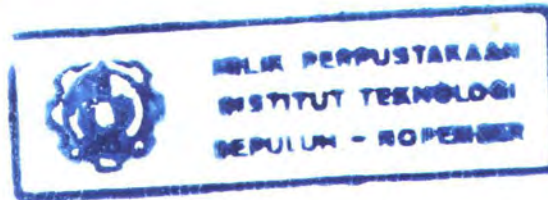
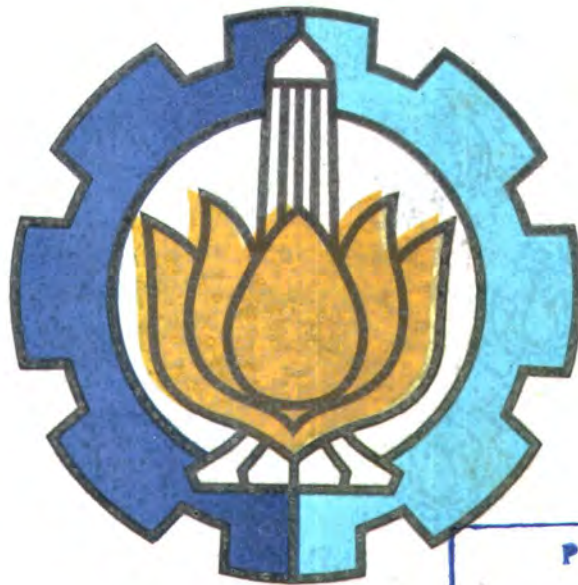


24334/H/06



TUGAS AKHIR
(LS 1336)

**ANALISA PENENTUAN INTERVAL WAKTU OPTIMUM
UNTUK PEMERIKSAAN SISTEM POROS BALING-BALING
BERDASARKAN JUMLAH JAM OPERASIONAL KAPAL
DENGAN PENDEKATAN TEORI KEANDALAN**



RSSP
623.873
Riz
2-1
2005

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	8-8-2005
Terima Dari	H/
No. Agenda Prp.	22182

Oleh:

RIZAL RAHMANSYAH W
4201 100 017

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2005**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**"ANALISA PENENTUAN INTERVAL WAKTU OPTIMUM UNTUK
PEMERIKSAAN SISTEM POROS BALING-BALING BERDASARKAN
JUMLAH JAM OPERASIONAL KAPAL DENGAN PENDEKATAN
TEORI KEANDALAN"**

**Diajukan guna memenuhi sebagian persyaratan
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)
pada
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui dan menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Ketut Buda Artana, ST, MSc.
NIP. 132 125 668


R.O.Saut Gurning, ST, M.Sc
NIP. 132 133 980




FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN - ITS
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA 60111
TELP. (031) 5994754, 5994251 – PES 1102 FAX (031) 5994754

SURAT KEPUTUSAN
PENGERJAAN TUGAS AKHIR (LS 1336)

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, maka perlu diterbitkan Surat Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir yang memberikan tugas kepada mahasiswa tersebut dibawah untuk mengerjakan Tugas sesuai judul dan lingkup bahasan yang telah ditentukan.

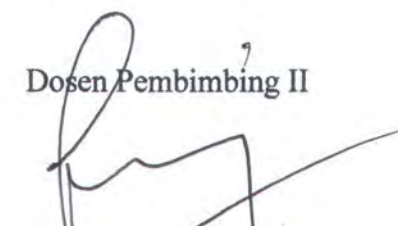
Nama Mahasiswa : Rizal Rahmansyah. Wiwi
Nrp. : 4299 100 017
Dosen pembimbing : 1. Dr. Ketut Buda Artana, ST, MSc.
2. R.O Saut Gurning, ST, M.Sc.
Tanggal Diberikan Tugas : 18 Maret 2005
Tanggal Diselesaikan Tugas :
Judul Tugas Akhir : ANALISA PENENTUAN INTERVAL
WAKTU OPTIMUM UNTUK
Pemeriksaan Sistem Poros Baling-
Baling Berdasarkan Jumlah Jam
Operasional Kapal Dengan
Pendekatan Teori Keandalan

Surabaya, 18 Maret 2005
Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan - ITS

Ir. Suryo Widodo Adji, MSc.
Nrp. 131.879.390

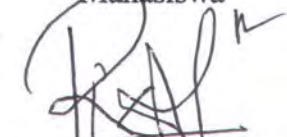
Dosen Pembimbing I


Dr. Ketut Buda Artana, ST, MSc.
Nip. 132 125 668

Dosen Pembimbing II


R.O. Saut Gurning, ST, M.Sc
Nip. 132 133 980

Yang menerima tugas,
Mahasiswa


Rizal Rahmansyah Wiwi
Nrp. 4201 100 017

ABSTRACT

In this research will be analyzed the determination optimally range of inspection time for propeller shaft, based on the reliability level from the components of the system. The determination for frequency and range of inspection time in the propeller shaft system is an important policy on the ship's maintenance management. The inspection which done in the right condition can early detect any small damages on the system, thus these damages can be solved soon before it cause any major damages and then cause the system totally cannot work. Determining the right range of inspection time has to be based on the component's reliability level from the system. The right inspection is done when the component's reliability level has decrease, but still in the permitted limit. Decreasing of the component's reliability level of the propeller shaft system is very close connected with the number of ship's operational time. Because as higher as the operational time of the ship, as faster as the decreasing of the component's reliability level. The inspection is about the releasing of the propeller shaft, which is recently done, mounted on the class' rule where is hold on the specify range of time (Three years for the system with the seawater lubrication, and five years for the system with the oil lubrication), without considering the operational time of the ship. So that, it is needed to analyze the determination of the optimally range of inspection time to check the propeller shaft system based on the number of the ship's operational time, with approach to the reliabilities theory which results is minimizing the ship's maintenance cost.

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur hamba panjatkan kepada Allah S.W.T karena hanya dengan rahmat, hidayah dan karunia ilmu-Nya lah maka saya selaku penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini tepat pada waktunya.

Dengan telah diselesaikan penyusunan Tugas Akhir ini, maka telah tertunaikanlah salah satu kewajiban sebagai syarat kelulusan pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember ini. Berbagai kesan, pengalaman dan tantangan serta pertolongan telah menyertai saya sejak awal pengerjaan hingga pada akhir terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya tidak lupa saya sampaikan kepada kedua orang tua dan kakak yang selalu mendukung dan setia mengiringi dengan doa demi kelancaran dan kesuksesan saya menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ini., kepada dosen pembimbing saya Bapak DR. Ketut Buda Artana ST, MSc dan Bapak R.O.Saut Gurning, ST,M.Sc atas bimbingan dan arahnya selama pengerjaan TA ini, kepada teman-teman khususnya angkatan 2001 yang menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan saya selama di kampus ini, Ayu Pramitasari yang selalu setia menemani dan berbagi suka serta duka. rekan-rekan member Laboratorium Keandalan dan Keselamatan, serta kepada semua pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu saya didalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Meskipun saya sadar betul bahwa apa yang saya kerjakan ini masih sangat jauh dari sempurna, namun semoga sumbangan kecil saya ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan dan kemajuan Jurusan Teknik Sistem Perkapalan pada khususnya dan seluruh Bangsa Indonesia pada umumnya.

Surabaya, 22 Juli 2005

Rizal Rahmansyah W.

DAFTAR ISI

Cover

Lembar Pengesahan.

Surat Tugas

Ringkasan

Kata Pengantar

Daftar Isi

Daftar Gambar

Daftar Tabel

BAB I Pendahuluan

1.1	Latar belakang	1
1.2	Tujuan penulisan	4
1.3	Batasan masalah	5
1.4	Metode penelitian	5
1.5	Manfaat Penulisan	8

BAB II Dasar Teori

2.1	Sistem poros baling-baling	10
2.2	Perawatan sistem poros	14
2.3	Keandalan Sistem	14
2.4	Fungsi keandalan	17
2.5	Mean Time To Failure	19
2.6	Tingkat keandalan alat	24
2.7	Penentuan interval pemeriksaan	28
2.8	Flow chart perhitungan	37

BAB III Metodologi Penelitian

3.1	Identifikasi dan perumusan masalah	40
3.2	Studi kepustakaan	40

3.3	Pengumpulan data	41
3.4	Pengolahan data	44
3.5	Analisa hasil perhitungan dan pembahasan	47
3.6	Kesimpulan dan saran	47
BAB IV Analisa data		
4.1	Perhitungan jumlah inspeksi optimum	49
4.2	Perhitungan menggunakan Solver	65
4.3	Faktor Koreksi	68
4.4	Sensitifity Analysis.....	74
4.5	Pembahasan	81
4.6	Inspeksi optimal	87
4.7	Tinjauan terhadap aturan BKI.....	90
4.8	Annual Survey	94
4.9	Potential Failure	96
BAB V Kesimpulan dan saran		99
Lampiran		

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Penampang melintang sea water lubricating bearing
- Gambar 2. Penampang memanjang stern tube Oily lubricating
- Gambar 3. Skema pelumasan stern tube Oily lubricating
- Gambar 4. Keandalan Sebagai Fungsi Waktu
- Gambar 5. Kurva Distribusi Kerusakan dan Keandalan
- Gambar 6. Kurva Bathup
- Gambar 7. Diagram frekuensi optimal pemeriksaan
- Gambar 8. Flow Chart pengeerjaan Tugas Akhir
- Gambar 9. Flow Chart perhitungan
- Gambar 10. Tampilan Monte-Carlo Simulation pada Weibul++
- Gambar 11. Tampilan data Time To Failure
- Gambar 12. Grafik hubungan R dan n
- Gambar 13. Grafik hubungan R dan t
- Gambar 14. Grafik hubungan n dan V
- Gambar 15. Grafik hubungan pola operasi kapal dengan n
- Gambar 16. Grafik hubungan repair dan inspeksi
- Gambar 17. Grafik inspeksi optimum
- Gambar 18. Diagram survey periodik yang diterapkan oleh kelas
- Gambar 19. Grafik P-F Interval

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Data yang dibutuhkan
Tabel 2.	Failure rate Komponen Sistem Poros baling-baling
Tabel 3.	Time to Failure (1)
Tabel 4.	Time to Failure (2)
Tabel 5.	Faktor koreksi 25%
Tabel 6.	Hasil perhitungan dengan faktor koreksi 25%
Tabel 7.	Faktor koreksi 50%
Tabel 8.	Hasil perhitungan dengan faktor koreksi 50%
Tabel 9.	Faktor koreksi 75%
Tabel 10.	Hasil perhitungan dengan faktor koreksi 75%
Tabel 11.	Faktor koreksi 100%
Tabel 12.	Hasil perhitungan dengan faktor koreksi 100%
Tabel 13.	Faktor koreksi 125%
Tabel 14.	Hasil perhitungan dengan faktor koreksi 125%
Tabel 15.	Perubahan tarif (1)
Tabel 16.	Hasil perhitungan dengan perubahan tarif (1)
Tabel 17.	Perubahan tarif (2)
Tabel 18.	Hasil perhitungan dengan perubahan tarif (2)
Tabel 19.	Perubahan tarif (3)
Tabel 20.	Hasil perhitungan dengan perubahan tarif (3)
Tabel 21.	Perubahan tarif (4)
Tabel 22.	Hasil perhitungan dengan perubahan tarif (4)
Tabel 23.	Perubahan cost (5)
Tabel 24.	Hasil perhitungan dengan perubahan cost (5)
Tabel 25.	Perubahan cost (6)
Tabel 26.	Hasil perhitungan dengan perubahan cost (6)
Tabel 27.	Perubahan cost (7)
Tabel 28.	Hasil perhitungan dengan perubahan cost (7)
Tabel 29.	Perubahan cost (8)
Tabel 30.	Hasil perhitungan dengan perubahan cost (8)

Tabel 31.	Perubahan cost (9)
Tabel 32.	Hasil perhitungan dengan perubahan cost (9)
Tabel 33.	Perubahan cost (10)
Tabel 34.	Hasil perhitungan dengan perubahan cost (10)
Tabel 35.	Perubahan cost (11)
Tabel 36.	Hasil perhitungan dengan perubahan cost (11)
Tabel 37.	Perubahan cost (12)
Tabel 38.	Hasil perhitungan dengan perubahan cost (12)
Tabel 39.	Pola operasi dan jumlah inspeksi



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Kapal sebagai sebuah wahana teknis terdiri dari beberapa sistem permesinan yang bekerja sesuai fungsinya masing-masing. Pada setiap sistem dibangun oleh berbagai komponen dengan perbedaan fungsi antara satu dan yang lainnya, namun seluruh komponen saling berhubungan dan bekerja untuk mendukung fungsi dari sebuah sistem. Oleh karena itu agar komponen-komponen di dalam sistem dapat beroperasi sesuai dengan yang diinginkan, maka harus dijamin agar komponen-komponen yang terlibat didalamnya dapat berfungsi dengan baik.

Pengoperasian wahana teknis di laut tentunya berbeda dengan pengoperasian di darat. Kondisi laut, gelombang, angin, cuaca, dan berbagai faktor alam lainnya akan sangat berpengaruh pada operasional sistem dari wahana tersebut. Oleh karena itu, seluruh komponen sistem yang ada didalam kapal dirancang dan didisain sedemikian rupa agar memiliki tingkat keandalan yang cukup tinggi dan dapat beroperasi dalam berbagai kondisi ekstrim lautan. Didalam menjamin tingkat keandalan dari setiap komponen yang ada, maka perlu dilakukan sebuah program perawatan dan inspeksi secara berkala terhadap setiap sistem yang ada di kapal sehingga dapat dipastikan seluruh komponen bekerja dengan baik. Kegagalan kerja pada sistem poros baling-baling, selain dapat mengganggu operasional kapal juga dapat membahayakan keselamatan kapal beserta penumpang serta muatan yang ada didalamnya.

Sebagaimana wahana teknis pada umumnya, kapal juga membutuhkan sebuah program inspeksi dan perawatan terhadap seluruh sistem yang bekerja. Karena faktor kondisi operasional yang cukup ekstrim, maka management perawatan kapal yang baik sangat dibutuhkan. Selain kebijakan pihak pemilik kapal, Biro Klasifikasi sebagai lembaga penentu kelayakan kapal juga membuat aturan-aturan dan berbagai survey serta model perawatan yang harus dilakukan oleh pihak pemilik. Inspeksi atau survey adalah bagian yang tidak terpisahkan dari program perawatan dari sebuah kapal. Inspeksi atau survey bertujuan untuk pendeteksian kondisi kerja dari sebuah sistem atau komponen.. dari hasil inspeksi dapat ditentukan kapan sebuah komponen harus dilakukan proses perbaikan (*repair*) atau harus diganti dengan komponen yang baru (*Replacement*).

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) mensyaratkan poros baling-baling harus dicabut dan diperiksa pada selang waktu tiga tahun untuk sistem poros dengan pelumasan air laut, dan pada selang waktu lima tahun untuk sistem poros dengan pelumasan minyak¹. Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan kondisi poros dalam keadaan baik, atau dapat dilakukan penggantian pada beberapa komponen jika sudah tidak lagi memenuhi syarat minimum yang ditentukan oleh kelas, atau dianggap sudah tidak layak pakai.

Untuk melakukan inspeksi yang mendetail terhadap sistem poros baling-baling, maka sistem tersebut harus dibuka secara keseluruhan, atau lebih dikenal dengan istilah survey pencabutan poros. Proses pencabutan dan pemeriksaan poros propeller menjadi salah satu penyebab tingginya maintenance cost yang harus dikeluarkan oleh pihak pemilik kapal. Hal ini disebabkan karena selain diperlukan

¹ *Biro Klasifikasi Indonesia Regulation Vol 1*

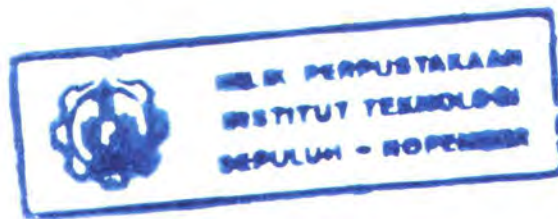
biaya untuk melakukan pencabutan, juga kapal harus melakukan proses docking sebelum poros dapat dicabut. Untuk melakukan penghematan biaya, maka pada umumnya proses pencabutan poros dilakukan bersamaan dengan ketentuan survey docking yang dikeluarkan oleh kelas. Sehingga berbagai komponen yang lain pun ikut diperiksa. Namun perawatan terhadap sistem ini tetap menjadi salah satu sumber pengeluaran terbesar disebabkan oleh mahalnya harga dari komponen-komponen yang terpasang didalamnya.

Selang waktu yang ditentukan oleh kelas konstan, yaitu 3 tahun untuk sistim poros tunggal dan empat tahun untuk sistim poros jamak, serta 5 tahun untuk sistem poros dengan pelumasan minyak. Sedangkan kondisi di lapangan menunjukkan bahwa jam operasional dari tiap kapal berbeda-beda sehingga menyebabkan adanya perbedaan tingkat keandalan poros baling-baling antara kapal yang satu dengan kapal yang lainnya. Pada satu sisi jika dilakukan docking untuk pemeriksaan poros dalam kondisi tingkat keandalan dari poros masih cukup baik, maka akan menimbulkan tambahan biaya perawatan. Sedangkan di sisi lain jika tidak dilakukan pemeriksaan kondisi poros karena mengacu pada interval waktu yang ditentukan oleh Biro Klasifikasi (antara 3 sampai 5 tahun) sedangkan jam operasional kapal tinggi, maka akan mengurangi tingkat keandalan dari sistem poros sehingga rentan terhadap kerusakan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa kondisi dari sistem perporosan ini ialah dengan menggunakan pendekatan teori keandalan. Dengan mengetahui laju kegagalan (*failure rate*) dari masing-masing komponen pada sistem ini, dapat dilakukan perhitungan distribusi kerusakan dari setiap komponen. Dari perhitungan tersebut dapat dihitung pula tingkat keandalan

komponen pada periode waktu tertentu. Dengan mengetahui periode kerusakan (*Time to Failure*) yang akan terjadi, maka dapat ditentukan periode inspeksi yang dibutuhkan sehingga maintenance peralatan dapat dilakukan pada interval waktu yang tepat sehingga tingkat keandalan poros dapat dijaga.

Selain pendekatan teknis yang menjadi acuan utama maka analisa dari segi ekonomis pun dilakukan. Salah satu caranya ialah dengan menghitung biaya-biaya yang timbul akibat dari adanya proses inspeksi dan maintenance yang dilakukan. Dengan begitu diharapkan dapat ditentukan interval waktu optimum sehingga meminimalkan biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak pemilik kapal disamping tetap menjaga kondisi komponen dari sistem poros baling-baling dalam keadaan cukup andal.



1.2. TUJUAN PENULISAN.

Dari Latar belakang permasalahan yang dijelaskan diatas, maka dapat ditentukan bahwa tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Menganalisa dan menentukan interval waktu pemeriksaan sistem poros baling-baling yang optimal, berdasarkan analisa tingkat keandalan komponen dan waktu operasional kapal dengan pendekatan teori keandalan.
- b. Dari hasil analisa dan penentuan interval waktu pemeriksaan optimum, diharapkan dapat dilakukan penghematan biaya yang dikeluarkan untuk pemeriksaan atau penggantian komponen poros baling-baling, dan memaksimalkan keuntungan dari operasional kapal.

1.3. BATASAN MASALAH

Untuk menegaskan dan lebih menfokuskan permasalahan yang akan dianalisa dalam penelitian Tugas Akhir ini, maka akan dibatasi permasalahan-permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut :

- a) Komponen yang ditinjau hanya komponen Poros baling-baling dengan sistim poros tunggal.
- b) Diasumsikan Komponen bekerja dalam keadaan normal (Tidak dalam kondisi *Force Major*)
- c) Penurunan tingkat keandalan yang dianalisa hanya terjadi karena lamanya waktu operasi dari kapal.

