

**PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN
KOMPONEN UTAMA PADA MESIN KAPAL
MENGUNAKAN METODE *AGE REPLACEMENT***

SKRIPSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



ELVIRATUL ARDIANTI

D091181004

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN FAKULTAS
TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**“PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN
KOMPONEN UTAMA PADA MESIN KAPAL MENGGUNAKAN
METODE AGE REPLACEMENT**

”

Disusun dan diajukan oleh

**ELVIRATUL ARDIANTI
D091181004**

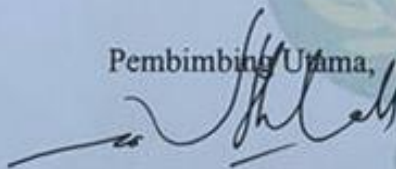
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 2 Juni 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

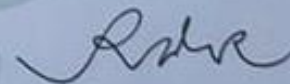
Menyetujui

Pembimbing Utama,



Surya Hariyanto. S.T., M.T.
NIP.19710207 200012 1 001

Pembimbing Pendamping,



M. Rusydi Alwi, S.T., M.T.
NIP. 19730123 200012 1 001

Departemen,

Dr. Eng. Faisal Mahidin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.
NIP.19810211 200501 1 003

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Utama
Pada Mesin Kapal Menggunakan Metode *Age Replacement*
Nama Mahasiswa : Elviratul Ardianti
Stambuk : D091181004

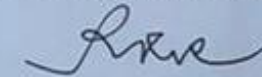
Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program Strata Satu (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin pada tanggal 2 juni 2022.

Panitia Ujian Sarjana

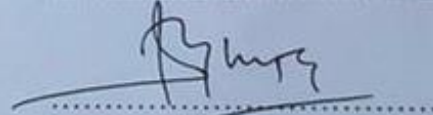
Ketua : Surya Hariyanto, S.T., M.T.



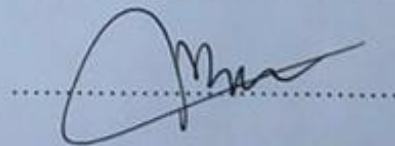
Sekretaris : M. Rusydi Alwi, S.T., M.T.



Anggota : Ir. Zulkifli, MT.



Anggota : Baharuddin, S.T.,M.T.



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Elviratul Ardianti

NIM : D091181004

Departement : Teknik Sistem Perkapalan

dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul ;

PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN KOMPONEN UTAMA PADA MESIN KAPAL MENGGUNAKAN METODE *AGE* *REPLACEMENT*

Adalah karya ilmiah saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Makassar, 2 juni 2022

Yang membuat pernyataan,



Elviratul Ardianti

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrohim

Alhamdulillah, Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga skripsi dengan judul “ PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN KOMPONEN UTAMA PADA MESIN KAPAL MENGGUNAKAN METODE *AGE REPLACEMENT* “ dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam kita berikan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik dan menjarkan arti kehidupan yang sebenarnya.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. terselesaikannya Skripsi/Tugas Akhir (TA) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui ini penulis memberikan ucapan terima kasih setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua, saudara serta keluarga besar yang turut membantu memberikan dukungan penuh dan semangat selama penulis menempuh pendidikan hingga skripsi ini terselesaikan.
2. Penulis sendiri karena telah bertahan menguatkan fisik maupun mental hingga terselesaikannya skripsi ini
3. Bapak Surya Hariyanto, S.T. M.T. selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan pengarahan, bimbingan dan motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak M. Rusydi Alwi, S.T., M.T. selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan pengarahan, bimbingan dan motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Dr. Eng. Faisal Mahmudin, S.T., M. Tech., M. Eng. selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

6. Dosen-dosen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi serta bimbingannya selama proses perkuliahan.
7. Staf tata usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Pihak ASDP CAB. SELAYAR yang turut membantu memberikan data-data yang dibutuhkan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
9. Supporter jauh dari orang baik yang selalu mendengar keluh kesah penulis selama proses perkuliahan khususnya dalam masa pengerjaan skripsi ini.
10. Teman-teman bidadari system 18 yang selalu memberikan warna cerah selama penulis berproses dalam Pendidikan S1
11. Teman-teman SISTER 18 yang selalu membantu selama masa perkuliahan hingga pengerjaan skripsi ini sampai selesai.
12. Teman-teman THRUSTER 18 yang memberikan warna tersendiri dengan kegiatan-kegiatan bersama diluar maupun dilingkup kampus selama masa perkuliahan
13. Teman-teman KP yang turut membantu dalam pelaksanaan kerja praktek.
14. Teman-teman KKN Bulukumba 2 yang turut memberikan pengalaman baru selama 55 hari dalam masa perkuliahan.
15. Senior-senior yang turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
16. Terkhusus teman SMA Nisa, Indri, Somut, Ningsih yang selalu menjadi tempat bercerita penulis.
17. Terkhusus anak BulkHead yang selalu siap sedia jika dibutuhkan oleh penulis.
18. Terkhusus penghuni group SEATAP yang turut membantu penulis selama merantau
19. Lembaga Kemahasiswaan OKSP dan OKFT
20. Lembaga Organisasi Daerah LATENRITATTA UNHAS khususnya SEMBANGENG PULAWENG 18

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran sebagai bahan untuk memenuhi kekurangan dari penulisan skripsi ini. Penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi pembaca dan khususnya penulis.

