

STRATEGI PENJADWALAN PERAWATAN SISTEM PENDINGIN PADA KAPAL CARGO 3650 DWT

M. Sena Majid ^{1*}, Raden Dimas Endro ², dan Nurvita Arumsari ³

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

E-mail: senamajid12@student.ppns.ac.id^{1}; dimasend@yahoo.com^{2*}; arum@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - This study aims to enhance the closed cooling system's reliability on the cargo 3650 dwt ship by evaluating maintenance schedules. To achieve this, an effective maintenance program is necessary. The Fault Tree Analysis (FTA) method is used to analyze potential component failures and identify main causes. A total of 22 components are identified, including Main FW Cooler, Auxiliary Sea Water Pump, Turbocharger, and others. All components are assessed to determine critical ones, included in the minimal cut set table, and relationships for a Reliability Block Diagram (RBD). Additionally, distribution types are determined to model time between component failures and predict system reliability. Reliability calculations are done for each component, and results measure overall system reliability. Turbocharger is the component with the shortest scheduling time, $t=1650$ hours, a reference for maintenance. The final stage involves cost calculations to compare Corrective and Preventive Maintenance. Preventive maintenance analysis improves cost and time efficiency. Thus, implementing a maintenance program based on this research can enhance cooling system reliability on the 3650 dwt ship.

Keyword: FTA (Fault Tree Analysis), Closed Cooling System, Preventive Maintenance

1. PENDAHULUAN

Kapal Kargo 3650 DWT (dead weight tonnage), berlayar diperairan Indonesia. Kapal ini dilengkapi dengan dua Mesin Utama. Sistem pendinginan yang efektif sangat penting untuk mencegah panas berlebih dan menjaga efisiensi mesin. Kapal yang diteliti menggunakan sistem pendinginan tertutup dengan perawatan bulanan, termasuk pemeriksaan dan pembersihan komponen, guna mencegah kerusakan. Studi ini menekankan penjadwalan perawatan preventif untuk memastikan operasi mesin yang lancar dan meminimalkan biaya operasional. Masalah mesin diesel dapat menghentikan operasi dan menyebabkan kerugian besar. Perawatan yang tepat pada sistem pendinginan, yang sebagian besar menggunakan pendinginan air dalam sistem tertutup, sangat penting untuk merawat komponen yang berada pada sistem pendingin agar memiliki umur pemakaian yang panjang. Analisis Pohon Kegagalan (FTA) digunakan untuk analisis kehandalan dan perawatan berkala sistem pendinginan pada kapal kargo 3650 DWT untuk mengoptimalkan kinerja dan efisiensi biaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fault Tree Analysis (FTA)

Fault tree analysis mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan sebagai

pohon kesalahan yang berisi logika sederhana. Gerbang logika menjelaskan kondisi yang memicu kesalahan, baik kondisi tunggal atau kelompok kondisi yang berbeda.[1]

2.2 Reliability Block Diagram (RBD)

Blok diagram keandalan dari sistem akan sangat tergantung dari kepiawaian sang analisis dalam memahami cara kerja suatu sistem dan menerjemahkannya kedalam blok diagram keandalan. Susunan diagram blok keandalan ini untuk sistem yang sederhana pada dasarnya terdiri dari susunan seri dan parallel atau kombinasi susunan seri dan parallel.[2]

2.3 Reliability

Reliability didefinisikan sebagai probabilitas komponen atau sistem akan beroperasi sesuai dengan fungsi yang diharapkan pada suatu periode waktu yang ditentukan dalam kondisi operasi tertentu[3]. Dalam penjelasan lain tentang *reliability*, bahwa pada saat waktu (t) = 0 komponen atau sistem berada dalam kondisi akan beroperasi, sehingga probabilitas komponen atau sistem itu untuk mengalami kegagalan pada saat $t = 0$ adalah 0. Pada saat $t = \infty$, probabilitas untuk mengalami kegagalan dari suatu komponen atau sistem yang dioperasikan akan cenderung mendekati 1[4]. Untuk menghitung keandalan memiliki rumus sebagai berikut:

$$R(t) = 1 - F(t) = \int f(t) dt \quad (1)$$

Dimana:

F(t) : Cumulative Distribution Function (CDF)

R(t) : Reliability Function

f(t) : Probability Density Function (PDF)

2.4 Distribusi Probabilitas

Suatu peristiwa Probabilitas adalah proporsi waktu suatu peristiwa akan terjadi jika percobaan diulang tanpa batas. Probabilitas ini terletak antara 0 dan 1, dan peristiwa dengan probabilitas 0 tidak akan pernah terjadi, sedangkan peristiwa dengan probabilitas 1 akan selalu terjadi. Berikut adalah beberapa jenis distribusi ;