1.4. METODE PENELITIAN.

Didalam melaksanakan penelitian untuk Tugas Akhir ini digunakan tahapan-tahapan metode penelitian sebagai berikut :

1.4.1. Studi Literatur

Tahapan Studi Literatur dilaksanakan di awal penelitian dengan tujuan untuk memperoleh dasar-dasar teori dan berbagai informasi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada tahapan Studi Literatur dicoba untuk mendalami beberapa hal, antara lain :

- a. Apa saja permasalahan yang timbul didalam melaksanakan program perawatan dan perbaikan pada kapal.
- b. Syarat-syarat atau ketentuan kelas mengenai sistem poros baling-baling.

- c. Dasar-dasar teori mengenai analisa tingkat keandalan sebuah komponen dan probabilitas kerusakan yang mungkin terjadi.
- d. Teori untuk menganalisa dan menentukan jumlah waktu pemeriksaan optimum pada proses perawatan sistim poros baling-baling dan poros kemudi di kapal.
- e. Teori-teori dan informasi lain pendukung penelitian.

1.4.2. Survey dan Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan proses survey dan pengumpulan data-data yang akan diolah dan dianalisa pada proses penelitian. Data-data yang akan dianalisa antara lain:

- a. Peraturan kelas mengenai perawatan dan inspeksi sistem poros baling-baling dan poros kemudi
- b. *Failure rate* dari komponen-komponen pada sistem poros baling-baling.
- c. Waktu penggantian komponen poros baling-baling dan poros kemudi yang telah dilakukan sebelumnya.
- d. Data inspeksi / survey .
- e. Biaya Inspeksi / Survey.
- f. Biaya penggantian komponen.
- g. Biaya *Docking*.

Data-data tersebut akan diambil pada beberapa instansi terkait, antara lain :

- a. Biro Klasifikasi Indonesia
- b. Pihak Galangan (Shipyard)
- c. Pihak *Owner* (Pemilik kapal)

d. Studi Literatur

1.4.3. Pengolahan data

Dari data-data yang diperoleh, maka tahapan selanjutnya ialah mulai menghitung dan menentukan interval waktu optimum pemeriksaan dari sebuah sistem poros baling-baling. Yang menjadi tinjauan utama didalam proses ini selain jumlah inspeksi optimum yang diperoleh, juga apakah inspeksi dilakukan pada kondisi sistem masih dalam tingkat keandalan yang cukup tinggi. Analisa mendalam dilakukan dengan pendekatan teori keandalan untuk menghitung *failur rate* dari masing-masing komponen yang ada pada sistem poros baling-baling dan poros kemudi. Pada kondisi tertentu, data TTF dimanipulasi dengan menggunakan simulasi Montecarlo, dan optimasi penjadwalan inspeksi dilakukan dengan menggunakan Solver.

1.4.4. Analisa Data

Dari hasil pengolahan data, akan diperoleh hasil interval waktu inspeksi optimum dengan failur rate dari sistem dengan memodelkan pola inspeksi kedalam fasilitas optimasi dari microsoft excel (solver). Hasil tersebut kemudian akan dianalisa dengan cara membandingkan dengan ketentuan dari Biro Klasifikasi mengenai interval waktu inspeksi sistem poros.

1.4.6. Kesimpulan dan Saran

Setelah seluruh proses penelitian telah selesai, maka akan ditarik kesimpulan secara menyeluruh mengenai penentuan interval waktu optimum pemeriksaan

poros baling-baling dan poros kemudi. Kesimpulan ditarik dengan membandingkan frekuensi inspeksi serta pengaruhnya terhadap keuntungan (*profit*) yang didapat dengan algoritma yang didisain untuk dapat mencari maksimum keuntungan dari pola inspeksi yang dimodelkan. Selain itu juga akan diberikan beberapa saran-saran berdasarkan hasil penelitian kepada pihak owner, galangan, kelas, ataupun pihak-pihak terkait lainnya mengenai pola perawatan dan inspeksi sistem poros baling-baling dari kapal.

1.5. MANFAAT PENULISAN

Dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membutuhkan. Manfaat yang bisa diperoleh antara lain :

- a. Menentukan interval waktu yang optimal untuk proses pemeriksaan poros baling-baling.
- b. Dengan interval waktu yang tepat, maka tingkat keandalan dari komponen dapat dijaga sehingga mendukung fungsi operasional dari kapal.
- c. Pemeriksaan komponen pada interval waktu yang tepat sesuai dengan jumlah waktu operasional kapal akan menekan biaya pemeliharaan kapal yang harus dikeluarkan oleh pihak owner.
- d. Model perhitungan yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh pihak Owner untuk melakukan penjadwalan pemeliharaan dan inspeksi guna mempertahankan tingkat keandalan dari komponen poros baling-baling dan poros kemudi.
- e. Dapat dijadikan bahan pertimbangan oleh Biro Klasifikasi Indonesia untuk mulai mencoba menentukan interval waktu pemeriksaan poros baling-

baling berdasarkan jumlah waktu operasional kapal dengan meninjau tingkat keandalan komponen.



BAB II

DASAR TEORI

BAB II

DASAR TEORI

2.1. SISTEM POROS BALING-BALING.

Sistem poros baling-baling merupakan suatu perangkat sistem transmisi tenaga yang berfungsi men-*delivery* putaran dari motor induk (*main engine*) ke propeler sehingga dapat dihasilkan daya dorong yang menyebabkan kapal dapat bergerak. Sistem ini adalah salah satu bagian dari sistem penggerak utama (*main propulsion system*) pada kapal sehingga memegang peranan cukup vital didalam operasional kapal. Oleh sebab itu kemampuan sistem ini untuk beroperasi secara normal haruslah dipertahankan. Sistem poros baling-baling terdiri dari beberapa komponen dengan masing-masing fungsinya untuk mendukung kerja dari poros. Komponen-komponen dari sistem poros sebagian besar terdapat pada selubung yang menutupi poros dan dikenal sebagai *Stern tube*.

Pada dasarnya sistem poros baling-baling dapat dibedakan menjadi dua jenis :

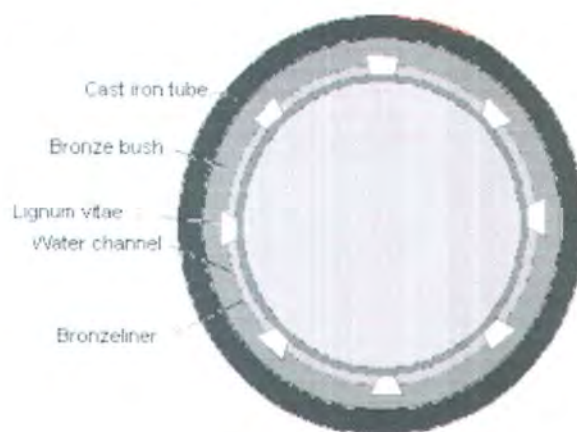
1. Sistem poros dengan pelumasan air laut.
2. Sistem poros dengan pelumasan minyak.

2.1.1. Pelumasan air laut

Pada sistem ini terdapat bantalan (*bearing*) yang terbuat dari bahan *cast iron* yang sedikit lebih besar pada bagian depan serta mudah untuk dibuka. Bagian dari *stern tube* dengan pelumasan air ini menempel pada after peak bulkhead. Pada ujung bagian depan dilengkapi dengan *stuffing box* dan *gland*, sedangkan

pada bagian belakang terdapat bearing dari bahan kayu *lignum vitae* atau sejenisnya. Bahan ini jika terkena air laut akan mengeluarkan cairan yang dapat difungsikan sebagai pelumas. Selain bahan *lignum vitae*, juga dapat digunakan bahan karet komposit (*cutlass rubber*) atau beberapa material plastik yang telah diijinkan sebagai bantalan.

Untuk bantalan pada sistem pelumasan air laut, diameternya tidak kurang dari 4 x diameter poros. Jika diameter bearing lebih dari 380 mm, maka masuknya air kedalam stern tube harus dilakukan dengan paksa (*forced water lubrication*) dengan menggunakan circulating pump atau peralatan tambahan lainnya yang dilengkapi dengan flow indikator. pemeriksaan poros dengan sistim ini (pencabutan poros) dilakukan setiap tiga tahun sekali. Penampang melintang dari sistem pelumasan air laut dapat dilihat pada gambar berikut :



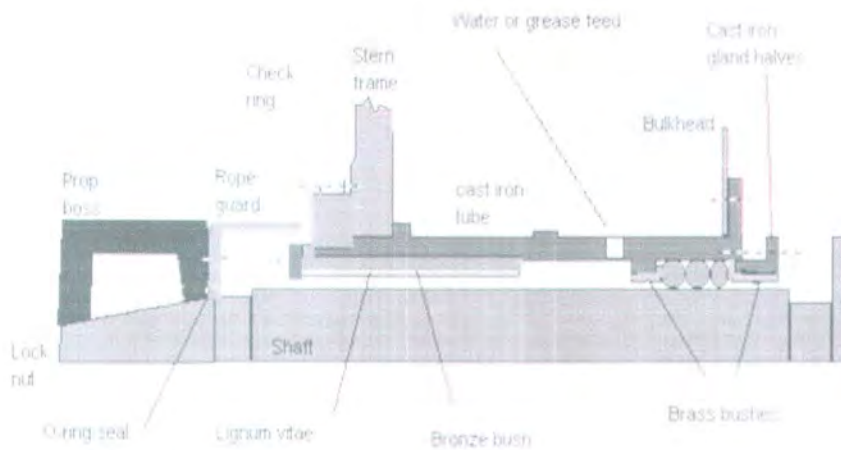
Gbr. 1. Penampang melintang sea water lubricating bearing

2.1.2. Pelumasan minyak.

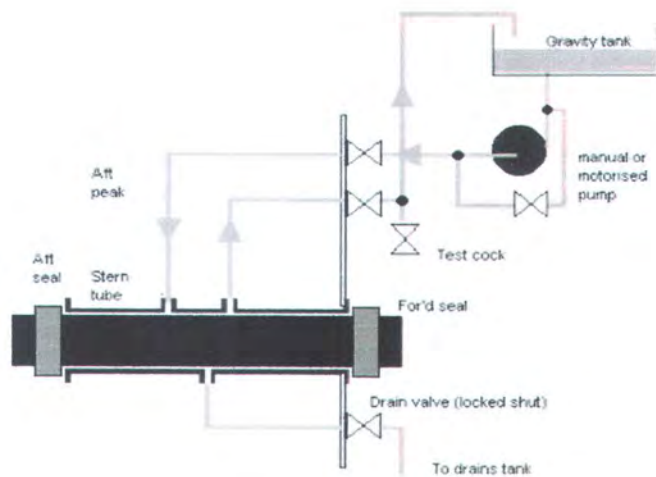
Tidak seperti pada pelumasan air laut, pada pelumasan minyak, *shaft liner* tidak lagi dibutuhkan. Secara umum, hanya sedikit *shaft liner* kecil dipasang di bagian belakang sebagai tempat untuk menempelkan *seal* pada *propeller boss*. Dengan dipasangkannya *seal* akan berguna untuk membatasi masuknya air laut ke dalam *stern tube*, sehingga pelumasan hanya dilakukan oleh minyak pelumas.

Bearing berguna untuk menahan gesekan atau beban puntir dari poros sehingga tidak merusak poros. *Bearing* terbuat dari bahan *white metal*. Bahan plastik yang kaku dapat juga digunakan untuk menggantikan *white metal*, selain itu untuk bantalan juga dapat digunakan bahan dari keramik.

Sistem pelumasan yang dipasang harus dapat mempertahankan viskositas dari minyak pelumas pada kondisi temperature yang berbeda-beda. *Grafiti tank* diletakkan dilengkapi dengan *low level alarm* untuk mengalirkan minyak secara gravitasi ke seluruh *stern tube* dan melumasi poros. Sistem pelumasan ini bergantung pada beban sisa pada *stern tube* untuk dilakukan pengukuran tekanan dilakukan untuk memastikan bahwa tidak ada saluran yang tersumbat. Hal ini dilakukan dengan memanipulasi katup pada tangki yang terletak diatas dan operasi pompa dengan sedikit kelebihan tekanan. Jika pelumas kembali ke tangki menandakan bahwa jalur minyak telah bersih. Jalur pipa pelumas harus betul-betul dijaga dalam keadaan bersih (tidak tersumbat) agar minyak pelumas dapat bergerak secara gravitasi dan melumasi poros.



Gbr. 2. Penampang memanjang Oily lubricating stern tube



Gbr.3. Skema pelumasan Oily lubricating stern tube

Pada kapal dengan perubahan yang besar pada draft, pada umumnya digunakan dua *gravity tank*. *Upper tank* digunakan pada saat muatan penuh atau ketika terdapat rembesan air laut.

2.2. PERAWATAN SISTEM POROS.

Perawatan sistem poros baling-baling secara berkala dilakukan oleh pihak pemilik kapal. Namun secara kontinyu kelas(Biro Klasifikasi Indonesia) telah menentukan periode survey pencabutan poros. Yaitu setiap tiga tahun untuk sistim poros tunggal dan setiap empat tahun sekali untuk sistem poros jamak. Pada periode tertentu dan setelah melakukan pemeriksaan dan pengukuran, maka beberapa komponen dari system ini harus direpair atau bahkan diganti dengan komponen yang baru sesuai dengan tingkat kerusakannya.

2. 3. KEANDALAN SISTEM.

Salah satu hal yang menjadi pertimbangan khusus didalam mendisain sebuah sistem permesinan atau konstruksi teknis lainnya ialah kerusakan komponen yang terdapat didalamnya. Kerusakan pada komponen yang bekerja pada sebuah sistem dapat menyebabkan penurunan output dari sistem tersebut atau bahkan dapat menyebabkan kerusakan besar sehingga sistem tidak dapat bekerja sama sekali. Para disainer dan engineer memperhitungkan berbagai kerusakan yang mungkin terjadi dan memperkirakan waktu kerusakan. Perkiraan ini berguna untuk dilakukan langkah prefentif pencegahan dengan cara maintenance and repair sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

Ilmu keandalan (*Reliability*) adalah sebuah cabang ilmu yang telah berkembang sejak lama, namun penerapan teori keandalan sebagai salah satu cabang ilmu teknik baru digunakan setelah Perang Dunia I dengan menerapkannya pada pemeliharaan beberapa pesawat tempur Amerika dengan menterjemahkan tingkat keandalan komponen sebagai jumlah kerusakan per jam terbang pesawat.

Setelah Perang Dunia ke II ilmu keandalan semakin banyak digunakan seiring dengan perkembangan dunia industri yang memproduksi berbagai macam peralatan teknis. Perkembangan evaluasi tingkat keandalan sebuah sistem awalnya berkembang sebagai efek dari seringnya terjadi kecelakaan-kecelakaan besar yang menelan kerugian materi dan korban jiwa. Hal ini menimbulkan tekanan yang cukup besar untuk melakukan penilaian tingkat keandalan, keselamatan, dan segala resiko berbahaya yang mungkin terjadi secara objektif.

Keandalan ialah sebuah konsep umum yang direpresentasikan dengan model perumusan matematis.²Keandalan dapat didefinisikan sebagai; ”*probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan, pada kondisi pengoperasian dan kondisi lingkungan tertentu, untuk periode waktu yang telah ditentukan* Fungsi reliability didefinisikan sebagai :

- a. Probabilitas
- b. Waktu
- c. Kinerja komponen yang memadai
- d. Kondisi kerja

Studi tentang keandalan sistem dewasa ini semakin banyak dikembangkan dalam berbagai bidang. Penyempurnaan-penyempurnaan dilakukan disana sini sehingga ilmu keandalan menjadi salah satu cabang ilmu engineering yang berkembang cukup pesat. Hal ini ditambah dengan pentingnya analisa keandalan sehingga dapat meminimalisir kerugian harta atau nyawa akibat kecelakaan yang mungkin dapat terjadi. Teknologi keandalan memiliki bidang aplikasi yang cukup luas. Teknologi keandalan dapat digunakan antara lain untuk :

²Arnlojt Hoyland and Marvin Rausand, 1977

1. Safety risk analysis
2. Environmental protection.
3. Pengendalian kualitas.
4. Optimasi maintenance dan operasional.
5. Engineering design, dan lain-lain.

Keandalan dalam kinerja suatu sistem digunakan untuk memenuhi fungsi yang diharapkan. Apabila terjadi suatu sistem yang berhenti ataupun peralatan komunikasi dalam keadaan mati, maka sistem tersebut dapat dikatakan rusak. Selain itu sangat penting untuk bentuk lain dari kerusakan, seperti kemunduran kinerja atau fungsi yang tidak stabil. Misalnya suatu mesin tidak dapat bekerja dengan baik yang mengakibatkan operasi tersendat-sendat serta pada mesin produksi yang hasilnya diluar batas toleransi. Akhirnya variabel yang sangat penting dan berpengaruh terhadap keandalan adalah waktu, sehingga bisa dikatakan keandalan merupakan fungsi dari waktu.

Suatu mesin bisa dikatakan handal bila mesin tersebut dapat berfungsi dengan baik. Misalnya : V menyatakan *state* dari alat.

$V = 1$, alat berfungsi dengan baik.

$V = 0$, alat tidak berfungsi dengan baik.

Keadaan *state* dari keandalan merupakan proses stokastik, sehingga jika keandalan bernilai = 1 adalah mesin dalam kondisi baik, jika keandalan = 0 adalah mesin dalam kondisi rusak. Karena keandalan merupakan suatu proses probabilitas maka harga keandalan \propto nilainya : $0 \leq a \leq 1$

2.4. FUNGSI KEANDALAN

Fungsi keandalan dinotasikan dengan R , yaitu merupakan range nilai dimana

Jika : $R = 1$: Sistem dapat bekerja dengan baik

$R = 0$: Sistem tidak dapat bekerja dengan baik

$R = 0,8$: a) Peluang sistem dapat bekerja dengan baik 0,8

b) Peluang sistem tidak dapat bekerja dengan baik 0,2

Keandalan suatu sistem merupakan ukuran peluang yang merupakan fungsi dari waktu, sehingga untuk mengetahui keandalan sistem tersebut diperlukan suatu fungsi yang disebut fungsi keandalan. Fungsi keandalan merupakan hubungan antara keandalan dan waktu sehingga untuk menghitung keandalan diperlukan notasi $R(t)$:³

$R(t)$: Peluang sistem dapat beroperasi dengan baik selama pemakaian $(0,t)$

$R(t) = P(X(t)) = 1$ (alat dapat berfungsi)

$R(t) = P [T > t]$

$R(t) = 1 - P [T \leq t]$

$R(t) = 1 - F_T(t)$

$F_T(t)$ = fungsi distribusi kerusakan yang merupakan fungsi waktu atau ketidakandalan (*Failure*). Jadi fungsi keandalan merupakan komplemen dari fungsi distribusi kumulatif *life time* sistem tersebut. Sedangkan fungsi kerapatan $f_T(t)$ adalah turunan dari $F_T(t)$:

³ Arnljot Hoyland and Marvin Rausand 1994

$$\text{Maka : } f_r(t) = \frac{dFT(t)}{dt}$$

$$f(t) = \frac{d(1 - R(t))}{dt}$$

$$f(t) = -\frac{dR(t)}{dt}$$

$$\text{Didapat : } d(1 - R(t)) = f_T(t) dt$$

Jika masing-masing diintegrasikan terhadap t dari 0 sampai dengan t :

$$\int_0^t d(1 - R(t)) = \int_0^t f_T(t) dt$$

$$1 - R(t) = \int_0^t f_T(t) dt$$

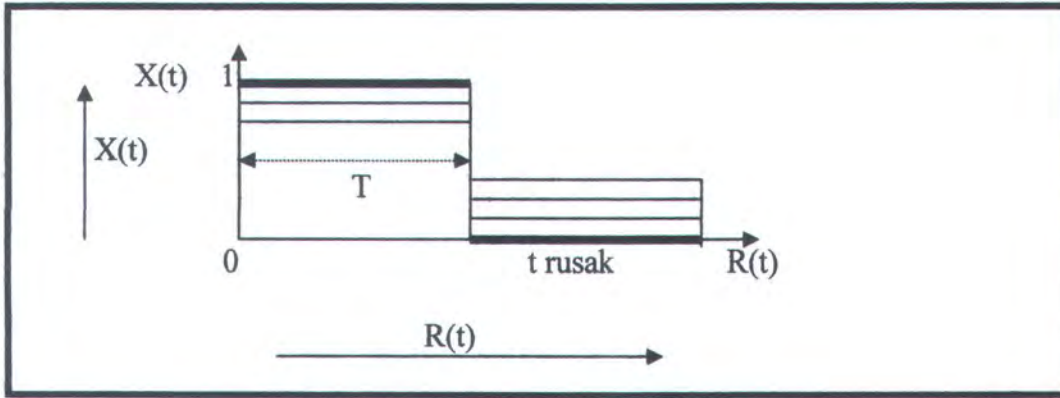
$$R(t) = 1 - \int_0^t f_T(t) dt$$

Sehingga :

$$R(t) = \int_0^{\infty} f_T(x) dx$$

Maka : $R(0) = 1$ alat pada t 0 (keadaan baru).

$R(\infty) = 0$ alat pada t ∞ (keadaan rusak).



Gbr. 4. Keandalan Sebagai Fungsi Waktu

2.5. MEAN TIME TO FAILURE (MTTF)

Keandalan dapat dinyatakan dalam angka ekspektasi masa pakai yang dinotasikan dengan $E(t)$ dan sering di sebut dengan rata-rata waktu kerusakan atau *Mean Time To Failure* (MTTF), yang hanya digunakan pada komponen yang sekali mengalami kerusakan maka harus di ganti dengan komponen yang baru dan baik.

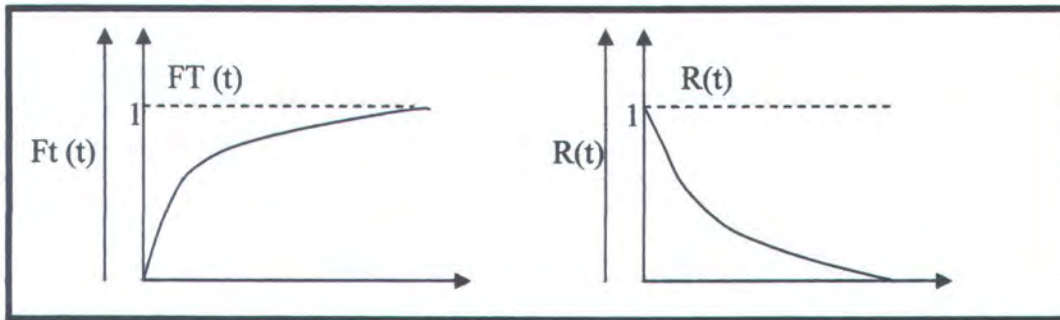
Rata-rata antar kerusakan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E(t) &= \int_0^{\infty} t f(t) dt \\
 &= \int_0^{\infty} dF(t) \\
 &= \int_0^{\infty} t \cdot d[1 - R(t)] \\
 &= \int_0^{\infty} t \cdot dR(t) \\
 &= \int_0^{\infty} t \cdot R(t) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t)
 \end{aligned}$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

Grafik fungsi distribusi kerusakan dan distribusi keandalan adalah sebagai berikut

:



Gbr.5. Kurva Distribusi Kerusakan dan Keandalan

2.5.1. Laju Kerusakan.

Laju kerusakan menyatakan banyaknya kerusakan yang terjadi tiap satuan waktu⁴.

Laju kerusakan dinyatakan dalam $\lambda(t)$, hubungan $R(t)$ dengan α adalah:

$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(x) dx\right)$$

Laju kerusakan diatas lebih dikenal sebagai fungsi kerusakan atau *hazard function*, $h(t)$ dan $\int_0^t h(t) = H(t)$ disebut *integrated Hazard Function*, sehingga

$R(t)$ bisa ditulis :

$$R(t) = \exp(-H(t))$$

Failure rate juga dapat ditulis :

⁴ Alkaff, 1992

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(T \leq t + \Delta t / T > t)}{\Delta t}$$

Dengan pendekatan dapat juga ditulis :

$$\lambda(t)\Delta t \approx P(T \leq t + \Delta t / T > t)$$

$\lambda(t)\Delta t$ Menyatakan peluang komponen yang sampai saat t belum rusak dan rusak paling lambat Δt lagi.

2.5.2. Distribusi Kerusakan.

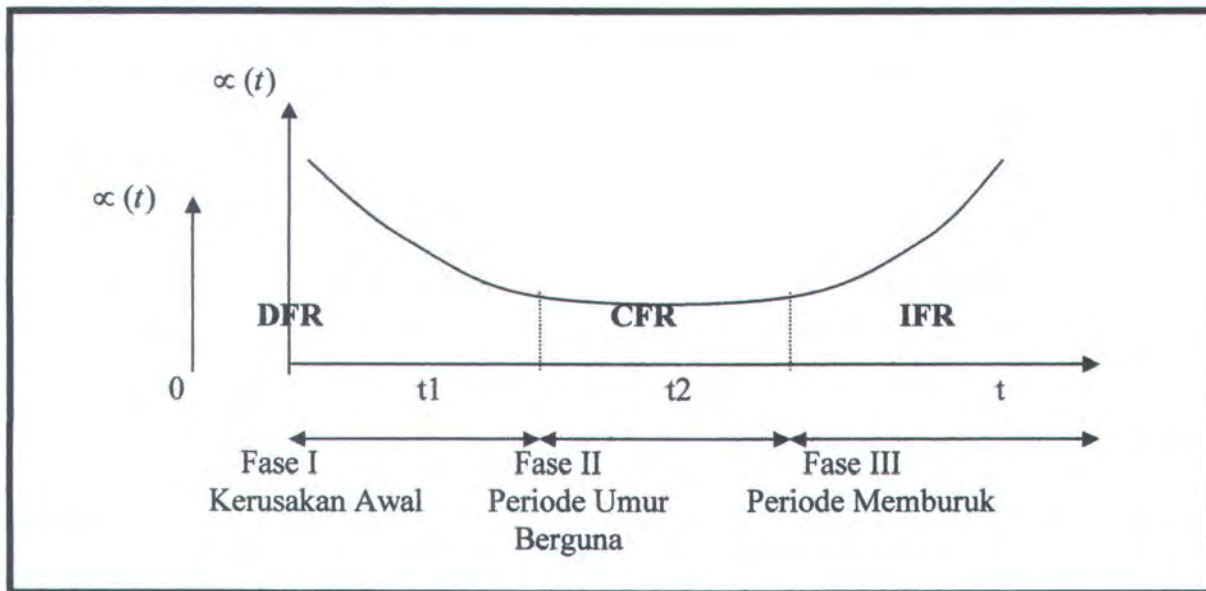
Kerusakan suatu mesin mempunyai pola tertentu sesuai dengan periode waktu beroperasi. Gambaran laju kerusakan suatu komponen adalah sebagai berikut :

1. Pada periode 0 sampai t_1 (awal mulanya mesin bekerja), kurva menunjukkan bahwa laju kerusakan rendah dengan bertambahnya waktu atau dinamakan *Decreasing Failure Rate* (DFR). Kerusakan pada periode ini disebabkan pengendalian kualitas dari produk atau komponen kurang sempurna, perancangan yang kurang baik serta proses pembuatan produk yang tidak menghasilkan mutu yang sering menjadi penyebab kerusakan awal (Fase I) ini.
2. Pada periode t_1 sampai dengan t_2 laju kerusakan yang terjadi konstan atau tetap sehingga dinamakan *Constant Failure Rate* (CFR). Pada periode ini bisa dikenal dengan *Useful Life Period*. Keadaan bersifat *random* yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan bekerjanya komponen tersebut. Pada periode ini merupakan periode pemakaian

yang normal dan dikarakteristikan secara pendekatan dengan jumlah kerusakan yang konstan tiap satuan waktu.

3. Pada periode setelah t_2 menunjukkan laju kerusakan dengan bertambahnya waktu yang dinamakan *Increasing Failure Rate (IFR)*. Hal ini dikarenakan proses keausan komponen sangat tinggi.

Untuk lebih jelasnya, maka dapat kita lihat pada gambaran kurva dibawah ini



Gbr.6. Kurva Bathup

2.5.3. Pendugaan Distribusi dan Parameter Keandalan.

Parameter keandalan dapat diperkirakan dengan beberapa cara. Dalam hal ini dipergunakan pengumpulan data kerusakan sistem, mesin, atau suku cadang, kemudian dicari parameter dengan metoda *parametrik* dan *non parametrik*.

Dalam metode *non parametrik*, data dari suatu tes langsung diplot tanpa dicoba dengan kecocokannya dengan menggunakan distribusi statistik.

Metoda *parametrik*, lebih disukai karena metoda ini mencocokkan data keandalan dengan beberapa distribusi statistik. Untuk menyatakan distribusi

kerusakan, yang pertama dilakukan adalah menentukan distribusi yang digunakan kemudian menentukan parameternya.

Data waktu antar kerusakan dan lama perbaikan dikumpulkan kemudian dicari distribusinya. Pola distribusi ini dibandingkan dengan pola distribusi yang ada, serta aplikasi dari penggunaan distribusi tersebut.

Adapun cara untuk memilih distribusi kontinyu adalah dengan metode *heuristik point statistik*. Sebagai pendugaan awal metode ini menggunakan koefisien varians.

Dikatakan $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ adalah data hasil pengamatan yang bersifat identik dan *independen*, maka taksiran koefisien varians adalah perbandingan *standart deviasi* dengan *mean sampel*.

$$\delta = \frac{S}{\bar{x}}$$

$$\text{Dimana : } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{N}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (\text{Bila data } \leq 30)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (\text{Bila data } > 30)$$

Kriteria-kriteria koefisien variansi adalah sebagai berikut :

$\delta = 1$: Data berdistribusi *eksponensial*

$\delta < 1$: Data berdistribusi *gamma* atau *Weibull* dengan $\alpha > 1$

$\delta > 1$: Data berdistribusi *gamma* atau *Weibull* dengan $\alpha < 1$

Beberapa distribusi *normal*, *log normal*, *uniform* mempunyai kesulitan jika menggunakan metode ini. Sebab jika $mean = 0$, data tidak tergambar dengan baik untuk nilai δ . Pada pembahasan nanti δ hanya digunakan sebagai pendugaan awal distribusi.

Langkah setelah distribusi diketahui adalah menduga parameternya. Beberapa *parameter* distribusi data adalah :

1. *Parameter* lokasi (γ) menyatakan titik lokasi pada sumbu absisi (*horizontal*) dari harga *interval* distribusi, merupakan titik tengah dari *interval*. Bila γ berubah, maka harganya berubah.
2. *Parameter* skala (β) menyatakan skala pengukuran dari nilai-nilai dalam *range* distribusi. Perubahan β akan mengakibatkan perubahan dari nilai-nilai dalam *range* distribusi. Perubahan β akan mengakibatkan perubahan bentuk dasar distribusi.

3. *Parameter* bentuk (α) menentukan perbedaan lokasi dan skala distribusi

Disini digunakan perangkat lunak *statgraph* yang dapat dengan cepat menduga parameter-parameter distribusi suatu data.



2.6. TINGKAT KEANDALAN ALAT.

Tingkat keandalan alat dapat dihitung dengan menggunakan Uji Hipotesa Distriusi Data (*Test Goodness Of Fit*). Terdapat dua macam *Test Goodness Of*

Fit, yaitu *Chi-Square* (untuk distribusi data yang bersifat diskrit) dan uji *Kolmogorov-Smirnof* (untuk distribusi data yang bersifat kontinue). Dalam analisa keandalan distribusi yang sering digunakan yaitu distribusi *eksponensial*, distribusi *normal* dan distribusi *Weibull*.

1. *Distribusi Eksponensial*

⁵Distribusi eksponensial digunakan untuk mengukur laju kerusakan

Fungsi kepadatannya, dimana : $\lambda = \text{Parameter waktu}$ dan $t = \text{waktu}$, dengan $t \geq 0$ dan $\lambda > 0$.

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}$$

Sedangkan fungsi Kumulatifnya :

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Fungsi Keandalannya :

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$R(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})$$

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

Laju Kerusakannya atau *Hazard Function* :

$$\lambda(t) = \frac{R'(t)}{R(t)} = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}}$$

$\lambda = \text{Parameter}$

$$\lambda(t) = \lambda$$

⁵ *Arnljot Hoyland and Marvin Rausand, 1994*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

2. Distribusi Normal

Distribusi ini digunakan untuk menunjukkan laju kerusakan alat yang terus meningkat.

Fungsi Kepadatannya :

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \right) dt$$

Atau dengan bantuan Tabel *Normal* dinyatakan :

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

Sedangkan Keandalannya :

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} \exp\left[-\frac{(tp-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$$

$$\text{Atau : } R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

Laju Kerusakan adalah atau *Hazard Function* :

$$\lambda(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \left(1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-1}$$

$$MTTF = \mu$$

3. Distribusi Weibull

Sering digunakan dalam perhitungan keandalan dengan adanya parameter-parameter. Dalam distribusi *weibull* bentuk-bentuk perilaku kerusakan dapat lebih mudah dimodelkan.

Fungsi Kepadatannya :

$$f(t) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right]$$

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

Laju Kerusakan :

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

$$\lambda(t) = \alpha \beta^{-\alpha} t^{\alpha-1}$$

Untuk : $\alpha =$ Shape parameter, $\alpha > 0$

$\beta =$ Scale parameter, $\beta > 0$

$$t \geq 0$$

Fungsi Kumulatif Kerusakannya adalah :

$$F(t) = \int_0^t 1 - F(t)$$

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right]$$

Harga Keandalannya adalah :

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right)$$

Dengan mengintegalkan keandalan antara 0 sampai ∞ maka didapatkan :

$$MTTF = \beta \tau \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$$

dimana :

$$\tau(n) = \int_0^{\infty} x^{n-1} e^{-x} dx$$

2.7. PENENTUAN INTERVAL WAKTU PEMERIKSAAN OPTIMUM.

Maintenance atau perawatan ialah serangkaian kegiatan yang dilakukan terhadap komponen-komponen dari sebuah sistem guna menjaga performa komponen agar dapat terus beroperasi dan menghasilkan produksi seperti yang diharapkan. Sebagai sebuah wahana teknis yang terdiri dari berbagai sistem di dalamnya, maka permesinan dan komponen-komponen yang ada juga wajib untuk dimaintenance agar dapat berfungsi dengan baik dan mendukung operasional kapal.

⁶Melaksanakan proses *maintenance* dari sebuah kapal dapat dilakukan dengan berbagai metode. Namun ada beberapa permasalahan mendasar yang menjadi pertimbangan-pertimbangan khusus. antara lain :

- Interval waktu overhaul peralatan yang harus dilakukan.
- Kapan dan berapa lama jumlah waktu *breakdown* pada saat melakukan *maintenance*.
- Peraturan *replacement* komponen yang harus dipenuhi.
- Peraturan *replacement* untuk komponen-komponen besar yang harus dipenuhi (berhubungan dengan perkembangan teknologi).
- Modifikasi peralatan yang mungkin dapat dilakukan untuk lebih mengoptimalkan kinerja peralatan yang ada.
- Pertimbangan dari segi kandalan sistem.
- Jumlah sumber daya manusia yang tersedia untuk melakukan proses *maintenance*.
- Komposisi peralatan pendukung untuk melakukan proses *maintenance*.
- *Spare part* yang tersedia.
- Jumlah inspeksi dalam satu satuan waktu.
- Seberapa dalam inspeksi yang harus dilakukan.

Pada penelitian kali ini, akan lebih dititikberatkan pada permasalahan inspeksi yang dilakukan dalam sebuah proses *maintenance*. Difokuskan pada penentuan jumlah inspeksi optimum dalam suatu interval waktu tertentu. Selain dari pertimbangan ekonomis, penelitian kali ini juga akan membahas mengenai pertimbangan keandalan sistem dan komponen-komponen yang ada didalamnya,

⁶ A.K.S. Jardine, 1973

sehingga diharapkan inspeksi dilakukan pada waktu yang tepat sebelum tingkat keandalan komponen sudah dibawah nilai yang diijinkan.

Inspeksi atau pemeriksaan terhadap komponen-komponen di dalam sebuah sistem adalah salah satu bagian terpenting dari rangkaian manajemen perawatan. Inspeksi dilakukan dengan berbagai metode dan interval waktu tertentu sesuai dengan kebutuhan dan analisa tingkat keandalan dari komponen yang akan dinspeksi. Dengan inspeksi yang rutin, maka dapat dideteksi kondisi dari komponen apakah dalam keadaan layak pakai atau harus dilakukan maintenance atau bahkan perlu dilakukan penggantian (*replacement*). Pada perawatan kapal, inpeksi atau survey dilakukan secara berkala berdasarkan ketentuan yang dikeluarkan oleh Biro Klasifikasi. Selain inspeksi rutin yang dilakukan oleh Biro Klasifikasi, inspeksi juga dapat dilakukan oleh pihak owner sebagai salah satu langkah prefentif didalam proses perawatan kapal.

2.7.1. Inspeksi Poros .

Tujuan utama dari proses inspeksi adalah untuk memperkirakan kondisi dari peralatan yang diinspeksi. Perkiraan kondisi ini dapat dilakukan dengan mengacu pada beberapa indikator seperti kondisi bantalan poros, seal, mengecek keretakan yang terjadi dan mengukur diameter dari poros. Inspeksi dilakukan untuk memperkirakan akibat yang akan timbul dari kondisi komponen-komponen tersebut, sehingga untuk itu perlu dilakukan perawatan atau penggantian komponen. Dengan adanya inspeksi, maka kerusakan-kerusakan kecil dapat dideteksi sejak dini serta dapat segera diperbaiki,

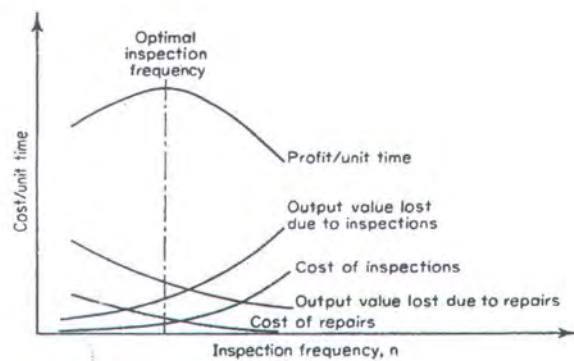
sehingga terhindar dari kerusakan mayor yang mungkin saja terjadi dan dapat menyebabkan pengeluaran biaya yang jauh lebih besar.

Permasalahan utama yang timbul dalam proses inspeksi adalah bagaimana cara membuat sebuah jadwal inspeksi yang tepat pada sebuah system, dalam hal ini sistem poros baling-baling kapal. Penentuan jadwal inspeksi berkaitan erat dengan cost yang harus dikeluarkan oleh pihak owner. Proses inspeksi yang mendalam pada sistem poros baling-baling dapat dilakukan hanya jika poros dicabut dan komponen-komponen yang ada didalamnya dibuka. Proses pencabutan poros mengharuskan kapal untuk docking, hal ini memerlukan breakdown time yang cukup lama dan menyebabkan berhentinya operasi kapal sehingga mengurangi keuntungan bagi pihak owner. Selain itu diperlukan juga biaya tersendiri untuk melaksanakan proses inspeksi.

2.7.2. Frekuensi Optimal Inspeksi.

Setelah pemakaian yang cukup lama dan melewati umur pakai dari sebuah peralatan, maka peralatan tersebut akan mengalami kerusakan. Hal ini membutuhkan perbaikan atau proses penggantian komponen. Selama waktu perawatan dan penggantian komponen kapal tidak dapat beroperasi, sehingga terjadi penurunan keuntungan bagi pihak owner. Dalam rangka meminimalisir jumlah waktu breakdown, maka proses inspeksi terhadap komponen dapat dilakukan secara berkala sehingga dapat memperbaiki kerusakan-kerusakan kecil sehingga tidak menyebabkan kerusakan besar yang memerlukan waktu breakdown cukup lama.

Frekuensi Inspeksi dikatakan optimum jika terdapat keseimbangan antara jumlah inspeksi dan nilai keuntungan yang diperoleh jika kapal beroperasi secara penuh. Namun Inspeksi dilakukan tentunya tidak hanya dari segi pertimbangan ekonomis saja, namun juga harus memperhatikan kondisi teknis dari peralatan-peralatan yang akan disurvey. Gambaran dari inspeksi optimal dapat dilihat pada diagram dibawah ini :



Gbr.7. Diagram frekuensi optimal pemeriksaan

Untuk menentukan frekuensi atau interval waktu optimum sebuah inspeksi dapat dilakukan dengan pendekatan matematis. Ada dua cara yang dapat dilakukan, yaitu :

Memaksimalkan profit

Jumlah inspeksi optimal dihitung dapat dihitung dengan rumus matematis dengan pendekatan memaksimalkan keuntungan. Keuntungan yang dimaksud dalam hal ini ialah dengan cara meminimalisir jumlah waktu breakdown sehingga jumlah waktu operasi kapal lebih besar, yang otomatis akan berpengaruh pada keuntungan yang diterima pihak owner.

Untuk dapat menentukan Jumlah inspeksi optimum per satuan waktu, maka dibutuhkan data-data sebagai berikut :

1. Kesalahan peralatan terjadi berdasarkan pada distribusi eksponensial negatif dengan waktu kesalahan rata-rata (MTTF) = $1/\lambda$, dimana λ adalah rata-rata tingkat terjadinya kesalahan. (Sebagai contoh, jika MTTF = 0,5 tahun, maka angka rata-rata kesalahan per tahun = $1 / 0,5 = 2$, dengan demikian $\lambda = 2$).
2. Waktu perbaikan didistribusikan sebagai eksponen negatif dengan waktu rata-rata $1/\mu$.
3. Kebijakan inspeksi adalah dengan melaksanakan inspeksi sebanyak n per unit waktu. Waktu inspeksi didistribusikan sebagai eksponen negatif dengan waktu rata-rata $1/i$.
4. Nilai dari output didalam sebuah unit waktu yang tak terpakai merupakan nilai profit V (seperti halnya, pada harga penjualan suatu barang dengan biaya material yang lebih murah, maka biaya produksinya juga lebih murah). Yaitu bahwa, V merupakan nilai profit / keuntungan jika tidak ada kerugian downtime.
5. Biaya rata-rata inspeksi per unit waktu yang tak terpakai disimbolkan dengan I .
6. Biaya rata-rata perbaikan per unit waktu yang tak terpakai disimbolkan dengan R . *Perhatikan* bahwa I dan R merupakan biaya-biaya yang akan dikeluarkan jika inspeksi atau perbaikan dilakukan pada suatu unit waktu. Pada biaya-biaya yang harus dikeluarkan tersebut, antara nilai I dan R harus seimbang.

7. Tingkat kerusakan dari peralatan, λ , merupakan suatu fungsi dari n , yang merupakan frekuensi inspeksi. Yaitu bahwa, kerusakan-kerusakan tersebut dapat juga dipengaruhi banyaknya inspeksi, oleh karenanya, $\lambda = \lambda(n)$

$\lambda(0)$ = tingkat kerusakan jika tidak ada inspeksi yang dilakukan.

$\lambda(1)$ = tingkat kerusakan jika dilakukan 1 kali inspeksi.

pengaruh dari pelaksanaan inspeksi adalah meningkatnya rata-rata waktu kesalahan dari peralatan yang bersangkutan.

8. Tujuannya adalah untuk memilih jumlah n untuk memaksimalkan keuntungan yang ingin didapatkan per unit waktu dari pengoperasian peralatan tersebut. Hubungan-hubungan dasar yang terjadi ditunjukkan pada gambar 5.2.

Besarnya keuntungan per unit waktu dari pengoperasian peralatan tersebut akan menjadi sebuah fungsi dari banyaknya inspeksi. Oleh karenanya, kita simbolkan keuntungan per unit waktu sebagai $P(n)$.

Yang akan ditentukan adalah pola inspeksi yang akan memberikan keseimbangan antara jumlah inspeksi dan hasil dari inspeksi yang dilakukan seperti keuntungan dari semakin tingginya jam operasional kapal. Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$P(n) = V - \frac{V\lambda(n)}{\mu} - \frac{V}{i} - R \frac{\lambda'(n)}{\mu} - \frac{I}{i}$$

Dimana :

$P(n)$: Nilai operasional kapal (output) per unit waktu jika tidak terkurangi akibat proses inspeksi dan repair.

⁷ A.K.S Jardine, 1973

- (-) Nilai output yang hilang karena repair per unit waktu
- (-) Nilai output yang hilang karena inspeksi per unit waktu
- (-) Biaya repair per unit waktu
- (-) Biaya inspeksi per unit time

Nilai Output yang hilang karena proses repair per unit waktu = Nilai output per satuan waktu yang tidak hilang x jumlah repair x waktu rata-rata repair = $(V\lambda(n)/\mu)$ Catatan : bahwa $\lambda(n)/\mu$ adalah proporsi dari unit waktu yang disediakan untuk pekerjaan repair

Nilai Output yang hilang karena inspeksi per unit waktu = Nilai output per unit waktu jika tidak berkurang karena inspeksi dan repair x Jumlah inspeksi per unit waktu x Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk repair (Vn/i)

Biaya repair per unit waktu = Biaya repair per waktu jika tidak hilang karena inspeksi dan repair x Jumlah repair per unit waktu x Waktu rata-rata repair $(R[\lambda(n)/\mu])$

Biaya inspeksi per unit waktu = Biaya repair per unit waktu jika tidak hilang karena inspeksi dan repair x Jumlah inspeksi per unit waktu x Waktu rata-rata inspeksi. $(I(n/i))$

Persamaan $P(n) = V - \frac{V\lambda(n)}{\mu} - \frac{V}{i} - R \frac{\lambda'(n)}{\mu} - \frac{I}{i}$ adalah model dari

permasalahan hubungan antara frekuensi inspeksi dengan keuntungan $P(n)$.

Untuk memperoleh perkiraan jawaban, maka diasumsikan $P(n)$ menjadi fungsi kontinu dari n , sehingga

$$\frac{dP(n)}{dn} = -\frac{V\lambda'(n)}{\mu} - \frac{V}{i} - R \frac{\lambda'(n)}{\mu} - \frac{I}{i}$$

Dimana $\lambda'(n) = d[\lambda(n)]/dn$

$$\text{Sehingga : } 0 = \frac{\lambda'(n)}{\mu}(V + R) + \frac{1}{i}(V + I)$$

$$\text{Maksimum } \lambda'(n) = -\frac{\mu}{i} \left(\frac{V + I}{V + R} \right)$$

Sejak nilai dari μ , i , V , R , I dan bentuk dari λn diketahui sebagai optimal frekuensi untuk memaksimalkan keuntungan per unit waktu adalah jika nilai n menyebabkan persamaan di kiri sama dengan persamaan di kanan.

Bila diasumsikan tingkat breakdown berbanding terbalik dengan jumlah inspeksi $\lambda(n) = -k/n$ di tulis sebagai : $\lambda'(n) = -k/n^2$. Jika nilai k dapat diinterpretasikan sebagai rata-rata breakdown per unit waktu ketika satu inspeksi dilakukan per unit waktu. Jika persamaan $\lambda'(n) = -k/n^2$

disubstitusikan pada persamaan $\lambda'(n) = -\frac{\mu}{i} \left(\frac{V + I}{V + R} \right)$, maka dapat dihitung

jumlah inspeksi optimal adalah

$$^8 n = \sqrt{\left[\frac{ik}{\mu} \right] \left(\frac{V + R}{V + I} \right)}$$

Meminimalisasi Down time

Tujuan dari metode ini ialah untuk memilih jumlah inspeksi (n) untuk meminimalisasi total downtime per unit waktu. Total downtime per unit waktu akan berupa fungsi dari frekuensi inspeksi, n , dilambangkan dengan $D(n)$.

Untuk itu

D_n = Downtime yang terjadi karena repair per unit waktu + Downtime yang terjadi karena inspeksi per unit waktu.

⁸ A.K.S Jardine 1973

$$Dn = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i}$$

Karena $\lambda'(n) = -k/n^2$, maka $D'(n) = -\frac{k}{n^2\mu} + \frac{1}{2}$ sehingga :

$$n = \frac{ki}{\mu}$$

n = Jumlah inspeksi per unit waktu.

2.8. FLOW CHART PERHITUNGAN.

Untuk menentukan interval waktu optimum digunakan proses perhitungan sebagai berikut :

Menghitung frekuensi :

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan frekuensi inspeksi. Atau Jumlah inspeksi dalam satu satuan waktu tertentu. Dengan pendekatan memaksimalkan output dan meminimalisir down time dari kapal.

Menentukan interval :

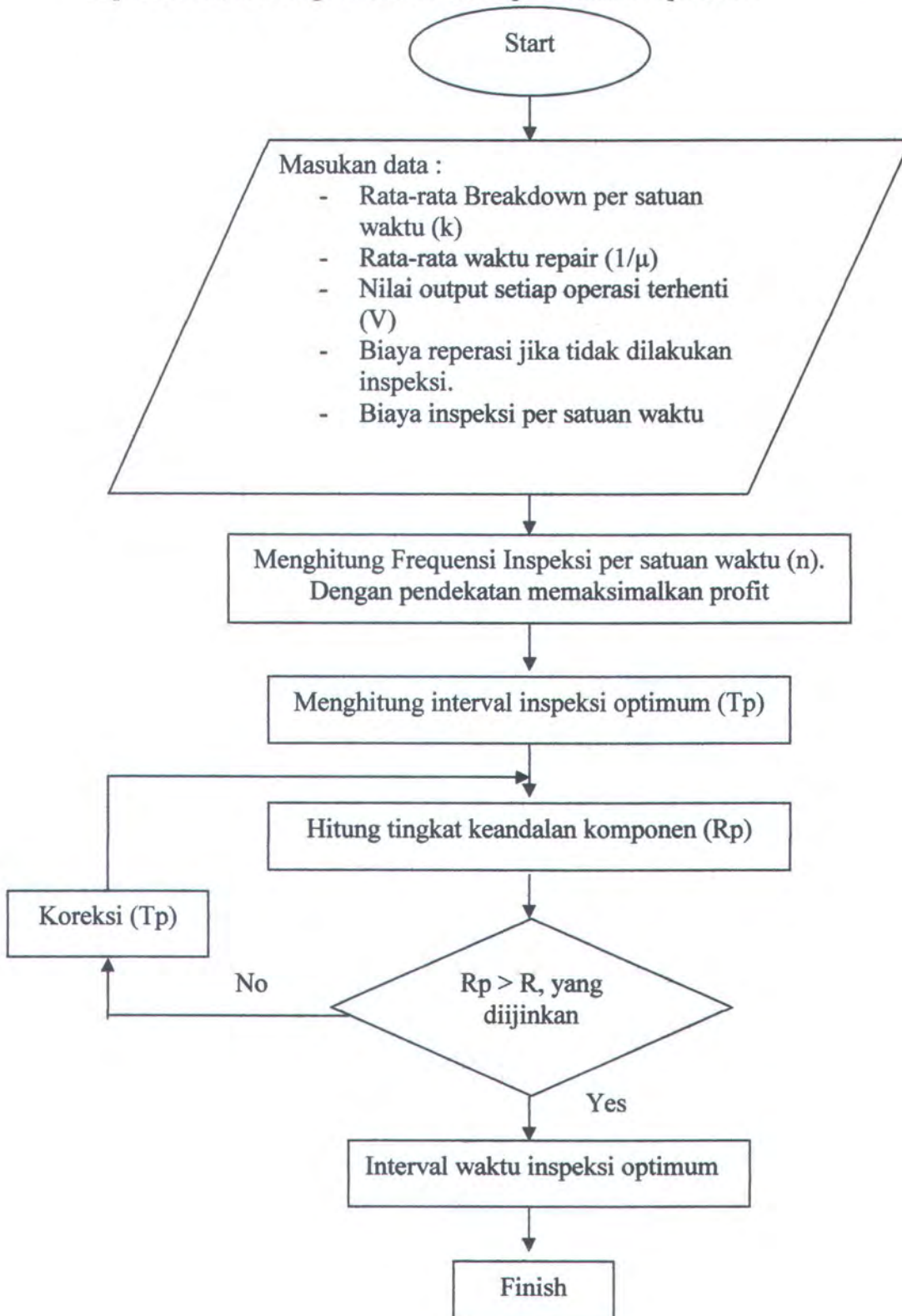
Setelah diketahui jumlah inspeksi yang ideal dalam satu satuan waktu tertentu, maka langkah selanjutnya ialah menentukan interval waktu inspeksi. (Tahunan, Bulanan, atau mingguan).

Menghitung tingkat keandalan :

Langkah selanjutnya ialah menghitung tingkat keandalan dari komponen-komponen dalam sistem. Pada interval waktu tersebut diatas (hasil perhitungan) apakah komponen-komponen yang ada masih dalam tingkat keandalan yang diijinkan ataukah tidak.

Menentukan interval waktu :

Jika hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada interval waktu tersebut tingkat keandalan komponen masih diatas nilai yang diijinkan, maka interval tersebut dapat dikatakan sebagai Interval waktu pemeriksaan optimum.





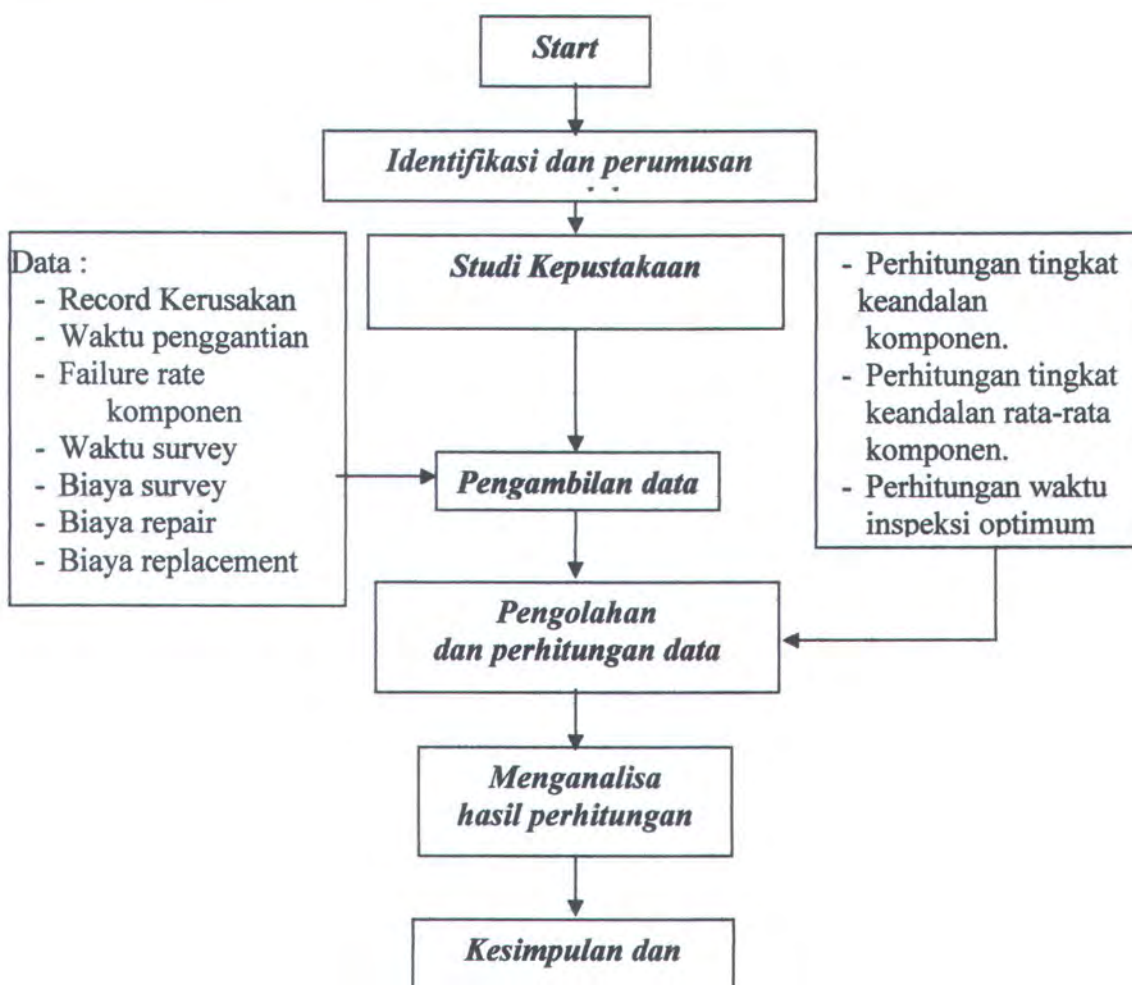
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan dengan pendekatan analisa teoritis mengenai tingkat keandalan komponen dari sebuah sistem serta manajemen perawatan dari sistem untuk memperoleh hasil berupa penentuan interval waktu optimum untuk melakukan inspeksi dari sebuah sistem poros baling-baling kapal.

Didalam pelaksanaan penelitian ini akan dilalui tahapan-tahapan penelitian yang dapat digambarkan pada flow diagram berikut ini :



Gbr. 8. Flow Chart pengerjaan Tugas Akhir

3.1. IDENTIFIKASI DAN PERUMUSAN MASALAH.

Pada tahapan ini dilakukan proses identifikasi terhadap permasalahan yang ada khususnya pada bidang manajemen perawatan kapal. Kekurangan-kekurangan yang terjadi di lapangan, kemungkinan penyelesaian yang dapat dilakukan, pendekatan dari segi teori, dan berbagai kemungkinan lain yang dapat diwujudkan dalam sebuah bentuk penelitian.

Diperoleh sebuah permasalahan mengenai penjadwalan waktu survey pencabutan poros baling-baling (*Inspeksi sitem poros baling-baling*) jika dibandingkan dengan kebijakan yang selama ini dilakukan yaitu mengikuti peraturan yang ditetapkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia. Permasalahan yang timbul adalah bagaimana menentukan interval waktu inspeksi yang optimum pada poros baling-baling dengan pendekatan penurunan tingkat keandalan dari komponen sistem poros yang berhubungan dengan jumlah jam operasional dari sebuah kapal.

3.2. STUDI KEPUSTAKAAN.

Tahap selanjutnya ialah melakukan studi literatur dengan tujuan merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan Tugas Akhir ini. Pada tahapan ini dikumpulkan materi-materi pendukung antara lain mengenai dasar-dasar teori keandalan. Persamaan-persamaan untuk menghitung waktu kerusakan (*Time to Failure/ TTF*) dari sebuah komponen hingga pada proses penentuan waktu rata-rata kerusakan komponen dalam sistem (*Mean Time to Failure/MTTF*).

Selain itu juga dilakukan studi literatur peraturan Biro Klasifikasi Indonesia mengenai pola perawatan dan survey terhadap sistem poros baling-baling kapal, definisi dari sistem poros, serta gambaran umum sistem poros baling-baling dari kapal. Salah satu bagian yang juga tidak kalah penting ialah mempelajari teori manajemen perawatan sistem, pola untuk menghitung jumlah frekuensi inspeksi optimal dari sebuah sistem dan pendekatan ekonomis lainnya yang memungkinkan untuk melakukan analisa terhadap permasalahan yang telah dirumuskan.

Sebagai tambahan, juga dilakukan browsing di internet untuk mencari informasi-informasi lain yang dapat mendukung dan lebih melengkapi pada proses penelitian tugas akhir ini.

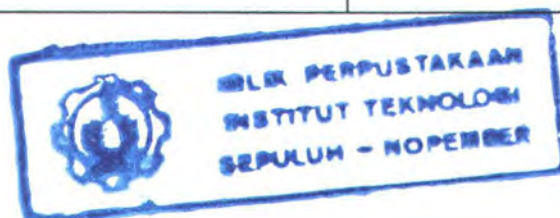
3.3. PENGUMPULAN DATA.

Untuk melakukan analisa terhadap permasalahan yang diangkat, diperlukan berbagai data pendukung yang diperoleh dari berbagai sumber antara lain perusahaan pelayaran, galangan kapal, dan Biro Klasifikasi Indonesia. Data yang dicari berupa data primer dan dapat disajikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1. Data yang dibutuhkan

No	Data	Diperoleh di	Keterangan
1	Record berbagai kerusakan komponen pada sistem poros baling-baling dan poros kemudi yang pernah terjadi	Ship owner	Untuk menghitung time to failure

2	Waktu penggantian komponen poros baling-baling dan poros kemudi yang telah dilakukan sebelumnya.	Ship owner	Untuk menghitung time to failure
3	Jumlah muatan	Ship owner	Untuk menghitung output value
4	Tarif muatan	Ship owner	Untuk menghitung output value
4.	Rute pelayaran	Ship owner	Untuk menghitung output value
3	Data inspeksi / survey yang pernah dilakukan sebelumnya	Ship owner	Untuk menghitung time to failure
4	Biaya Inspeksi / Survey	Kelas	Untuk menghitung frekuensi inspeksi optimum
5	Biaya penggantian komponen	Galangan	Untuk menghitung frekuensi



			inspeksi optimum
6	Biaya docking	Galangan	Untuk menghitung frekuensi inspeksi optimum

Pada proses pengambilan data primer ini ditemukan kendala antara lain :

- Pada umumnya perusahaan pelayaran tidak memiliki data record kerusakan yang diinginkan.
- Pola perawatan kapal pada perusahaan pelayaran sepenuhnya mengikuti rule Klasifikasi. Pada saat survey pencabutan poros, seluruh komponen diganti tanpa memperhatikan kondisi dari komponen (masih dalam keadaan baik ataupun sudah rusak). Hal ini dilakukan untuk meminimalisir resiko yang ditimbulkan. Dengan kebijakan seperti ini, maka menyulitkan untuk diambil data history record dari kerusakan komponen yang ada untuk menghitung time to failure dari komponen.
- Beberapa perusahaan menolak untuk dilakukan penelitian pada perusahaan tersebut.
- Beberapa data tarif pada galangan kapal bersifat rahasia dan tidak dapat dipublikasikan.

- Data tarif survey pada Biro Klasifikasi Indonesia bersifat Confidential, sehingga hanya diberikan garis besar penentuan tarif dari survey pencabutan poros baling-baling.

Oleh karena kendala-kendala yang dihadapi dalam proses pengumpulan data primer diatas, maka untuk proses analisa digunakan data sekunder berupa data reliability komponen-komponen dari sistem poros baling-baling yang dipublikasikan oleh *Reliability Analysis Center* di New York USA dalam bukunya : "*Nonelectronic Parts Reliability Data (1991)*" yang disusun oleh *William Denson, Greg Chandler, William Crowel, dan Rick Wanner*.

3.4. PENGOLAHAN DATA.

Setelah diperoleh data-data, langkah berikutnya ialah melakukan proses pengolahan data berupa perhitungan matematis untuk mengetahui tingkat keandalan komponen untuk menentukan interval waktu inspeksi serta pendekatan ekonomis untuk mengetahui jumlah frekuensi inspeksi yang optimum. Urutan proses pengolahan data dapat digambarkan pada diagram alir berikut ini :

➤ **Menghitung Frekuensi Inspeksi per satuan waktu.**

Berupa jumlah inspeksi yang optimum dalam satu satuan waktu. Perhitungan ini dapat diperoleh dari pengolahan data-data ekonomis seperti biaya inspeksi, biaya down time, serta output value yang hilang selama proses inspeksi dilakukan.

➤ **Menentukan interval waktu inspeksi optimum.**

Setelah diketahui frekuensi (jumlah) inspeksi yang optimum dalam suatu interval waktu tertentu, maka ditentukan interval inspeksi (jarak antara inspeksi yang satu dengan inspeksi yang lainnya).

➤ **Menyesuaikan dengan tingkat keandalan.**

Interval inspeksi yang tepat ialah jika inspeksi dilakukan sebelum tingkat keandalan komponen dibawah level yang diijinkan. Oleh karena itu diperlukan perhitungan tingkat keandalan dari tiap-tiap komponen sistem.

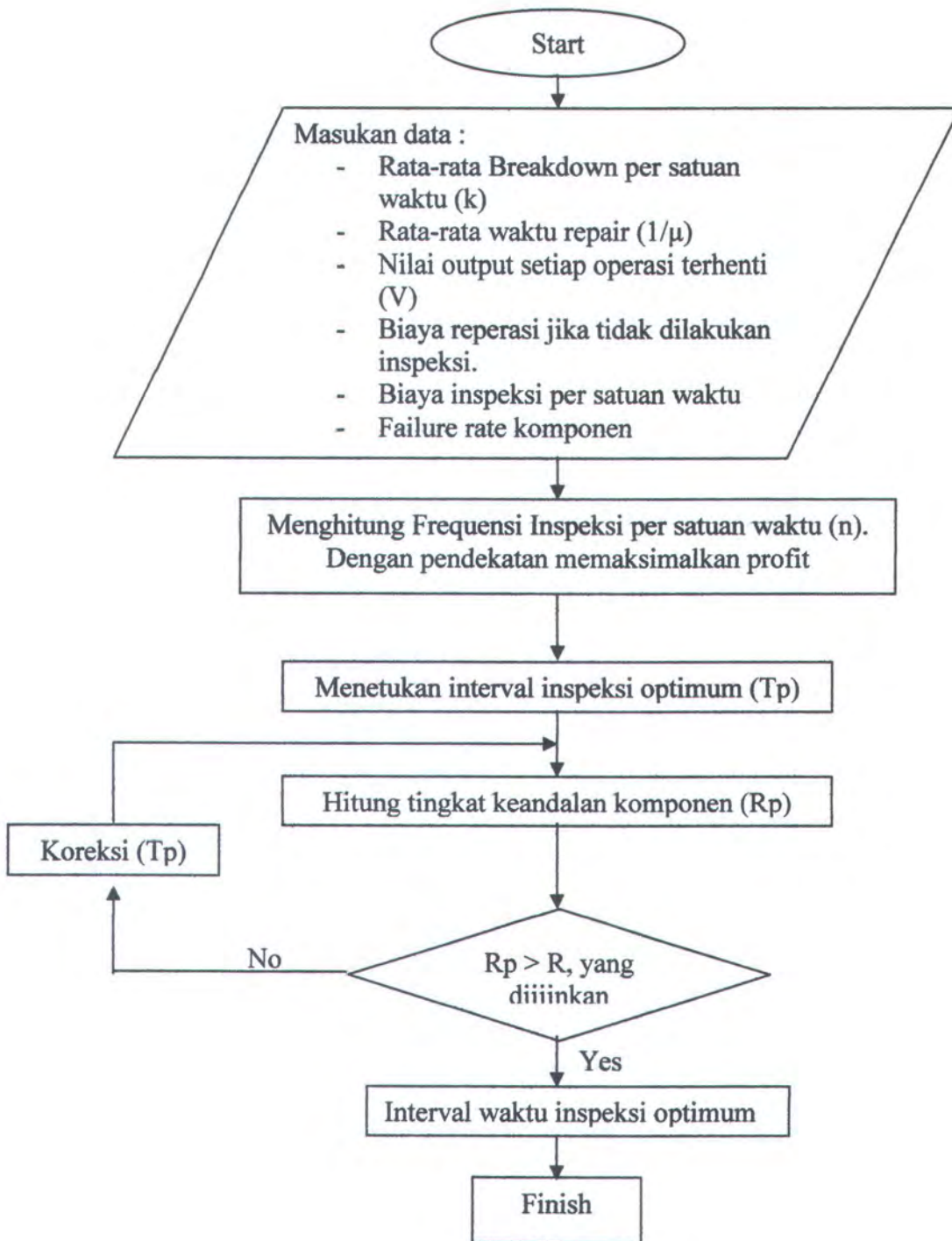
➤ **Koreksi hasil perhitungan.**

Jika penentuan interval tidak sesuai dengan tingkat keandalan komponen, maka dilakukan iterasi ulang untuk menentukan interval inspeksi.

➤ **Hasil analisa.**

Setelah interval yang ditentukan sesuai dengan tingkat keandalan, maka hasil tersebut dapat dinyatakan sebagai interval waktu inspeksi optimum.

Untuk lebih mempermudah perhitungan, maka akan dibuat sebuah program perhitungan dengan menggunakan fasilitas *Solver* pada Microsoft excel



Gbr. 9. Flow Chart perhitungan

3.5. ANALISA HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN.

Setelah proses perhitungan berakhir, maka langkah selanjutnya ialah menganalisa dan meinterpretasikan hasil perhitungan. Pada tahapan ini juga akan dibahas mengenai pola penerapan kebijakan penentuan interval inspeksi ini pada perusahaan-perusahaan pelayaran guna membangun sebuah manajemen perawatan kapal.

Agar proses analisa ini dapat lebih bermanfaat bagi masyarakat umum dan pihak pemilik kapal pada khususnya, maka akan dibuat sebuah program komputer (*Software*) pembantu yang dapat memudahkan dalam melakukan perhitungan interval inspeksi optimum.

Pembuatan program komputer pendukung, bertujuan untuk menerapkan proses analisa penentuan interval waktu inspeksi berdasarkan pendekatan teori keandalan secara lebih aplikatif dan dapat lebih mudah dimanfaatkan oleh berbagai pihak yang membutuhkan.

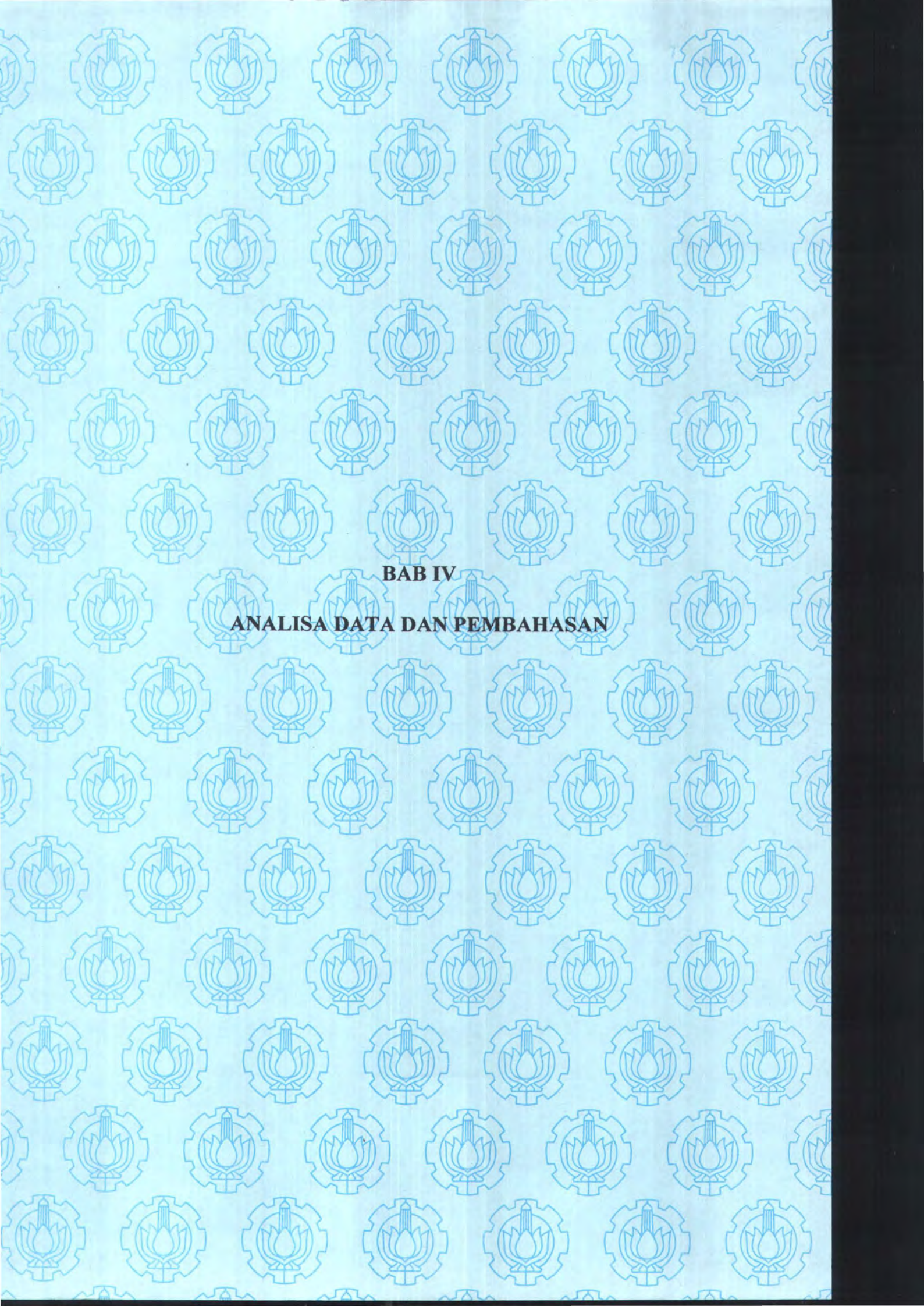
3.6. KESIMPULAN DAN SARAN.

Pada akhir pengerjaan Tugas Akhir ini akan ditarik kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang dilakukan. Kesimpulan yang dihasilkan merupakan jawaban dari permasalahan yang dibahas didalam penelitian ini, dan merupakan rangkuman dari proses penelitian dan pengolahan data yang dilakukan.

Pada akhir penyusunan Tugas akhir ini akan diberikan berbagai saran-saran mengenai proses dan hasil dari penelitian. Saran-saran tersebut dapat digunakan bagi pengembangan penelitian selanjutnya, maupun sebagai bantuan solusi bagi permasalahan yang ada.

Pengerjaan terdiri dari dua bagian besar, yaitu :

1. Menghitung tingkat keandalan komponen dan Time to Failure komponen sebagai konstrain utama didalam melaksanakan inspeksi.
2. Melakukan perhitungan optimasi dari penjadwalan interval waktu inspeksi untuk sistem poros baling-baling.



BAB IV
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Penelitian kali ini mencoba untuk menerapkan sebuah model perhitungan dan analisa untuk menentukan jumlah inspeksi dan interval waktu antar inspeksi yang optimum pada sistem poros baling-baling di kapal. Perhitungan yang dilakukan memakai salah satu contoh kapal dengan berbagai data teknis dan ekonomisnya.

Pada dasarnya pola perhitungan dan analisa ini dapat digunakan untuk menentukan pola inspeksi pada kapal-kapal lain dengan jenis dan ukuran serta data-data teknis yang berbeda. Sedikit perubahan pada pola perhitungan mungkin dapat dilakukan sesuai dengan karakteristik kapal dan jenis muatan beserta kondisi operasi dari kapal tersebut.

4.1. PERHITUNGAN JUMLAH INSPEKSI OPTIMUM DALAM SATU SATUAN WAKTU DENGAN METODE MEMAKSIMALKAN PROFIT.

Dalam melakukan perhitungan, maka diperlukan data-data sebagai berikut :

1. Nama Kapal.
2. Jenis Kapal
3. Jumlah mesin induk.
4. Daya mesin induk
5. Kecepatan dinas
6. Radius pelayaran

7. Tarif angkutan
8. Jumlah muatan
9. Waktu yang dibutuhkan untuk inspeksi.
10. Waktu yang dibutuhkan untuk repair
11. Jumlah downtime.
12. Time to Failure dari tiap-tiap komponen sistem poros baling-baling.
13. Biaya repair
14. Biaya inspeksi sistem poros
15. Pola operasi kapal.
- 16.

4.1.1. Data Kapal.

Dimisalkan sebuah kapal dengan data-data sebagai berikut :

- | | |
|---|----------------------------|
| 1. Nama Kapal. | : Caraka Jaya Niaga III-23 |
| 2. Jenis Kapal | : Container |
| 3. Route pelayaran | : Surabaya- Balikpapan |
| 4. Jumlah mesin induk. | : 1 |
| 5. Daya mesin induk | : 4500 HP |
| 6. Kecepatan dinas | : 12 Knots |
| 7. Tarif angkutan | : Rp. 7.500.000 / TEU |
| 8. Radius pelayaran | : 570 mil |
| 9. Jumlah muatan | : 100 Teus |
| 10. Waktu yang dibutuhkan untuk inspeksi. | : 48 Jam |
| 11. Waktu yang dibutuhkan untuk repair | : 72 jam |

12. Jumlah downtime. : 2

13. Failure rate dari masing-masing komponen yang ditinjau komponen sistem Poros baling-baling :

- Bearing : 1,2059
- Bush Bearing : 1,2060
- Seal : 1,4859
- tubung metal : 1,6452

(Nonelectronic Parts Reliability Data 1991, Reliability Analysis Center, Rome, NY).

4.1.2. Menghitung nilai penerimaan dari operasional kapal.

Didalam melakukan perhitungan penerimaan dari operasional kapal, maka terlebih dahulu dianalisa pola operasional kapal yang diterapkan oleh pihak Ship Owner. Salah satu model pola operasional kapal yang diterapkan adalah sebagai berikut :

- ❖ Availability time : 365 Days
- ❖ Breakdown time : 65 Days
- ❖ ***Operating time*** : ***300 Days***

Sailing days per trip : 3 Days

Waktu berlayar = 2 hari

Waktu bongkar muat = 1 hari

- ❖ Total Trip : 100 Trip

Penerimaan yang diperoleh per trip (V)

$V = \text{Tarif angkutan} \times \text{Jumlah muatan.}$

Jumlah muatan dalam satu trip tidak selalu penuh, oleh karena itu perlu dilakukan koreksi tingkat pemenuhan muatan dalam satu trip pelayaran kapal. Diasumsikan bahwa tingkat pemenuhan muatan pada kapal sebesar 70 % dari total jumlah muatan yang dapat dimuat. Sehingga jumlah Revenue (penerimaan) yang diperoleh oleh pihak pemilik setiap satu trip adalah :

$$\begin{aligned} V &= \text{Rp. } 7.500.000 \times (70 \% \times 100) \\ &= \text{Rp. } 7.500.000 \times 70 \\ &= \text{Rp. } 525.000.000 \end{aligned}$$

Biaya Operasional

Biaya operasional ialah biaya-biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak pemilik kapal didalam mengoperasikan kapalnya. Biaya-biaya operasional tersebut atau biasa disebut *running cost* terdiri dari beberapa item antara lain :

- a. Insurance.
- b. Technical.
- c. Supply and Purchase.
- d. Marine Personel
- e. Port Cost.

Total biaya operasional per trip kurang lebih sebesar 85 % dari penerimaan per trip.

$$\begin{aligned} \text{OC} &= 85\% \times V \\ &= 0,85 \times \text{Rp. } 525.000.000 \\ &= \text{Rp. } 446.250.000 \end{aligned}$$

Keuntungan dari operasional kapal (Output Value)

Dari penerimaan dan biaya operasional diatas, dapat dihitung total keuntungan bersih yang diperoleh dari operasional kapal setiap tripnya (Output Value).

$$\begin{aligned} \text{OV} &= \text{Penerimaan} - \text{Biaya operasional} \\ &= \text{Rp. } 525.000.000 - \text{Rp. } 446.250.000 \\ &= \text{Rp. } 78.750.000 \end{aligned}$$

Jika dibagi rata-rata total waktu tempuh dalam satu trip perjalanan kapal, maka keuntungan per jam ketika kapal beroperasi adalah :

$$\begin{aligned} \text{OV/jam} &= \text{Rp. } 78.750.000 / 48 \text{ jam berlayar} \\ &= \text{Rp. } 1.640.625 \end{aligned}$$

4.1.3 Analisa Tingkat Keandalan Komponen Poros Baling-baling.

Inspeksi pada sistem poros baling-baling dilakukan pada komponen-komponen yang terdapat didalamnya. Tingkat keausan, dan kekedapan komponen akan mempengaruhi kinerja secara keseluruhan dari sistem. Oleh karena itu, tingkat kerusakan dari komponen-komponen tersebut harus dianalisa agar dapat ditentukan penjadwalan inspeksi dan perawatannya. Salah satu pendekatan yang digunakan ialah dengan menganalisa tingkat keandalan dari komponen tersebut. Cara menganalisa tingkat keandalan komponen dapat dilakukan dengan merecord data kerusakan yang dialami komponen pada suatu periode waktu tertentu. Data-data tersebut kemudian diolah dan dianalisa dengan teori keandalan.

Namun karena kondisi lapangan dimana kerusakan pada komponen-komponen tersebut terjadi pada selang waktu yang cukup lama, mengakibatkan data

record kerusakan tidak teratur sehingga sulit untuk dianalisa, maka pada penelitian kali ini digunakan data sekunder berupa angka Failure rate (λ) dari tiap-tiap komponen yang diperoleh pada buku "Nonelectronic Parts Reliability Data 1991" yang diterbitkan oleh Reliability Analysis Center di Rome New York. Adapun komponen-komponen yang ditinjau adalah :

- a. Bearing
- b. Bush Bearing
- c. Seal
- d. Tubing metal

Dengan data-data Failure rate sebagai berikut :

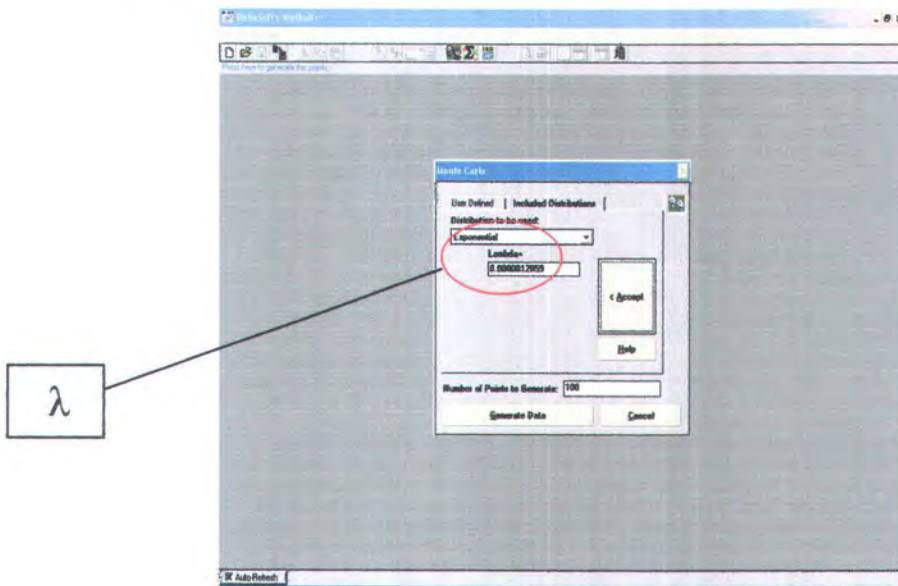
Tabel.2. Failure rate komponen sistem poros baling-baling

No.	Komponen	Failure rate per 10^6 Hour
1.	Bearing	1.2059
2.	Bush Bearing	1.2060
3.	Seal	1.4859
4.	Tubing metal	1.6452

Diasumsikan laju kerusakan masing-masing komponen adalah konstan, sehingga untuk melakukan perhitungan Time To Failure digunakan distribusi eksponensial yang menggambarkan hubungan laju kegagalan sebagai fungsi dari waktu operasional komponen. Analisa Time To Failure dilakukan dengan menggunakan metode Monte-Carlo Simulation untuk mengenerate data sejumlah yang diinginkan. Pada proses ini dapat digunakan bantuan Software Weibul++ dimana Monte Carlo Simulation merupakan salah satu fasilitas

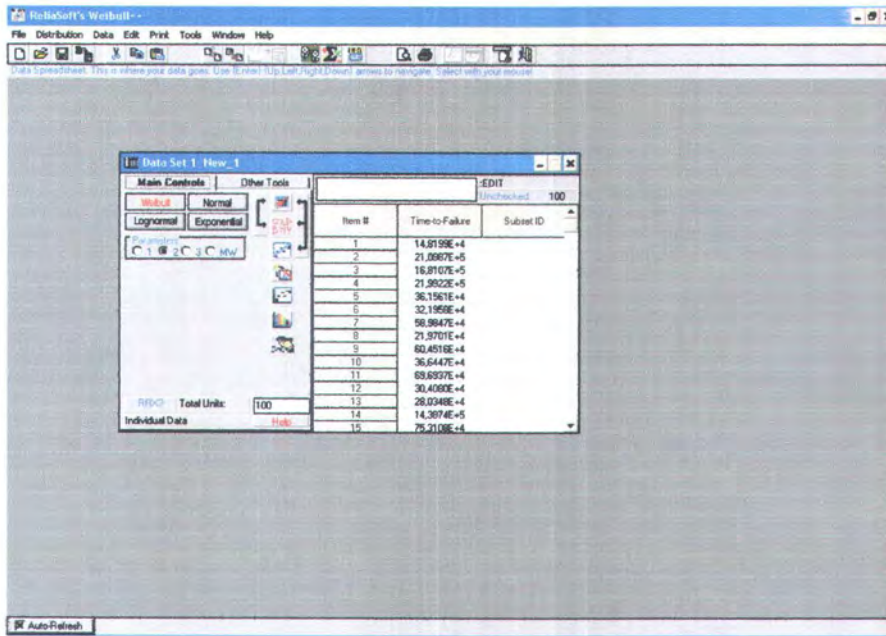
perhitungan yang ada pada Software ini. Failure rate (λ) dari masing-masing komponen dijadikan input pada Monte-Carlo Simulation program dan program secara otomatis akan menampilkan data Time To Failure secara acak sejumlah yang diinginkan.

Berikut ini tampilan penggunaan software Weibull++ dengan Monte-Carlo Simulation untuk mengenerate data Time To Failure dari komponen Bearing, Bush Bearing, Seal, dan Tubing metal.



Gbr. 10. Tampilan Monte-Carlo Simulation pada Weibull++

Failure rate (λ) dari komponen dimasukkan, lalu kemudian ditentukan jumlah data yang akan ditampilkan selanjutnya mengenerate data. Maka akan disajikan data Time To Failure sesuai Failure rate yang dimasukkan.



Gbr.11. Tampilan data Time To Failure

Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh data sebagai berikut :

Tabel.3. Time to Failure (1)

Bearing	TTF	Bush Bearing	TTF
$\lambda = 1,2059$	3,30E+05	$\lambda = 1,206$	4634,2468
	1,47E+05		5,62E+04
	6,84E+04		2,19E+05
	8,41E+03		2,24E+05
	7,81E+04		2,85E+04
	1,26E+05		14944,0184
	2,48E+05		59030,765
	2,71E+05		1,27E+04
	92811,7507		6,74E+04
	3,70E+04		47552,0615
	87045,2363		23118,6796
	28927,7059		3,79E+03
	11405,6809		2,81E+04
	40455,9151		95135,5346
	13198,1489		2,34E+05

	1,45E+05
	2,06E+04
	1,39E+05
	60847,6579
	5,86E+04
	62152,2488
	7,30E+04
	1,64E+05
	23518,0022
	1,19E+05
	24891,1987
	49652,1709
	4,18E+04
	31485,2817
	3,57E+04
	9,34E+04
	3,12E+05
	66802,0058
	49239,453
	1,01E+05
	92683,5944
	1,65E+05
	6418,5482
	1,98E+05
	68265,7325
Σ	3,79E+06
MTTF =	9,47E+04

	42021,7613
	86149,4903
	8949,9937
	2,34E+05
	3,81E+04
	6,97E+04
	71460,7281
	6,36E+04
	25957,9029
	67957,2633
	2,75E+04
	12765,6629
	3124,5029
	22639,4336
	3479,8627
	2,09E+04
	53335,1702
	85004,8613
	4,81E+04
	2,61E+05
	21558,7121
	24989,6242
	95994,4267
	90305,3707
	62526,6023
Σ	2,66E+06
MTTF =	6,65E+04

Tabel .4. Time to Failure (2)

Tubing Metal	TTF
$\lambda = 1,6452$	13433,645
	93801,5182
	27846,3314
	9916,3904
	4,64E+04

Seal	TTF
$\lambda = 1,4852$	88032,0412
	12131,433
	1,14E+05
	54769,5615
	56368,7175

	17373,2633
	23638,1552
	727,0353
	4,51E+04
	2,23E+04
	1,02E+05
	2,10E+04
	11585,7396
	60809,2316
	87877,6627
	31597,6403
	69789,2073
	22759,3835
	1,16E+05
	4,40E+04
	2,99E+05
	14428,9447
	32845,8657
	90899,4222
	5240,1914
	5014,314
	9985,9959
	22627,2591
	1011,9651
	32173,7442
	42795,6857
	1,83E+05
	81986,0356
	3,52E+03
	1,23E+05
	76755,5817
	6,03E+04
	52512,3409
	40549,0601
	3447,9453
Σ	2,05E+06
MTTF =	5,12E+04

	1,52E+05
	69929,2993
	93551,7871
	75860,5234
	18932,0855
	25604,9699
	26818,5277
	1,76E+05
	23077,589
	52033,5794
	28095,9337
	62283,0595
	1,35E+05
	91158,4995
	78106,8955
	40247,8098
	37731,7528
	46173,8351
	1,25E+05
	42347,0475
	73484,2299
	77338,3207
	29701,5442
	41303,6098
	1,26E+05
	36225,0237
	4888,9625
	26959,1144
	1,98E+05
	84638,368
	7996,2767
	9652,9016
	46444,3411
	1,77E+05
	66839,9729
Σ	2,73E+06
MTTF =	6,83E+04

Dari data Time to Failure, dapat dihitung Mean Time To Failure (MTTF) atau rata-rata laju kerusakan dari tiap-tiap komponen.

Laju kerusakan dari komponen sebagai fungsi waktu pada distribusi eksponensial dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$F(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \dots\dots\dots(I)$$

Sedangkan probabilitas tidak terjadinya kegagalan pada selang waktu t dapat diperoleh dengan mengintegrasikan persamaan (I) antara 0 dan t

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = \exp(-\lambda t)$$

$R(t)$ adalah survival probability atau probabilitas dimana komponen dapat bekerja dengan baik atau disebut juga dengan Indeks Keandalan komponen. Indeks keandalan komponen ini menunjukkan tingkat keandalan dari suatu komponen pada waktu tertentu dalam interval Mean Time Between Failure (MTBF). Indeks keandalan dapat dijadikan patokan untuk memperkirakan kondisi dari suatu komponen, semakin besar indeks keandalannya maka semakin baik pula kondisi komponen tersebut. Indeks keandalan dinotasikan dalam interval 0 – 1.

Standart indeks keandalan komponen menjadi pertimbangan utama didalam menentukan jumlah dan interval waktu antar inspeksi, diamana pihak owner yang menentukan satandart ini sesuai dengan kondisi performa operasional dari kapal yang diinginkan oleh pihak pemilik.

4.1.4 Penentuan jumlah inspeksi optimum.

untuk menentukan jumlah inspeksi optimum dengan pertimbangan ekonomis, maka digunakan persamaan :

$$n = \sqrt{\left[\frac{ik}{\mu} \right] \left(\frac{V + R}{V + I} \right)}$$

Dimana

$1/\mu$: Mean time to perform a repair = 72 jam

k : Jumlah breakdown time dalam satu interval kelas (5 tahun = 24000 jam operasi) = 2

$1/i$: Mean time to perform inspection = 48 jam

V : Value of output per uninterrupted time = Rp. 78.750.000 x 100 trip
= Rp. 7.875.000.000

R : Cost of repair = Rp. 150.000.000,00

I : Cost of inspection = Rp. 10.000.000,00

Sehingga

$$n = \sqrt{\left[\frac{2 \times 72}{48} \right] \left(\frac{\text{Rp. } 7.875.000.000 + \text{Rp}150.000.000}{\text{Rp. } 7.875.000.000 + \text{Rp}10.000.000} \right)}$$

$n = 1$

Sehingga dari analisa ekonomis, jumlah inspeksi optimum adalah 1 kali dalam interval 24.000 jam (5 tahun periode operasional).

Keuntungan yang hilang selama repair per unit waktu ($V\lambda(n)/\mu$)

Selama dilakukan proses repair pada sistem poros baling-baling, maka operasi kapal berhenti. Akibat penghentian operasi tersebut, maka terdapat nilai keuntungan yang hilang (*Output value lost due to repairs per unit time*).

Output Value lost due to repair = Value of output per uninterrupted unit of time x Number of repair per unit time x Mean time to perform repair.

❖ Value of output per uninterrupted unit of time

= Keuntungan kapal ketika beroperasi per jam

= Rp. 1.640.625

❖ Number of repair

Jumlah repair dalam satu satuan waktu. Dilakukan estimasi pada satu periode kelas yaitu selama 5 tahun. Ditentukan akan dilakukan 2 kali repair

❖ Mean time to perform repair

ialah lama waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan proses repair.

Ditentukan selama 3 hari = 72 jam

Maka, Output value lost due to repair = Rp. 1.640.625 x 2 x 72

= Rp. 236.250.000

Keuntungan yang hilang selama inspeksi per unit waktu (Vn/i)

Output Value lost due to inspection = Value of output per uninterrupted unit of time x Number of inspeksion per unit time x Mean time to perform inspeksion.

❖ Value of output per uninterrupted unit of time

= Keuntungan kapal ketika beroperasi per jam

= Rp. 1.640.625

Jumlah inspeksi dalam satu satuan waktu. Dilakukan estimasi pada satu periode kelas yaitu selama 5 tahun. Ditentukan akan dilakukan 2 kali inspeksi

❖ Mean time to perform Inspeksion

Ialah lama waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan proses inspeksi. Ditentukan selama 48 jam

$$\begin{aligned}\text{Output value lost due to repair} &= \text{Rp. } 1.640.625 \times 2 \times 48 \\ &= \text{Rp } 157.500.000\end{aligned}$$

Biaya repair per unit waktu ($R\{\lambda(n)/\mu\}$)

Ialah perkiraan jumlah biaya yang dikeluarkan untuk melakukan repair per unit waktu. (*Cost of repairs per unit time*).

Cost of repairs per unit time = Cost of repair x Number of repairs

❖ Cost of repair

Biaya repair adalah biaya yang dibutuhkan untuk melakukan repair pada sistem poros baling-baling. Besarnya biaya repair tergantung pada jenis poros, ukuran dan diameter poros, serta jumlah SDM yang dibutuhkan untuk melaksanakan repair. Biaya-biaya yang digunakan antara lain untuk :

1. Tarif Docking
2. Biaya sand blasting
3. Biaya Cabut poros
4. Biaya NDT (Non Destructive Test)
5. Penggantian komponen dan perawatan komponen.

Di dalam perhitungan kali ini diasumsikan biaya repair berdasarkan kisaran standart tarif pemeliharaan dan perbaikan kapal yang dikeluarkan oleh Ikatan Perusahaan Industri Kapal dan Sarana Lepas Pantai Indonesia.

Diasumsikan besarnya biaya repair sebesar Rp. 150.000.000,00

❖ Number of repair

Jumlah repair dalam satu satuan waktu.. Ditetukan akan dilakukan 2 kali repair. Maka,

$$\begin{aligned}\text{Cost of repairs per unit time} &= \text{Cost of repair} \times \text{Number of repairs} \\ &= \text{Rp } 150.000.000 \times 2 \\ &= \text{Rp. } 300.000.000,00\end{aligned}$$

Biaya inspeksi per unit waktu (I(n/i))

Ialah total biaya yang harus dikeluarkan untuk melaksanakan proses inspeksi (*Cost of inspection per unit time*). Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Cost of inspection per unit time} = \text{Cost of inspection} \times \text{Number of inspection}$$

❖ Cost of inspection

Biaya inspeksi tergantung pada jenis dari sistem poros baling-baling yang dimiliki oleh kapal, SDM pelaksana, dan lamanya proses inspeksi berlangsung. Biaya-biaya tersebut antara lain :

1. Biaya Surveyor Klas.
2. Biaya penyiapan komponen2 untuk diperiksa.
3. SDM pelaksana

Diasumsikan total biaya inspeksi yang diperlukan sebesar Rp. 10.000.000,00, berdasarkan kisaran tarif survey pencabutan poros yang diterapkan oleh BKI.

❖ Number of inspection

Jumlah inspeksi dalam satu satuan waktu. Dilakukan estimasi pada satu periode kelas yaitu selama 5 tahun. Ditentukan akan dilakukan 1 kali inspeksi.

Maka dapat dihitung biaya inspeksi per satuan waktu ialah :

$$\begin{aligned} \text{Cost of inspection per unit time} &= \text{Cost of inspection} \times \text{Number of} \\ &\quad \text{inspection} \\ &= \text{Rp } 10.000.000 \times 2 \\ &= \text{Rp. } 20.000.000,00 \end{aligned}$$

Model persamaan yang menggambarkan hubungan antara frekuensi inspeksi (n) dan keuntungan yang diperoleh dari operasional kapal dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$P(n) = V - \frac{V\lambda(n)}{\mu} - \frac{V}{i} - R \frac{\lambda'(n)}{\mu} - \frac{I}{i}$$

Dimana P(n) adalah Output value (keuntungan) yang diperoleh setelah dikurangi biaya-biaya maintenance. Dengan menggunakan persamaan tersebut, maka dapat dihitung keuntungan yang diperoleh sebesar :

$$P(n) = 38.953.758.923$$

4.2. PERHITUNGAN JUMLAH DAN INTERVAL INSPEKSI OPTIMUM DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM SOLVER PADA MICROSOFT EXCEL

Agar proses perhitungan ini dapat dilakukan dengan mudah dan simpel, serta dapat digunakan secara aplikatif, maka dibuat sebuah program perhitungan dan optimasi dengan menggunakan software *Solver* pada Microsoft Office Excel.

Program ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu :

1. Input data.
2. Proses.
3. Constrain.
4. Output.

Input data.

Pada bagian ini, disediakan berbagai data-data kapal yang dapat diisi sesuai dengan ukuran, dan jenis dari kapal yang akan dihitung. Selain itu, juga terdapat form untuk mengisi data Mean Time To Failure dari masing-masing komponen sistem poros baling-baling. Data-data pokok ini yang kemudian akan digunakan untuk melakukan proses perhitungan selanjutnya.

Process

Dalam bagian proses, akan dilakukan perhitungan biaya-biaya yang diperoleh dan harus dikeluarkan oleh pihak owner didalam menjalankan pola perawatan kapalnya. Hasil perhitungan pada bagian process ini juga dijadikan referensi untuk melakukan proses perhitungan selanjutnya.

Constrain

Berisi batasan-batasan teknis berupa Indeks keandalan komponen standart, serta indkes keandalan komponen pada waktu tertentu (t). Indeks keandalan komponen harus lebih besar dari standart indkes keandalan yang itentukan

Output

Merupakan hasil dari perhitungan, diaman pada bagian ini ditampilkan rata-rata Breakdown per periode keals, Jumlah inspekso optimum, Interval waktu antar inspeksi, serta total keuntungan yang dapat diraih jika dilakukan inspeksi sejumlah yang dianalisa.