Gowa, 6 April 2022

Elviratul Ardianti

ABSTRAK

PT ASDP cabang Selayar merupakan salah satu BUMN di Indonesia yang bergerak dalam bidang transportasi laut. Untuk mendukung kelancaran transportasi laut, perlu untuk melakukan perawatan pada kapal. PT ASDP mengalami banyak kerugian secara keseluruhan, baik dari segi muatan, minat penumpang, perawatan kapal, operasional kapal, dan lain-lain. Untuk mengurangi angka kerugian, perusahaan akan mengoptimalkan biaya dari segi perawatan yang dinilai cukup tinggi. Penelitian ini difokuskan pada perawatan komponen utama mesin kapal menggunakan pendekatan keandalan analisis kuantitatif dengan metode yang digunakan adalah metode *Age Replacement* untuk menentukan perawatan komponen yang dianggap kritis yang beresiko tinggi terjadi kerusakan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode *Age Replacement*, Penentuan penjadwalan interval waktu perawatan komponen *cylinder head* L5 sebagai bentuk pengoptimalan biaya *downtime* dengan menggunakan metode *Age replacement* di PT ASDP Cab Bira-Selayar diperoleh interval waktu perawatan yang paling optimal adalah 309 hari dengan tingkat keandalan komponen yaitu sebesar 0,6. Penghematan biaya *downtime* sebesar Rp 179.262.805 atau 27 % dibandingkan dengan sebelum menggunakan penjadwalan dengan metode *Age Replacement*.

Kata Kunci : Penjadwalan perawatan Komponen , *Age Replacement*, Biaya Perawatan

ABSTRACT

PT ASDP Selayar branch is one of the state-owned enterprises in Indonesia which is engaged in sea transportation. To support smooth sea transportation, it is necessary to carry out maintenance on ships. PT ASDP suffered a lot of losses overall, both in terms of cargo, passenger interest, ship maintenance, ship operations, and others. To reduce the number of losses, the company will optimize costs in terms of maintenance which is considered quite high. This research is focused on the maintenance of ship engine components using a quantitative analysis reliability approach with the method used is the Age Replacement method to determine the maintenance of components that are considered critical which have a high risk of damage. From the results of research that has been carried out using the Age Replacement method. Determining the scheduling of maintenance time intervals for cylinder head L5 components as a form of optimizing downtime costs using the Age replacement method at PT ASDP Cab Bira-Selayar, the most optimal maintenance time interval is 309 day with a component reliability level, namely of 0.6. Downtime cost savings of IDR 179.262.805 or 27 % compared to before using the Age Replacement scheduling method.

Keywords : Component maintenance scheduling , Age Replacament, Maintenance Costs

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Jenis Perawatan Komponen Utama Mesin Kapal	6
2.1.1 Tahap Perawatan Komponen Utama Mesin Kapal.....	7

2.2	<i>Age Replacament</i>	8
2.3	Analisa Kuantitatif	10
2.3.1	Komponen Kritis	11
2.3.2	Distribusi Weibull.....	13
2.3.3	<i>Mean Time To Failure</i> (MTTF).....	15
2.3.4	<i>Mean Time To Repair</i> (MTTR)	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		16
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	16
3.2	Tahapan Penelitian	16
3.2.1	Observasi Awal dan Studi Pustaka.....	16
3.2.2	Pengumpulan Data.....	16
3.2.3	Pengolahan Data.....	22
3.2.4	Analisa Hasil Data	23
3.3	Kerangka Alur Penelitian	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Penentuan Komponen Kritis Mesin Utama Kapal KMP Bontoharu.....	25
4.2	Penentuan Parameter distribusi data.....	28
4.2.1	Distribusi <i>Weibull</i>	29
4.3	Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) Dan Mean Time to Repair (MTTR)	30
4.3.1	Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) Komponen Cylinder Head Kiri L5	30