1. Distribusi Normal

Parameter yang digunakan distribusi normal adalah μ (nilai rata rata) dan σ (standar deviasi). Untuk fungsi reliability distribusi normal sebagai berikut :

$$R(t) = \varphi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2)$$

2. Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal menggunakan dua parameter yaitu μ sebagai parameter bentuk (shape parameter) dan σ sebagai parameter lokasi (location parameter). Untuk fungsi reliability distribusi lognormal sebagai berikut:

$$R(t) = \varphi\left(\frac{\ln(t)-\mu}{\sigma}\right) \quad (3)$$

3. Distribusi Weibull

Parameter yang digunakan dalam distribusi weibull ini adalah η yang disebut parameter skala (scale parameter) dan β yang disebut dengan parameter bentuk (shape parameter). Untuk fungsi reliability distribusi weibull sebagai berikut:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (4)$$

4. Distribusi Eksponensial

Ciri utama dari distribusi ini adalah laju kegagalannya yang konstan. Yang memiliki parameter λ (Scale Parameter). Untuk fungsi reliability distribusi eksponensial sebagai berikut:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (5)$$

2.5 Perhitungan Biaya Perawatan

Pada pengertian perhitungan biaya perawatan yaitu biaya yang harus dikeluarkan pada saat ini dengan biaya perawatan yang harus dikeluarkan untuk masa yang akan datang. Biaya perawatan dikeluarkan saat waktu perawatan dilakukan. Biaya ini terdiri dari :

1. Biaya tenaga kerja untuk perawatan
2. Biaya yang digunakan untuk material atau bahan dalam kegiatan perawatan
3. *Cost Repair* (CR) yaitu biaya akibat adanya komponen yang mengalami kerusakan
4. Biaya pekerja (CW)

5. Biaya konsekuensi operasional (CO) yaitu biaya yang timbul akibat terjadinya downtime.

6. Biaya penggantian Komponen (CF)

Berdasarkan pada ketiga biaya diatas maka biaya perbaikan (CR) dapat diperoleh dengan rumus :

$$CR = CF + ((CW + CO) \times MTTR) \quad (6)$$

Dimana :

MTTR : Mean Time To Repair

3. Metodologi Penelitian

Metodologi ini membantu peneliti dalam mengidentifikasi langkah-langkah yang perlu diambil untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

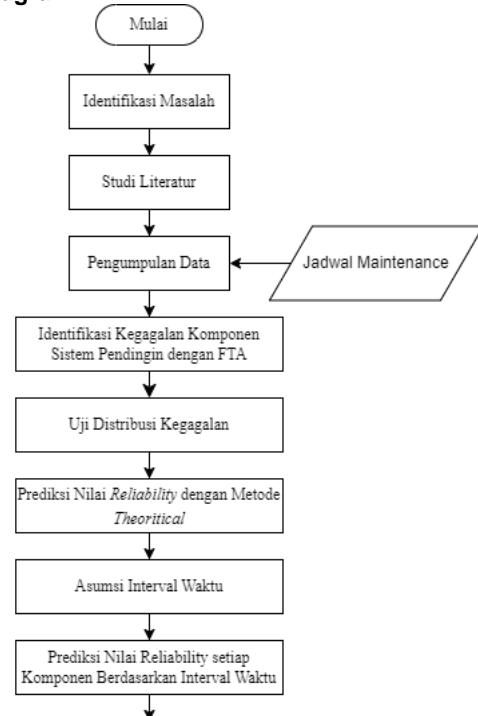
3.1 Sumber Data Penelitian

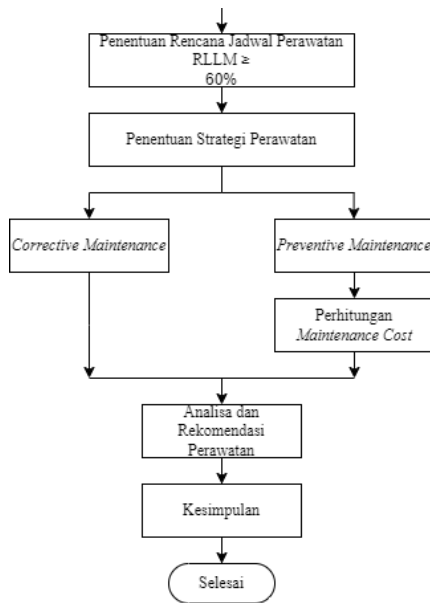
Tempat pengumpulan data dalam tugas akhir ini dilakukan di kapal *Cargo 3650 DWT* yang diteliti pada Perusahaan Pelayaran. Waktu Pengumpulan data dalam tugas akhir ini dilakukan selama dilakukannya penelitian ini selama 6 bulan.