Berikut ini adalah tampilan dari program solver yang dibuat :



**PERHITUNGAN JUMLAH DAN INTERVAL WAKTU INSPEKSI OPTIMUM
UNTUK SISTEM POROS BALING-BALING KAPAL**

INPUT	Nama Kapal	KM. CJN III-23	
Type	Container		
Jumlah muatan	100	TEUS	
Tingkat pemenuhan muatan	70%		
Berat muatan per TEU	25	Ton	
Route	Surabaya - Balikpapan		
Radius pelayaran	570	Nm	
Kecepatan dinas	12	Knots	
Pola operasi :			
- Availability time	365	Days	
- Operating time	300	Days	
- Sailing days per trip	2	Days	
- Loading-unloading per trip	1	Days	
- Total trip	100	Trips	
Tarif angkutan	7.500.000	Rp/TEU	
Biaya setiap repair Sistem poros	150.000.000	Rp	
Biaya setiap inspeksi sistem poros	40.000.000	Rp	
Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk repair	72	Jam	
Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk inspeksi	48	Jam	
Periode kelas	5	Tahun	
Jam operasi dalam satu periode kelas	24000	Jam	

Komponen	MTTF	
Bearing	94.714	Jam
Bush Bearing	66.460	Jam
Seal	68.305	Jam
Tubing metal	51.237	Jam

Standart Indeks keandalan yang ditentukan untuk melakukan inspeksi	0,7
--	------------

PROCES			
Penerimaan	525.000.000	Rp	
Biaya operasional	446.250.000	Rp	
Keuntungan per trip	78.750.000	Rp	
Keuntungan per jam operasi	1.640.625	Rp	
Keuntungan per periode (5tahun)	39.375.000.000	Rp	
Biaya inspeksi per periode	52.510.587	Rp	
Biaya repair per periode	171.855.490	Rp	

CONSTRAIN	Komponen	MTTF	Batas minimum indeks keandalan	Standart minimum indeks keandalan	Indeks keandalan pada waktu (t)	Batas maksimum
	Bearing	94.714	0	0,7	0,82	1
	Bush Bearing	66.460	0	0,7	0,76	1
	Seal	68.305	0	0,7	0,77	1
	Tubing metal	51.237	0	0,7	0,70	1

OUTPUT		
Rata-rata breakdown per periode	1	
Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.282	Jam
Output value	38.953.758.923	Rp

Objek utama perhitungan pada program solver ini ialah untuk memaksimalkan keuntungan yang akan diperoleh dengan batasan-batasan indeks keandalan komponen yang berubah-ubah sesuai dengan jumlah jam operasional kapal. Dari hasil perhitungan dan dilakukan beberapa variasi data, maka dapat dianalisa pengaruh antara input data yang satu dengan input data yang lainnya.

4.3. FAKTOR KOREKSI.

Seperti yang telah diketahui, bahwa keandalan sebuah komponen atau mesin dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya adalah lingkungan (*environment*) dimana komponen atau sistem itu beroperasi. Data Failure rate yang diperoleh dari Reliability Analysis Center di New York USA tentunya berupa hasil penelitian yang dilakukan di Amerika. Dengan berbagai kondisi alam dan cuacanya.

Komponen sistem poros yang dianalisa adalah komponen pada kapal-kapal yang dikelaskan oleh BKI, yaitu kapal-kapal yang beroperasi di lingkungan Indonesia dan sekitarnya. Kondisi iklim, cuaca dan lingkungan di Indonesia memiliki perbedaan dengan kondisi di Amerika, oleh karena itu didalam melakukan analisa tingkat keandalan komponen perlu disertakan faktor koreksi pada angka failure rate yang diperoleh dari data Reliability Center di Amerika.

Untuk melakukan perhitungan *Mean Time To Failure* dengan menggunakan faktor koreksi maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Failure rate } (\lambda) = 1.2059 \times 10^{-6}$$

$$\text{Faktor koreksi (k) 30 \%} = 0,3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Failure rate hasil koreksi} &= \lambda + (0.3 \times \lambda) \\
 &= 1,2059 \times 10^{-6} + (0,3 \times 1.2059 \times 10^{-6}) \\
 &= 1.5676 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \frac{1}{\lambda} \\
 &= 6,38 \times 10^4 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

Berikut ini akan dilakukan beberapa contoh hasil perhitungan dengan menggunakan beberapa faktor koreksi pada model solver yang telah dibuat.

a. Faktor koreksi 25 %

Tabel.5. Faktor koreksi 25%

Komponen	Failure rate (E+6 Jam)	Faktor koreksi	Failur rate dengan koreksi	MTTF (1/λ)
Bearing	1,2059	0,25	1,507375	6,63E+04
Bush Bearing	1,206	0,25	1,5075	6,63E+04
Seal	1,4182	0,25	1,77275	5,64E+04
Tubing metal	1,645	0,25	2,05625	4,86E+04

Jumlah dan interval inspeksi optimum :

Tabel.6. Hasil perhitungan dengan faktor koreksi 25%

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	17.346	Jam
Output value	38.973.527.408	Rp

Dengan faktor koreksi failure rate sebesar 25%, maka dapat dilihat adanya perubahan pada interval waktu dilakukannya inspeksi. Dari 18282 jam, menjadi

17346. dengan demikian berarti inspeksi harus dilakukan 936 jam lebih dini dari kondisi tanpa koreksi.

b. Faktor koreksi 50 %

Tabel.7. Faktor koreksi 50%

Komponen	Failure rate (E+6 Jam)	Faktor koreksi	Failur rate dengan koreksi	MTTF (1/λ)	
Bearing	1,2059	0,5	1,80885	5,53E+04	Jam
Bush Bearing	1,206	0,5	1,809	5,53E+04	Jam
Seal	1,4182	0,5	2,1273	4,70E+04	Jam
Tubing metal	1,645	0,5	2,4675	4,05E+04	Jam

Jumlah dan interval inspeksi optimum :

Tabel.8. Hasil perhitungan dengan faktor koreksi 50%

Jumlah inspeksi optimum	2	
Interval Inspeksi optimum (t)	14.455	Jam
Output value	38.886.828.012	Rp

Ketika diberikan koreksi sebesar 50%, maka interval antar inspeksi lebih cepat sebesar 2891 jam, dan jumlah inspeksi meningkat menjadi dua kali inspeksi dalam satu interval periode kelas.

c. Faktor koreksi 75 %

Tabel.9. Faktor koreksi 75%

Komponen	Failure rate (E+6 Jam)	Faktor koreksi	Failure rate dengan koreksi	MTTF (1/λ)	
Bearing	1,2059	0,75	2,110325	4,74E+04	Jam
Bush Bearing	1,206	0,75	2,1105	4,74E+04	Jam
Seal	1,4182	0,75	2,48185	4,03E+04	Jam
Tubing metal	1,645	0,75	2,87875	3,47E+04	Jam

Jumlah dan interval inspeksi optimum :

Tabel.10. Hasil perhitungan dengan faktor koreksi 75%

Jumlah inspeksi optimum	2	
Interval Inspeksi optimum (t)	12.390	Jam
Output value	38.784.865.300	Rp

Pada saat digunakan faktor koreksi 75%, maka interval inspeksi menjadi setiap 12390 jam, atau lebih pendek 2065 jam dari waktu interval antar inspeksi ketika digunakan koreksi 50%.

d. Faktor koreksi 100 %

Tabel.11. Faktor koreksi 100%

Komponen	Failure rate (E+6 Jam)	Faktor koreksi	Failur rate dengan koreksi	MTTF (1/λ)	
Bearing	1,2059	1	2,4118	4,15E+04	Jam
Bush Bearing	1,206	1	2,412	4,15E+04	Jam
Seal	1,4182	1	2,8364	3,53E+04	Jam
Tubing metal	1,645	1	3,29	3,04E+04	Jam

Jumlah dan interval inspeksi optimum :

Tabel.12. Hasil perhitungan dengan faktor koreksi 100%

Jumlah inspeksi optimum	2	
Interval Inspeksi optimum (t)	10.841	Jam
Output value	38.667.639.012	Rp

Jika faktor koreksi 100%, dapat dilihat bahwa waktu interval inspeksi menjadi 10841 jam, atau berkurang 1549 jam. Dengan dua kali inspeksi dalam satu periode kelas.

e. Faktor koreksi 125 %

Tabel.13. Faktor koreksi 125%

Komponen	Failure rate (E+6 Jam)	Faktor koreksi	Failur rate dengan koreksi	MTTF (1/λ)
Bearing	1,2059	1,25	2,713275	3,69E+04
Bush Bearing	1,206	1,25	2,7135	3,69E+04
Seal	1,4182	1,25	3,19095	3,13E+04
Tubing metal	1,645	1,25	3,70125	2,70E+04

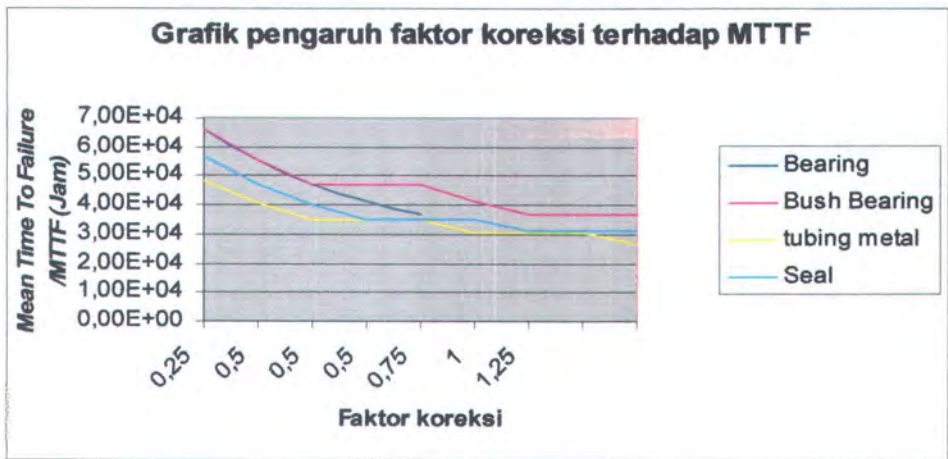
Jumlah dan interval inspeksi optimum :

Tabel.14. Hasil perhitungan dengan faktor koreksi 125%

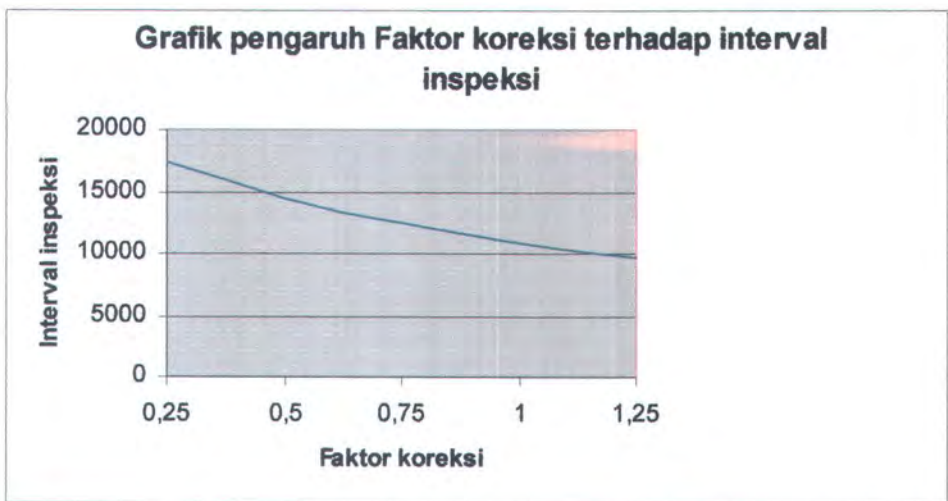
Jumlah inspeksi optimum	2	
Interval Inspeksi optimum (t)	9.637	Jam
Output value	38.535.152.659	Rp

Jika faktor koreksi yang digunakan 125%, maka interval inspeksi menjadi 9637 jam, atau berkurang sebesar 1204 jam, namun masih tetap dua kali inspeksi dalam satu periode.

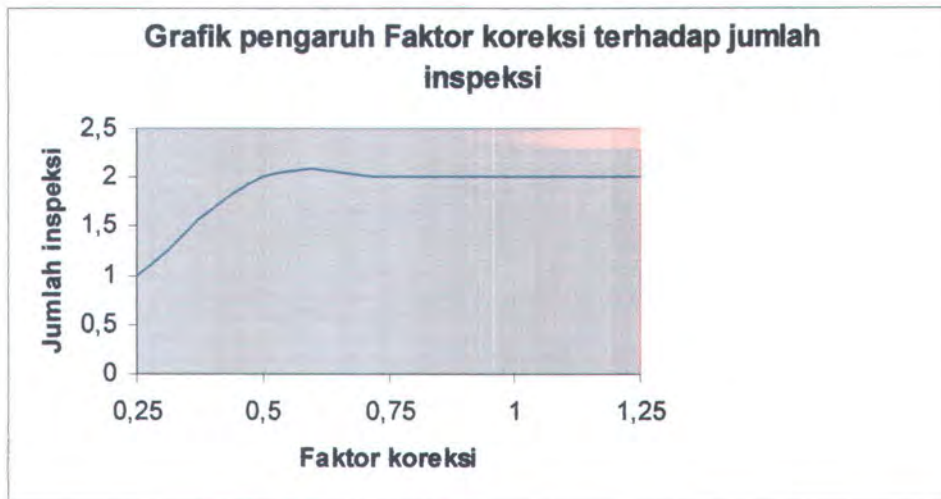
Dengan demikian, dari hasil perhitungan diatas, maka dapat dilihat pengaruh nilai faktor koreksi terhadap *Mean Time To Failure (MTTF)*, interval waktu antar inspeksi, dan jumlah inspeksi optimum dalam satu satuan waktu tertentu (dalam hal ini periode kelas). Semakin besar koreksi yang diberikan, maka semakin besar pula nilai Failure rate dari tiap-tiap komponen. Dengan nilai failure rate yang besar, maka rata-rata waktu kerusakan komponen semakin cepat, sehingga interval pemeriksaan yang diperlukan pun semakin pendek. Pola hubungan tersebut dapat kita lihat pada grafik berikut ini.



Gbr. 12. Grafik pengaruh faktor koreksi terhadap MTTF



Gbr. 13. Grafik pengaruh faktor koreksi terhadap interval inspeksi



Gbr. 14. Grafik pengaruh faktor koreksi terhadap jumlah inspeksi

Namun, pada saat digunakan koreksi 50% sampai dengan 125%, jumlah inspeksi optimal dalam satu periode kelas adalah tetap, yaitu sejumlah 2 inspeksi.

4.4. SENSITIVITY ANALYSIS.

Untuk menganalisa pengaruh perubahan data input pada hasil perhitungan model solver yang dibuat, maka dilakukan uji coba sensitifitas perubahan data terhadap hasil perhitungan model. Sensitivity analysis kali ini dikhususkan terhadap perubahan data maintenance cost dan keuntungan yang diperoleh kapal dari tarif muatan kapal. Berikut ini contoh beberapa perubahan dan pengaruhnya terhadap nilai hasil perhitungan dengan beberapa variasi biaya.

a. Perubahan data tarif muatan kapal

Tabel.15. Perubahan tarif (1)

Tarif angkutan	7.500.000	Rp/TEU
----------------	-----------	--------

Hasil perhitungan :

Tabel.16. Hasil perhitungan dengan perubahan tarif (1)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.275	Jam
Output value	38.993.136.881	Rp

Perubahan input data tarif angkutan dari Rp. 7.000.000 Rp/TEU menjadi Rp.7.500.000 Rp/TEU merubah interval waktu inspeksi dari 18274 jam menjadi 18275 jam, atau hanya selisih 1 jam.

Tabel.17. Perubahan tarif (2)

Tarif angkutan	8.000.000	Rp/TEU
----------------	-----------	--------

Hasil perhitungan :

Tabel.18. Hasil perhitungan dengan perubahan tarif (2)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.277	Jam
Output value	41.605.013.335	Rp

Perubahan input data tarif angkutan dari Rp. 7.500.000 Rp/TEU menjadi Rp.8.000.000 Rp/TEU merubah interval waktu inspeksi dari 18275 jam menjadi 18277 jam, atau hanya selisih 2 jam.

Tabel.19. Perubahan tarif (3)

Tarif angkutan	9.000.000	Rp/TEU
----------------	-----------	--------

Hasil perhitungan :

Tabel.20. Hasil perhitungan dengan perubahan tarif (3)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.280	Jam
Output value	46.828.765.757	Rp

Perubahan input data tarif angkutan dari Rp. 8.000.000 Rp/TEU menjadi Rp.9.000.000 Rp/TEU merubah interval waktu inspeksi dari 18277 jam menjadi 18280 jam, atau hanya selisih 3 jam.

Tabel.21. Perubahan tarif (4)

Tarif angkutan	10.000.000	Rp/TEU
----------------	------------	--------

Hasil perhitungan :

Tabel.22. Hasil perhitungan dengan perubahan tarif (4)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.283	Jam
Output value	52.052.517.696	Rp

Perubahan input data tarif angkutan dari Rp. 9.000.000 Rp/TEU menjadi Rp.10.000.000 Rp/TEU merubah interval waktu inspeksi dari 18280 jam menjadi 18283 jam, atau hanya selisih 3 jam.

b. Perubahan data Repair Cost

Tabel.23. Perubahan cost (5)

Biaya setiap repair Sistem poros	150.000.000	Rp
----------------------------------	-------------	----

Hasil perhitungan :

Tabel.24. Hasil perhitungan dengan perubahan cost (5)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.275	Jam
Output value	38.993.136.881	Rp

Perubahan input data *repair cost* dari Rp. 100.000.000 menjadi Rp.150.000.000 merubah interval waktu inspeksi dari 18278 jam menjadi 18275 jam, atau hanya selisih 3 jam.

Tabel.25. Perubahan cost (6)

Biaya setiap repair Sistem poros	200.000.000	Rp
----------------------------------	-------------	----

Hasil perhitungan :

Tabel.26. Hasil perhitungan dengan perubahan cost (6)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.264	Jam
Output value	38.935.843.419	Rp

Perubahan input data *repair cost* dari Rp. 150.000.000 menjadi Rp.200.000.000 merubah interval waktu inspeksi dari 18275 jam menjadi 18264 jam, atau hanya selisih 9 jam.

Tabel.27. Perubahan cost (7)

Biaya setiap repair Sistem poros	250.000.000	Rp
----------------------------------	-------------	----

Hasil perhitungan :

Tabel.28. Hasil perhitungan dengan perubahan cost (7)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.252	Jam
Output value	38.878.549.963	Rp

Perubahan input data *repair cost* dari Rp. 200.000.000 menjadi Rp.250.000.000 merubah interval waktu inspeksi dari 18264 jam menjadi 18252 jam, atau hanya selisih 12 jam.

Tabel.29. Perubahan cost (8)

Biaya setiap repair Sistem poros	300.000.000	Rp
----------------------------------	-------------	----

Hasil perhitungan :

Tabel.30. Hasil perhitungan dengan perubahan cost (8)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.240	Jam
Output value	38.821.256.511	Rp

Perubahan input data *repair cost* dari Rp. 250.000.000 menjadi Rp.300.000.000 merubah interval waktu inspeksi dari 18252 jam menjadi 18240 jam, atau hanya selisih 12 jam.

b. Perubahan data Inspeksion Cost

Tabel.31. Perubahan cost (9)

Biaya setiap inspeksi sistem poros	10.000.000	Rp
------------------------------------	------------	----

Hasil perhitungan :

Tabel.32. Hasil perhitungan dengan perubahan cost (9)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.275	Jam
Output value	38.993.136.864	Rp

Tabel.33. Perubahan cost (10)

Biaya setiap inspeksi sistem poros	20.000.000	Rp
------------------------------------	------------	----

Hasil perhitungan :

Tabel.34. Hasil perhitungan dengan perubahan cost (10)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.277	Jam
Output value	38.980.007.552	Rp

Perubahan input data *inspection cost* dari Rp. 10.000.000 menjadi Rp.20.000.000 merubah interval waktu inspeksi dari 18275 jam menjadi 18277 jam, atau hanya selisih 2 jam.