4.3.2 Perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) Komponen Cylinder Head Kiri L5	30
4.4 Uji Kesesuaian Fungsi Padat Probabilitas, Reliabilitas dan Tingkat Laju Kegagalan pada Distribusi Weibull.....	31
4.4.1 Fungsi Padat Probabilitas Komponen Cylinder Head Kiri L5	31
4.4.2 Reliabilitas Komponen Cylinder Head Kiri L5	32
4.4.3 Tingkat Laju Kegagalan Komponen Cylinder Head Kiri L5	33
4.5 Perhitungan Interval Perawatan Komponen dengan Metode Age Replacement	35
4.6 Perhitungan Penghematan Biaya Dan Perbandingan Down Time Sebelum Dan Sesudah Preventive Maintenance Komponen Cylinder Head L5 ...	39
4.7 Jadwal Perawatan Mesin Induk KMP Bontoharu.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Frekuensi Perawatan Komponen Utama Mesin Kanan dan Mesin Kiri KMP Bontoharu 2018-2021	20
Tabel 4.1	Parameter Penentuan Komponen Kritis Pada Mesin Induk KMP Bontoharu 2018-2021.....	25
Tabel 4.2	Parameter Penentuan Silinder Kritis Pada Komponen <i>Cylinder Head</i> Mesin Induk KMP Bontoharu 2018-2021.....	27
Tabel 4.3	Waktu Perawatan Komponen <i>Cylinder Head</i> Kiri L5 KMP Bontoharu 2018-2021.....	28
Tabel 4.4	Parameter Distribusi Yang Didapatkan Menggunakan Aplikasi <i>Isograph Workbench</i> 4.0	29
Tabel 4.5	Biaya downtime sebelum dan sesudah preventive KMP Bontoharu 2018-2021.....	40
Tabel 4.6	Jadwal Perawatan Komponen Utama Mesin Induk Kapal KMP Bontoharu	44

DAFTAR GAMBAR

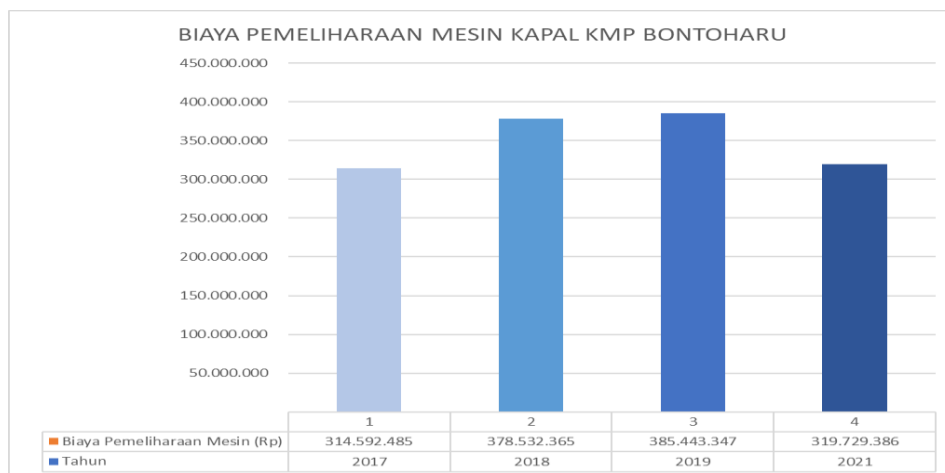
Gambar 1.1	Biaya Pemeliharaan Mesin KMP Bontoharu dari tahun 2017 – 2021	1
Gambar 2.2	Siklus <i>Age Replacement</i>	9
Gambar 3.1	Tampak depan kapal KMP Bontoharu	17
Gambar 3.2	Tampak Depan Mesin Induk Kanan KMP Bontoharu	18
Gambar 3.3	Tampak Samping Kanan Mesin Induk KMP Bontoharu	19
Gambar 3.4	Tampak Samping Kiri Mesin Induk KMP Bontoharu	19
Gambar 4.1	Diagram Pareto Komponen Utama Mesin Kanan dan Mesin Kiri Kapal KMP Bontoharu	26
Gambar 4.2	Diagram Pareto Komponen Cylinder Head Kiri Mesin Kapal KMP Bontoharu.....	27
Gambar 4.3	Grafik Fungsi padat probabilitas <i>Cylinder Head</i> Kiri L5	32
Gambar 4.4	Tingkat Laju Kegagalan <i>Cylinder Head</i> Kiri L5	34

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) adalah satu diantara perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang ada di Indonesia yang bergerak di bidang transportasi laut. PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) memiliki 30 cabang di seluruh Indonesia. Satu diantaranya PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) Cabang Selayar yang mengoperasikan 4 buah kapal yaitu KMP. Bontoharu, KMP. Kormomolin, KMP. Sangke Palangga dan KMP. Balibo.

Pendapatan PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) Cabang Selayar mengalami peningkatan yang stabil setiap tahun hingga tahun 2016 . Namun pada tahun berikutnya, sejak diberikannya izin operasi kepada pihak swasta untuk melayani rute Bira – Pamatata (PP), pendapatan PT. ASDP Cabang Selayar mulai mengalami penurunan yang tentunya berpengaruh terhadap penghasilan perusahaan. Sehingga PT. ASDP Cabang Selayar menambah waktu operasi kapal menjadi dua kali dari sebelumnya yang berdampak pada seringnya terjadi kerusakan kapal terutama kerusakan pada sistem permesinan. Sejak saat itu biaya pemeliharaan system permesinan yang dikeluarkan oleh perusahaan meningkat seperti yang terlihat pada gambar 1.1



Gambar 1. 1 Biaya Pemeliharaan Mesin KMP Bontoharu dari tahun 2017 – 2021

Berdasarkan data dari PT ASDP Cabang Selayar seperti pada gambar diatas, secara umum biaya pemeliharaan mesin kapal KMP Bontoharu dari tahun 2017 sampai 2021 mengalami peningkatan. Biaya pemeliharaan mesin pada tahun 2017 sebesar Rp 314.592.485 , pada tahun 2018 mengalami peningkatan biaya sebesar Rp 378.532.365, pada tahun 2019 peningkatan biaya sebesar Rp 385.443.347, dan pada tahun 2021 mengalami penurunan biaya yaitu Rp 319.729.386 dikarenakan pada tahun 2020 kapal KMP Bontoharu tidak beroperasi karena adanya virus Covid-19 yang mengakibatkan mesin tidak beroperasi. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa perusahaan mengalami banyak kerugian dari segi perawatan kapal.

Manajemen perawatan KMP Bontoharu menggunakan sistem break down maintainance dimana perawatan tersebut dilakukan pada saat komponen mengalami kerusakan atau tidak berfungsi lagi. Sistem ini tidak menggunakan sistem perawatan yang terencana dan terjadwal dengan interval waktu perawatan komponen sehingga memerlukan biaya yang cukup besar.

Tindakan yang diambil PT. ASDP cab. Selayar dalam mengantisipasi hal ini adalah melakukan perawatan dengan sistem perawatan yang terencana dan terjadwal dengan mengadakan interval waktu perawatan.

Sistem perawatan yang terencana dan terjadwal dapat mengurangi resiko kerusakan yang berdampak pada biaya penggantian suku cadang dan kegiatan pengoperasian kapal tertunda atau berhenti karena proses perbaikan mesin. Dikarenakan selama ini perusahaan hanya menggunakan sistem break down maintainance yaitu ketika mesin mati baru dilakukan perbaikan.

Metode yang digunakan untuk menentukan interval waktu perawatan komponen dalam perawatan terencana dan terjadwal adalah metode *Age Replacement* yaitu suatu metode perawatan pencegahan yang dilakukan dengan menetapkan interval waktu perawatan pencegahan berdasarkan selang waktu kerusakan yang menuntut adanya tindakan perbaikan penggantian dengan kriteria minimasi (AKS Jardine, 1997).

Oleh karenanya dalam tugas akhir ini penulis memfokuskan pada perawatan komponen utama mesin yang dilakukan dengan mengklasifikasi komponen utama suatu sistem yang dianggap kritis dengan penjadwalan perawatan dalam rangka meminimalisasi biaya.

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas. Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana menentukan interval waktu perawatan komponen utama mesin kapal KMP. Bontoharu?
2. Bagaimana menentukan penghematan biaya perawatan komponen utama kapal KMP Bontoharu?

1.3 Batasan Masalah

Sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir, maka penulis memberikan batasan masalah agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu melebar. Batasan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Objek penelitian adalah komponen utama mesin kapal KMP Bontoharu
2. Komponen yang diteliti adalah komponen yang paling kritis dengan rentang perawatan minimal 3 kali.
3. Secara kuantitatif menggunakan metode *Age Replacement*
4. Melakukan perhitungan waktu perawatan berdasarkan data biaya korektif dan biaya preventif.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menentukan interval waktu perawatan komponen utama mesin kapal KMP. Bontoharu.
2. Mengetahui penghematan biaya perawatan komponen utama kapal KMP Bontoharu.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan memiliki manfaat bagi banyak pihak yang berkepentingan. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui jenis pendekatan keandalan untuk mengurangi biaya perawatan KMP. Bontoharu.
2. Dengan penelitian ini mampu membantu PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) Cabang Selayar merencanakan penjadwalan perawatan untuk menghemat biaya perawatan.
3. Memberikan masukan bagi perusahaan dalam pemeliharaan peralatan produksi yang lebih sistematis dan teratur sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi dan pembaca memahami uraian dan makna secara sistematis, maka skripsi disusun pada pola berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini konsep dasar penyusunan skripsi yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memberikan penjelasan mengenai teori dasar yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini yaitu teori dasar tentang mesin kapal dan komponennya, penentuan kebijakan perawatan dan penjelasan mengenai metode *Age Replacement*.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menjelaskan tahapan-tahapan yang berupa proses yang dimulai dari mengidentifikasi masalah yang ada hingga hasil akhir yang diharapkan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas hasil analisa kualitatif, pengolahan data serta analisa kuantitatif dengan menggunakan metode *age replacement* untuk menganalisa penghematan biaya perawatan komponen mesin. Selanjutnya menghitung waktu perawatan berdasarkan perhitungan *age replacement*.

BAB V : PENUTUP

Bab ini akan menyajikan secara singkat kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan dan juga memuat saran-saran bagi pihak yang berkepentingan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenis Perawatan Komponen Utama Mesin Kapal

Mesin utama kapal memiliki beberapa komponen utama diantaranya *cylinder liner, cylinder head, piston dan connecting rod, crankshaft, camshaft, injector* dan *fly wheel* yang dapat dilihat pada lampiran 4 .

Pada komponen tersebut sering mengalami kerusakan yang mengakibatkan mesin berhenti beroperasi sehingga memerlukan perawatan yang baik dan tepat.

Menurut Maleev (1954) jenis perawatan komponen mesin kapal pada dasarnya dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1. Perawatan Insidentil (*Breakdown Maintenance*)

Perawatan Insidentil adalah suatu kegiatan perawatan yang pelaksanaannya menunggu sampai dengan peralatan tersebut rusak lalu dilakukan perbaikan. Strategi perawatan insidentil dalam teorinya tidak disarankan, namun kenyataannya sering terjadi di kapal, karena berbagai alasan antara lain :

- a Kronologi perawatan tidak dicatat secara sistematis, sehingga tidak terdapat kesinambungan dalam kegiatan perawatan selanjutnya.
- b Tidak mengacu standar perawatan dan perbaikan kapal (PMS) sesuai dengan *Manual Instruction Book*.
- c Tidak tersedianya suku cadang yang cukup untuk setiap mesin, sehingga menghambat waktu operasi kapal pada saat menunggu pengadaan suku cadang tersebut.

2. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan pencegahan adalah perawatan yang dilakukan sebelum terjadinya kerusakan. Perawatan ini bertujuan untuk :

- a Memantau perkembangan yang terjadi pada hasil pekerjaan perawatan secara terus-menerus sampai batas nilai-nilai yang diijinkan.
- b Menemukan kerusakan dalam tahap yang lebih dini, sehingga masih ada kesempatan untuk merencanakan pelaksanaan waktu perawatan.

- c Mencegah terjadinya kerusakan atau bertambahnya kerusakan, yang dapat mengakibatkan terhentinya operasi kapal.

3. Perawatan berdasarkan Interval Waktu

Perawatan berdasarkan interval waktu adalah bagian pelaksanaan pekerjaan perawatan pencegahan yang dilakukan secara periodik berdasarkan waktu kalender atau jam kerja dengan mengacu kepada *Manual Instruction Book*, yaitu :

- a Perawatan yang dilaksanakan secara waktu kalender :

- 1) Perawatan secara rutin (*daily*)
- 2) Perawatan secara mingguan (*weekly*)
- 3) Perawatan secara bulanan (*monthly*)
- 4) Perawatan secara Tiga bulan (*quarterly*)
- 5) Perawatan secara tahunan (*yearly / annual survey*) dan
- 6) Perawatan secara lima tahunan (*special survey*)

- b Perawatan yang dilaksanakan secara jam kerja :

Perawatan setiap 250 jam sekali, Setiap 500 jam, setiap 1000 jam, 2000 jam, 4000 jam, 8000 jam, 10000 jam, dan seterusnya, terhitung setelah selesai perbaikan (*overhaul*).

2.1.1 Tahap Perawatan Komponen Utama Mesin Kapal

Tahapan - tahapan perawatan dan perbaikan komponen mesin yang populer dalam bahasa permesinan adalah Top Overhaul dan Major Overhaul

1. *Top Overhaul*

Top Overhaul adalah tahapan pertama perawatan dan perbaikan untuk pembersihan, pemeriksaan, pengukuran, penganalisaan, penggantian baru pada semua bagian-bagian/material mesin yang *di Overhaul*.

2. *Major Overhaul*

Major Overhaul adalah tahapan kedua perawatan yang pelaksanaannya dilakukan pada saat mesin sudah bekerja sudah mencapai antara 8.000 jam kerja (Fauzi I. H, 2015)

2.2 *Age Replacement*

Model matematis system perawatan secara pencegahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode *Age Replacement*, yaitu metode perawatan pencegahan yang dilakukan dengan menetapkan interval waktu perawatan pencegahan berdasarkan selang waktu kerusakan yang menuntut adanya tindakan perbaikan penggantian dengan kriteria minimasi (AKS Jardine, 1997).