3.2 Variabel Penelitian

1. TTF (*Time To Failure*) adalah waktu terjadinya kegagalan fungsi pada komponen
2. TTR (*Time To Repair*) adalah waktu untuk memperbaiki komponen yang dapat diperbaiki
3. Biaya yaitu total biaya perawatan yang terdiri dari biaya man hours, biaya konsekuensi produksi, biaya penggantian komponen.

3.3 Diagram Alir





3.4 Langkah-Langkah Penelitian Tugas Akhir

1. Identifikasi Masalah
Pada tahap awal berguna untuk mencari rumusan, penetapan tujuan penelitian, penetapan manfaat penelitian dan Penetapan batasan masalah.
2. Studi Literatur
Beberapa referensi telah digunakan sebagai landasan teori untuk penelitian ini dan harus disesuaikan dengan topik.
3. Pengumpulan Data
Data sekunder yang digunakan meliputi data *maintenance scheduled*.
4. Identifikasi Kegagalan Dengan FTA
Hasil yang didapatkan dari tampilan FTA merupakan basic event yang menyebabkan terjadinya top event.
5. Uji Distribusi Reliability
Sebelum dilakukan perhitungan keandalan, perlu diketahui jenis distribusi data TTF dan TTR untuk menentukan persamaan keandalan yang akan digunakan.
6. Prediksi Nilai Reliability Dengan Metode Theoretical
Metode ini dimulai dari suatu pernyataan yang masih kabur dan akhirnya menghasilkan teori yang dikumpulkan dari berbagai data.
7. Asumsi Interval Waktu
Perhitungan Interval Waktu perawatan dibedakan berdasarkan kebijakan perawatan yang dihasilkan
8. Prediksi Nilai Reliability Setiap Komponen Berdasarkan Interval Waktu
Jika menggunakan Program preventive maintenance harus menyatakan komponen yang dibutuhkan untuk aktivitasnya dengan memberikan perkiraan tingkat ketahanan selama aktivitas penggunaan.

9. Penentuan Jadwal Perawatan RLLM $\geq 60\%$
Komponen dengan nilai keandalan kurang dari 60% akan dilakukan default action, dengan catatan tindakan ini dipilih ketika tindakan yang efektif tidak mungkin dapat dilakukan, sedangkan untuk komponen dengan nilai keandalan kurang dari 60% maka akan dilakukan pergantian komponen.
10. Penentuan Strategi Perawatan
Terdapat tiga jenis strategi yang dapat dipilih. Yaitu breakdown maintenance (perawatan saat terjadi kerusakan), preventive maintenance (perawatan pencegahan), corrective maintenance (perawatan korektif).
11. *Corrective Commitment*
Corrective maintenance masih bisa dipertahankan untuk perawatan pada kapal.
12. *Preventive Maintenance*
Jika analisis dari penjadwalan perawatan sudah menjadikan biaya lebih rendah, maka *preventive maintenance* sudah bisa dilakukan untuk strategi perawatan pada kapal kedepannya.
13. Perhitungan Maintenance Cost
Dari hasil penjadwalan preventive maintenance yang baru, maka dapat digunakan untuk menghitung optimasi biaya perawatan, agar biaya setelah adanya penjadwalan yang baru dapat lebih optimal dan efisien.
14. Analisa dan Rekomendasi Perawatan
Analisa perbandingan biaya dilakukan untuk membandingkan tingkat keefisiensian dari segi biaya perawatan yang dilakukan pada sistem pendingin kapal.
15. Kesimpulan dan Saran
Tahap ini merupakan tahap pengambilan kesimpulan dari pengolahan data yang telah dilakukan. Saran dimaksudkan adalah untuk melakukan penelitian selanjutnya dengan obyek penelitian yang lebih luas.

4. KESIMPULAN

Ketepatan strategi perawatan pada masing masing komponen dapat diketahui setelah menghitung pembiayaan. Pada semua komponen sistem pendingin tertutup lebih baik digunakan metode preventive maintenance dipilih karena memberikan biaya yang lebih kecil dibandingkan *Corrective Maintenance*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Teman-teman dekat yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam memberi bantuan dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Daftar Pustaka

- [1] Kristiansen, Svein. (2005). Maritime Transportation Safety Management and Risk Analysis. National Research Council. New York.
- [2] Priyanta, D. (2000). Keandalan dan perawatan. In *Teknologi Kelautan* (Vol. 2, Issue March).
- [3] Ebeling, Charles E. (1997), An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering, Me Graw Hill Book Co., Singapore.
- [4] Puspita, B. D. (2019). *Analisa Risk Based Maintenance Sistem Minyak Pelumas KT. Bima 315 Dengan Metode Reliability Centered Maintenance II Berdasarkan Klasifikasi Konsekuensi Standar Norsok Z-008 Edition 3 2011* [Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya].