi berbeda terhadap objek yang sama.

3. Teknik Triangulasi Metode.

Contoh data dikumpulkan melalui wawancara mendalam dan observasi langsung.

4. Teknik Triangulasi Analisis.

Data yang sama dianalisis oleh beberapa peneliti dan hasilnya dibandingkan.

Penggunaan teknik triangulasi harus disesuaikan dengan tujuan penelitian serta jenis data yang diperoleh. Keberhasilan triangulasi sangat ditentukan oleh kemampuan peneliti dalam mengolah dan menyatukan berbagai temuan dengan tepat dan kritis.

2.3.4 Tujuan dan Manfaat Triangulasi

Tujuan utama dari triangulasi adalah untuk meningkatkan kepercayaan terhadap hasil temuan penelitian dengan membandingkan dan mengkonfirmasi data dari berbagai pendekatan. Manfaatnya antara lain:

1. Memperkuat validitas dan reliabilitas data
2. Memberikan kedalaman pemahaman terhadap objek penelitian
3. Meningkatkan objektivitas peneliti
4. Menghindari generalisasi yang tidak tepat

Menurut Patton (1999), triangulasi memungkinkan hasil analisis data menjadi lebih kaya dan bermakna karena adanya perbandingan dari berbagai sumber yang digunakan secara simultan. [26]

2.4 Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta

Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta merupakan salah satu perangkat daerah yang memiliki tanggung jawab dalam pengelolaan transportasi, termasuk transportasi laut dan perairan di wilayah administratif Provinsi DKI Jakarta, terutama dalam mendukung konektivitas antarpulau di Kepulauan Seribu dan kawasan pesisir.

Salah satu bentuk pelaksanaan tugas ini diwujudkan melalui pengoperasian armada kapal dinas, yang terdiri atas kapal angkutan penumpang, kapal angkutan logistik/barang, kapal patroli, kapal kerja, hingga kapal sekolah. Pengoperasian kapal-kapal ini bertujuan untuk menunjang kegiatan pelayanan publik.