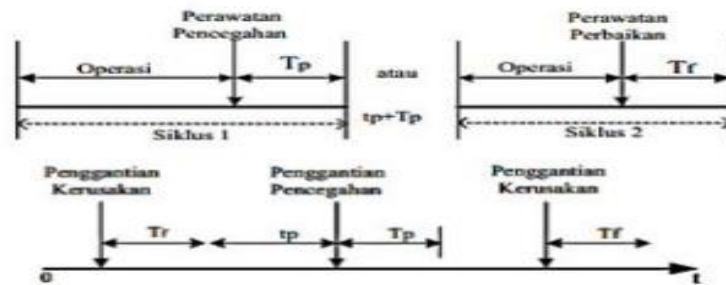
Dalam model *Age Replacement* untuk dilakukan penggantian pencegahan adalah tergantung pada umur pakai dari komponen. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval perawatan berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan. Dalam melakukan penurunan model penggantian ini terdapat beberapa asumsi yang dikembangkan untuk memfokuskan pada permasalahan, yaitu :

1. Laju kerusakan komponen bertambah sesuai dengan peningkatan pemakaian.
2. Peralatan yang telah dilakukan penggantian komponen akan kembali kepada kondisi semula. Tidak ada permasalahan dalam persediaan komponen

Model ini mempunyai dua siklus penggantian, yaitu:

- Siklus pencegahan, yaitu penggantian komponen sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Siklus ini diakhiri dengan kegiatan penggantian pencegahan.
- Siklus kerusakan, yaitu penggantian komponen sebelum jadwal penggantian yang telah ditetapkan. Hal ini disebabkan karena komponen tersebut mengalami kerusakan sebelum jadwal pergantian yang telah direncanakan. Siklus ini diakhiri dengan penggantian kerusakan.

Siklus tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 1 Siklus Age Replacement

Jadwal untuk pergantian model Age Replacement dapat dilihat dari nilai $C(tp)$ terkecil dari periode waktu yang telah ditentukan. Untuk mendapatkan nilai $C(tp)$ dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C(tp) = \frac{c_p.R(tp) + c_f(1-R(tp))}{t.R(tp) + \lambda} \quad (2.1)$$

Dimana:

- tp = Interval waktu perawatan
- Tf = Waktu yang terjadi karena perawatan kerusakan
- Tp = Waktu yang terjadi karena kegiatan perawatan pencegahan
- Cp = Biaya perawatan pencegahan
- Cf = Biaya perawatan akibat kerusakan
- $f(t)$ = Fungsi kepadatan probabilitas yang terjadi pada saat t
- λ = Nilai Laju Kegagalan
- $R(tp)$ = Nilai reliability pada saat tp
- $M(tp)$ = Waktu rata-rata terjadinya suatu kerusakan jika perawatan pencegahan dilakukan pada saat tp

Menurut Mochamma Hariadi (2017) Untuk mendapatkan biaya perawatan pencegahan (Cp) dan biaya perawatan kerusakan (Cf) digunakan persamaan sebagai berikut :

- Perhitungan Biaya Perawatan Pencegahan (C_p)

Biaya perawatan pencegahan kerusakan mesin merupakan biaya yang secara langsung atau tidak langsung menjadi pengeluaran untuk aktivitas perbaikan mesin setiap periode waktu tertentu dan selama waktu tertentu yang telah direncanakan sehingga besarnya biaya perawatan adalah :

$$C_p = (\text{Biaya tenaga teknisi} \times \text{lama perbaikan}) + (\text{biaya tenaga operator} \times \text{lama perbaikan}) + \text{biaya pembelian komponen} + (\text{kerugian akibat mesin menganggur} \times \text{lama perbaikan}) \quad (2.2)$$

- Perhitungan Biaya Kerusakan (C_f)

Biaya kerusakan diperoleh dari perhitungan biaya yang diakibatkan karena berhentinya mesin selama dilakukan perbaikan, sehingga besar biaya adalah :

$$C_f = (\text{Biaya tenaga teknisi} \times \text{MTTR}) + (\text{biaya tenaga kerja} \times \text{MTTR}) + (\text{biaya komponen}) + (\text{kerugian akibat mesin menganggur} \times \text{MTTR}) \quad (2.3)$$

2.3 Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif adalah suatu analisa yang digunakan untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem berdasarkan analisa kegagalan, sehingga dapat melakukan penilaian keandalan berdasarkan data kuantitatif serta pengalaman yang sudah ada.

Dalam melakukan analisa keandalan suatu sistem tidak terlepas akan tersedianya data yang akan diolah. Nilai keandalan suatu komponen akan bergantung terhadap waktu. Untuk itu analisa keandalan akan berhubungan dengan distribusi probabilitas dengan waktu sebagai variable random. Variable random adalah suatu nilai atau parameter yang akan diukur di dalam pengolahan data. Agar teori probabilitas dapat diterapkan maka kejadian atau nilai - nilai tersebut haruslah random terhadap waktu. Parameter kejadian yang akan diukur yaitu misalnya laju kegagalan komponen, lama waktu perbaikan, kekuatan rnekanis komponen, adalah variabel yang bervariasi secara random terhadap waktu dan ruang. Variable random ini dapat didefinisikan secara diskrit maupun secara kontinue. (Sasmito, 2008).

Metode yang digunakan dalam analisa kuantitatif untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem adalah metode *Age Replacement* yang bertujuan untuk mengetahui probabilitas suatu system.

2.3.1 Komponen Kritis

Komponen kritis adalah kondisi suatu komponen yang berpotensi mengalami kerusakan yang berpengaruh pada keandalan operasional unit.

1. Sistem Penilaian komponen kritis dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan *critical analysis* dengan menggunakan empat kriteria yaitu :

a. Frekuensi Perawatan tinggi

Frekuensi perawatan yang tinggi pada suatu komponen jika tidak segera dilakukan tindakan perbaikan dapat merambat ke komponen utama yang berpotensi menimbulkan unit tidak dapat beroperasi (*breakdown*).

b. Dampak kerusakan pada sistem

Apabila terjadi kerusakan pada komponen akan menyebabkan sistem tidak berfungsi maksimal atau gagal melaksanakan fungsinya.

c. Pembongkaran dan pemasangannya sulit

Penggantian terhadap komponen yang rusak harus dilakukan pembongkaran, komponen diperbaiki atau diganti yang baru, lalu dilakukan pemasangan kembali.

d. Harga komponen mahal

Harga komponen disebut mahal apabila harga komponen tersebut di atas harga rata-rata seluruh komponen yang ada pada satu mesin.

2. Identifikasi Komponen Kritis dengan Diagram Pareto

Diagram Pareto ini merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan rangking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diselesaikan (rangking tertinggi) sampai dengan masalah yang tidak harus segera diselesaikan (rangking terendah). Diagram Pareto juga dapat mengidentifikasi masalah yang paling penting yang mempengaruhi usaha perbaikan kualitas dan

memberikan petunjuk dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk menyelesaikan masalah.

Selain itu, Diagram Pareto juga dapat digunakan untuk membandingkan kondisi proses, misalnya ketidaksesuaian proses sebelum dan setelah diambil tindakan perbaikan terhadap proses. Implementasi dari prinsip 80:20 ini dapat diterapkan untuk hampir semua hal.

Pareto chart (bagan Pareto) adalah bagan yang berisikan diagram batang (bars graph) dan diagram garis (line graph);

- Diagram batang memperlihatkan klasifikasi dan nilai data, sedangkan diagram garis mewakili total data kumulatif.
- Klasifikasi data diurutkan dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Ranking tertinggi merupakan masalah prioritas atau masalah yang terpenting untuk segera diselesaikan, sedangkan ranking terendah merupakan masalah yang tidak harus segera diselesaikan.
- Prinsip pareto chart sesuai dengan hukum Pareto yang menyatakan bahwa sebuah grup selalu memiliki persentase terkecil (20%) yang bernilai dan memiliki area dampak terbesar (80%).
- Pareto chart mengidentifikasi 20% penyebab masalah vital (Vital few) untuk mewujudkan 80% perbaikan secara keseluruhan (Trivial Many).
- Pemimpin perusahaan atau siapapun harus fokus pada area 20% penyebab masalah vital (Vital few) untuk diperbaiki agar menghasilkan perubahan di area 80%. (Sunarto,2020)

Prosedur Membuat Diagram Pareto adalah sebagai berikut.

1. Tentukan kategori apa yang akan digunakan untuk mengelompokkan item.
2. Putuskan pengukuran apa yang sesuai. Pengukuran umum adalah frekuensi, kuantitas, biaya, atau waktu.
3. Tentukan periode waktu pengamatan.
4. Kumpulkan data, rekam kategori setiap waktu atau kumpulkan data yang

sudah ada.

5. Buat check sheet untuk merekam data (frekuensi data yang keluar tiap item) yang diinginkan.
6. Tentukan jumlah kumulatif frekuensi masing-masing item dan hitung pula persentase frekuensi kumulatifnya masing-masing item. Hitung persentase untuk setiap kategori: subtotal untuk kategori itu dibagi dengan total untuk semua kategori.
7. Lakukan pengurutan data frekuensi yang ada dalam check sheet yang telah terisi dari frekuensi tertinggi sampai terendah. Kemudian buatlah grafik yang berisi nilai frekuensi dan persentase kumulatif.
8. Gambarkan sumbu vertikal kanan dan beri label dengan persentase kumulatif, dan sumbu vertikal kiri dengan nilai frekuensi. Pastikan kedua timbangan cocok.
9. Hitung dan gambarkan jumlah kumulatif: Tambahkan subtotal untuk yang pertama dan kedua kategori, dan tempatkan sebuah titik di atas bilah kedua yang menunjukkan jumlah itu. Untuk itu jumlahkan subtotal untuk kategori ketiga, dan tempatkan sebuah titik di atas bilah ketiga untuk jumlah baru itu. Lanjutkan proses untuk semua bar. Hubungkan titik-titik, mulai dari bagian atas bilah pertama. Titik terakhir harus mencapai 100 persen pada skala yang tepat.

2.3.2 Distribusi Weibull

Menurut Yaghmei (2013), Distribusi Weibull merupakan distribusi kontinu yang sering digunakan dalam uji ketahanan hidup suatu objek, seperti menyelesaikan masalah-masalah yang menyangkut umur suatu objek sampai objek tersebut tidak berfungsi lagi sebagaimana mestinya (rusak atau mati). Selama bertahun-tahun distribusi Weibull menjadi salah satu model data statistik yang memiliki jangkauan luas dari aplikasi uji hidup dan teori reliabilitas dengan kelebihan utamanya adalah menyajikan keakuratan kegagalan dengan sampel yang berukuran kecil. Yaghmei, 2013

Pada tahun 1939, Waloddi Weibull memperkenalkan distribusi Weibull dengan dua parameter yaitu :

- Parameter skala (η)
- Parameter bentuk (β)

Parameter skala merupakan jenis khusus dari parameter numerik yang menunjukkan besarnya data, jika semakin besar nilai parameter skala maka distribusi data akan semakin menyebar dan begitu pula sebaliknya. Sedangkan Parameter bentuk adalah jenis khusus dari parameter numerik yang menunjukkan bentuk dari kurva. Parameter skala juga menggambarkan sebaran data yang memberikan efek pada distribusi Weibull seperti perubahan skala absis. Parameter skala juga menggambarkan umur karakteristik dari suatu benda seperti alat tertentu atau komponennya. Semakin besar nilai dari parameter skala dengan nilai parameter bentuk yang konstan membuat kurva pdf distribusi Weibull membentang ke kanan dan tinggi kurva menurun dengan tetap mempertahankan bentuk kurva. Sedangkan semakin kecil nilai dari parameter skala dengan nilai parameter bentuk yang konstan membuat kurva pdf distribusi Weibull membentang ke kiri dan tinggi kurva meningkat dengan mempertahankan bentuk kurva tersebut. Parameter skala pada distribusi Weibull merupakan aspek penting karena nilai dari parameter ini dapat mempengaruhi karakteristik distribusi Weibull seperti bentuk kurva dari pdf distribusi Weibull, reliabilitas, dan tingkat kegagalan distribusi Weibull. Fungsi densitas probabilitasnya $f(t)$ dapat dinyatakan sebagai berikut:

Persamaan weibul 2 parameter

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (2.4)$$

Persamaan nilai keandalan ($R(t)$)

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (2.5)$$

Persamaan failure rate

$$\lambda = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2.6)$$

2.3.3 Mean Time To Failure (MTTF)

Menurut IR. Ating Sudrajat, (2011) *Mean Time To Failure* (MTTF) yaitu waktu rata – rata terjadinya kerusakan dari suatu peralatan / mesin atau dapat dikatakan sebagai waktu kemampuan mesin dan peralatan untuk beroperasi. Mean Time To Failure (MTTF) ini umumnya digunakan untuk mengetahui berapa lama mesin dapat dioperasikan sampai tidak dapat digunakan kembali.

Adapun perhitungan MTTF pada distribusi *weibull* adalah sebagai berikut :

$$MTTF = \eta r \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.4)$$

Dimana η = Parameter Skala
 β = Parameter bentuk

2.3.4 Mean Time To Repair (MTTR)

Menurut IR. Ating Sudrajat (2011) *Mean Time To Repair* (MTTR) yaitu waktu rata – rata yang digunakan untuk melakukan perbaikan. Waktu rata – rata untuk memperbaiki peralatan agar dapat beroperasi kembali, meliputi waktu pemberitahuan, waktu pemindahan. Waktu diagnosa, waktu memperbaiki, waktu tunggu (untuk suku cadang). Waktu perakitan kembali, dan waktu pengetesan, *Mean Time To Repair* (MTTR) juga mengukur berapa lama operasi akan keluar dari produksi, yang mengindikasikan efek pada perawatan terhadap laju produksi.

Berikut perhitungan *MTTR* pada distribusi *weibull* adalah sebagai berikut :

$$MTTR = \beta r \left(1 + \frac{1}{\eta} \right) \quad (2.5)$$

Dimana η = Parameter Skala
 β = Parameter bentuk