Tabel.35. Perubahan cost (11)

Biaya setiap inspeksi sistem poros	30.000.000	Rp
------------------------------------	------------	----

Hasil perhitungan :

Tabel.36. Hasil perhitungan dengan perubahan cost (11)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.280	Jam
Output value	38.966.881.573	Rp

Perubahan input data *inspection cost* dari Rp. 20.000.000 menjadi Rp.30.000.000 merubah interval waktu inspeksi dari 18277 jam menjadi 18280 jam, atau hanya selisih 3 jam.

Tabel.37. Perubahan cost (12)

Biaya setiap inspeksi sistem poros	40.000.000	Rp
------------------------------------	------------	----

Hasil perhitungan :

Tabel.38. Hasil perhitungan dengan perubahan cost (12)

Jumlah inspeksi optimum	1	
Interval Inspeksi optimum (t)	18.282	Jam
Output value	38.953.758.923	Rp

Perubahan input data *inspection cost* dari Rp. 30.000.000 menjadi Rp.40.000.000 merubah interval waktu inspeksi dari 18280 jam menjadi 18282 jam, atau hanya selisih 2 jam.

Dari data-data tersebut, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa perubahan biaya dan tarif angkutan tidak berpengaruh terhadap jumlah inspeksi optimum dalam satu periode kelas. Perubahan data biaya hanya sedikit berpengaruh terhadap interval waktu antar inspeksi.

Perubahan data biaya dan tarif tentunya merubah hasil perhitungan keuntungan (*Output value*) karena perhitungan keuntungan adalah akumulasi dari keuntungan kapal yang diperoleh dari tarif muatan, dan pengurangan biaya repair serta biaya inspeksi.

Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa perubahan data biaya dan tarif *tidak sensitif* terhadap jumlah inspeksi optimal yang dilakukan.

4.5. PEMBAHASAN

Dari perhitungan tersebut dapat kita ketahui bahwa tujuan utama dari dilakukan inspeksi adalah untuk mengetahui tingkat keandalan dari komponen pada sistem dan mencegah terjadinya kerusakan besar pada sistem. Didalam melakukan penentuan jumlah inspeksi dan interval waktu antara satu inspeksi dengan inspeksi yang lainnya membutuhkan pertimbangan-pertimbangan teknis serta ekonomis sehingga inspeksi yang dilaksanakan menjadi optimal bagi pihak pemilik kapal. Salah satu constrain utama dari penentuan waktu inspeksi ialah kondisi teknis dari komponen-komponen yang ada pada sistem poros baling-baling.

Dari model perhitungan tersebut, dapat dilakukan beberapa analisa mendalam mengenai pengaruh salah satu faktor teknis atau ekonomis terhadap faktor-faktor

teknis atau ekonomis lainnya. Dengan memperhatikan pola hubungan ini, maka akan dapat kita tentukan berbagai kebijakan perawatan sesuai dengan kebutuhan.

4.5.1. Pengaruh perubahan penentuan standart indeks keandalan (R) pada Jumlah inspeksi (n).

Fungsi keandalan atau biasa disebut *survival function* merupakan fungsi yang menandakan probabilitas peralatan akan bertahan (beroperasi) dalam suatu jangka waktu tertentu. Fungsi reliability dilambangkan sebagai $R(t)$ didefinisikan sebagai :

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt$$

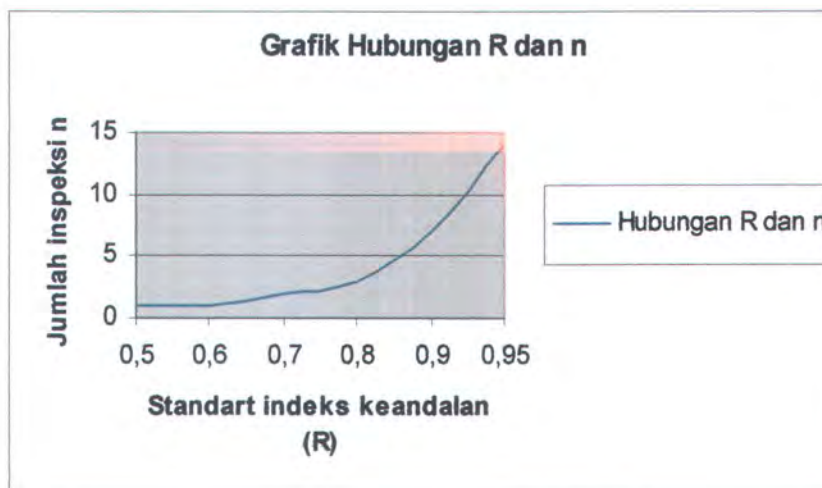
Fungsi keandalan pada umumnya dinyatakan dalam indeks keandalan antara 0 – 1. Indeks keandalan merupakan konstanta yang menandakan kemampuan suatu sistem atau komponen bekerja sesuai dengan fungsi yang telah ditentukan. Indeks keandalan dapat dijadikan patokan untuk menentukan apakah mesin atau komponen tersebut dalam keadaan baik atau sudah mengalami penurunan performa.

Didalam mengevaluasi komponen-komponen yang ada dalam sistem poros baling-baling, maka Indeks keandalan digunakan untuk menentukan kapan komponen harus diinspeksi atau direpair. Besarnya nilai standart indeks keandalan yang harus dipenuhi oleh seluruh komponen sistem ditentukan oleh pihak owner atau pihak klasifikasi sebagai acuan melakukan perawatan pada komponen. Semakin besar standart indeks keandalan ditentukan, maka inspeksi dilakukan pada saat kondisi komponen hanya sedikit mengalami

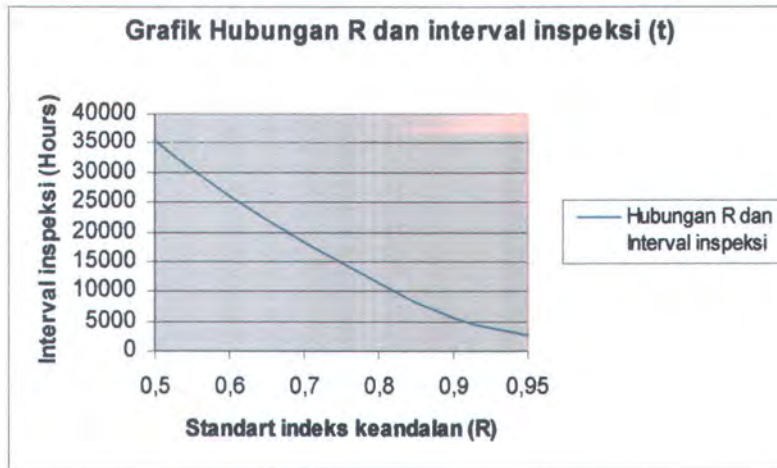
penurunan performa. Sebaliknya jika semakin kecil standart indeks keandalan ditentukan, maka inspeksi dilakukan pada saat komponen mengalami penurunan performa cukup jauh dari yang diharapkan.

Penentuan standart indkes keandalan ini tentunya berkaitan dengan kualitas performa sistem dan tingkat keamanan operasional yang diinginkan oleh pihak pemilik atau pihak klasifikasi. Semakin tinggi standart indeks keandalan yang ditentukan, maka semakin baik pula performa operasi dan keandalan sistem.

Namun seperti yang diketahui, bahwa tingkat keandalan sistem atau komponen akan menurun seiring dengan lamanya operasional dari sistem atau komponen tersebut, sehingga hal ini akan berpengaruh pada interval inspeksi dan jumlah inspeksi yang harus dilakukan pada sistem poros baling-baling dalam satu jangka waktu tertentu. Berikut ini grafik yang menunjukkan pengaruh standart indeks keandalan yang ditentukan terhadap jumlah inspeksi yang dilakukan serta interval waktu antar inspeksi dalam suatu satuan waktu tertentu .



Gbr. 12. Grafik hubungan R dan n



Gbr. 13. Grafik hubunga R dan t

Dari kedua grafik diatas, maka dapat dianalisa pengaruh standart indeks keandalan yang ditentukan terhadap jumlah inspeksi dan interval waktu antar inspeksi pada sistem poros baling-baling. Semakin tinggi standart indeks keandalan yang ditentukan, maka semakin banyak pula jumlah inspeksi yang harus dilakukan pada satu satuan waktu tertentu. Hal ini disebabkan oleh semakin kecilnya interval waktu antar inspeksi yang dilakukan, sebab inspeksi dilakukan pada saat kondisi performa opsional komponen hanya sedikit mengalami penurunan.

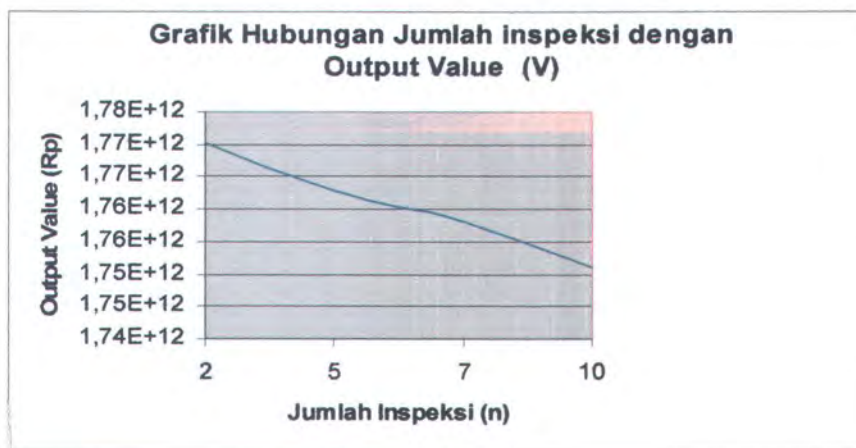
4.5.2. Pengaruh jumlah inspeksi yang dilakukan (n) terhadap Output value (V) atau keuntungan yangdiperoleh pihak pemilik kapal.

Semakin banyak inspeksi sistem poros yang dilakukan pada satu jangka waktu tertentu akan menjadikan performa dan kondisi sistem dapat dijaga dalam kondisi baik. Hal ini sesuai dengan yang telah digambarkan pada grafik hubungan Indeks keandalan dan jumlah inspeksi diatas. Namun disatu sisi,

banyaknya jumlah inspeksi dalam satu satuan waktu tertentu akan mengakibatkan peningkatan inspeccion cost yang harus dikeluarkan oleh pihak pemilik, dan pada akhirnya akan mengurangi total keuntungan (Output value) yang diterima oleh pihak pemilik kapal. Gambaran ini ditampilkan dalam grafik sebagai berikut :

Tabel .39. Pola operasi dan jumlah inspeksi

Pola operasi (Days/year)	Jumlah inspeksi dalam 5 tahun
150	0,98
200	1,31
250	1,64
300	1,96
365	2,39



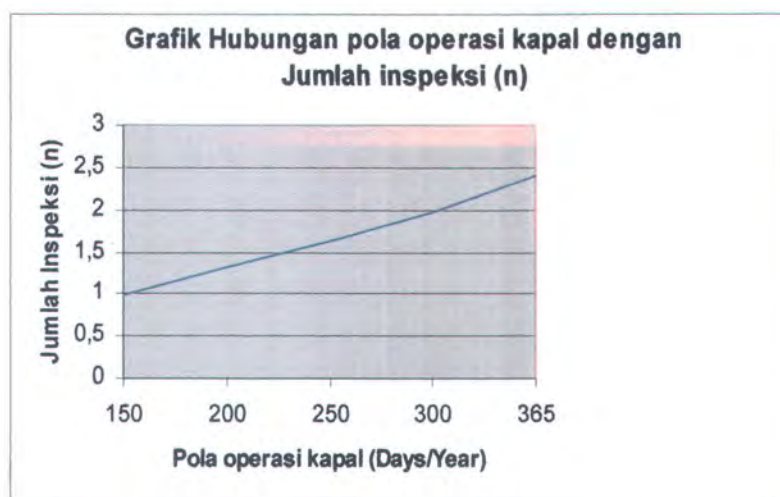
Gbr. 14. Grafik hubungan n dan V

Pada dasarnya, semakin sedikit jumlah inspeksi yang dilakukan, maka semakin sedikit pula biaya inspeksi yang harus dikeluarkan oleh pihak pemilik, namun hal ini akan berpengaruh pada menurunnya tingkat keandalan daripada komponen-komponen yang ada dalam sistem dan menyebabkan

komponen rawan kerusakan dan probabilitas kegagalan sistem semakin besar. Oleh sebab itu jumlah inspeksi harus ditentukan seminimal mungkin tetapi interval antar inspeksi dilakukan ketika tingkat keandalan komponen masih cukup baik.

4.5.3. Pengaruh pola operasi kapal (lama kapal beroperasi) terhadap jumlah inspeksi (n) yang harus dilakukan.

Pada pembahasan diatas telah diketahui bahwa penurunan tingkat keandalan komponen merupakan fungsi eksponensial dari waktu operasional kapal, sehingga semakin sering kapal tersebut beroperasi, maka semakin cepat pula penurunan tingkat keandalan komponen sistem poros dari kapal tersebut. Oleh sebab itu, maka juga perlu dilakukan inspeksi yang lebih banyak. Dari hasil perhitungan interval inspeksi optimum dapat dilakukan percobaan dengan merubah inputan data pola operasi kapal dan dianalisa pengaruhnya terhadap jumlah inspeksi yang harus dilakukan. Berikut dicoba menfariasikan pola operasional kapal dalam 4 pola yang berbeda, diperoleh hasil seperti pada tabel dan grafik dibawah ini :



Gbr.15. Grafik hubungan pola operasi kapal dengan n



Dari tabel dan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah jam operasional kapal dalam satu tahun, maka jumlah inspeksi yang harus dilakukan dalam satu periode kelas (5 tahun) juga semakin banyak. Hal ini dapat terjadi karena semakin banyaknya jumlah jam operasi kapal per tahun akan menyebabkan tingkat keandalan komponen sistem poros semakin cepat menurun, dengan demikian jumlah inspeksi harus lebih diperbanyak agar kondisi komponen tetap memenuhi standart tingkat keandalan yang telah ditentukan.

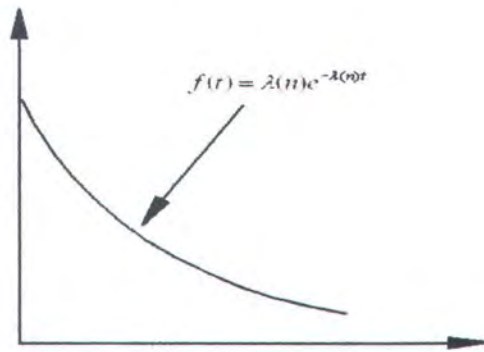
4.6. INSPEKSI OPTIMAL.

Dari pola-pola hubungan kerusakan dan inspeksi diatas, maka dapat kita analisa model perawatan dan inspeksi yang tepat pada sebuah sistem. Kerusakan komponen yang terjadi seiring dengan waktu operasional memerlukan tindakan perawatan dan perbaikan untuk tetap menjaga kondisi komponen dalam keadaan baik. Jika kerusakan komponen cukup parah, maka komponen tersebut harus direpair (diganti) dengan komponen yang baru. Serangkaian kegiatan perawatan ini menyebabkan timbulnya biaya yang cukup besar jika tidak dilakukan dengan tepat. Selain itu, selama breakdown time berjalan, kapal tidak dapat beroperasi dan tentunya mengakibatkan kehilangan keuntungan yang mungkin dapat diperoleh jika kapal beroperasi.

Untuk mengurangi jumlah breakdown time, maka perlu dilakukan inspeksi secara berkala terhadap berbagai elemen yang ada didalam sistem. Dengan melakukan inspeksi, maka kita dapat mengetahui sejak dini kondisi dari komponen yang ada dan dapat segera melakukan perawatan terhadap kerusakan-kerusakan kecil

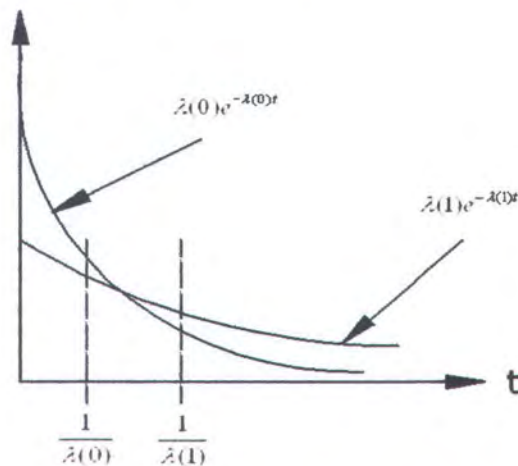
sehingga tidak menyebabkan timbulnya kerusakan yang lebih besar yang membutuhkan waktu panjang dalam perbaikannya.

Laju kerusakan komponen (λ) dipengaruhi oleh jumlah inspeksi yang dilakukan pada sistem, hal ini dapat digambarkan pada grafik berikut :



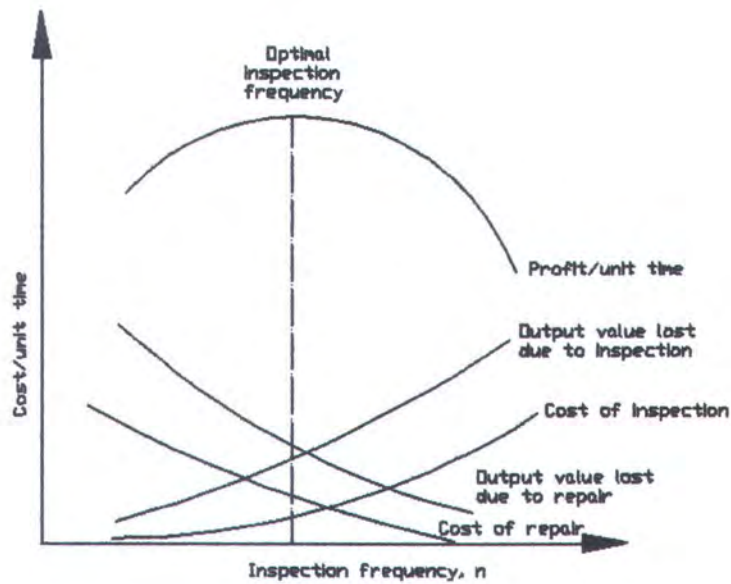
$\lambda(0)$ = Breakdown rate jika tidak dilakukan inspeksi

$\lambda(1)$ = Breakdown rate jika dilakukan inspeksi



Gbr. 16. Grafik hubungan repair dan inspeksi

namun yang tidak boleh terlupakan, bahwa semakin banyak inspeksi yang dilakukan, maka semakin tinggi pula cost of inspection (Biaya inspeksi). Hal ini tentunya akan mengurangi total keuntungan yang bisa diperoleh oleh pihak pemilik kapal.



Gbr. 17. Grafik inspeksi optimum

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah inspeksi yang dilakukan, maka biaya untuk melakukan inspeksi akan naik, begitu juga keuntungan yang hilang selama melaksanakan inspeksi juga akan turut naik. Sebaliknya dengan semakin banyaknya jumlah inspeksi, maka biaya repair semakin berkurang, dan keuntungan yang hilang akibat repair juga akan turun. Nilai keuntungan pada awalnya akan naik seiring dengan beroperasinya kapal namun kemudian akan mengalami penurunan diakibatkan oleh biaya inspeksi dan keuntungan yang hilang selama melaksanakan inspeksi. Maka inspeksi akan menjadi optimum jika dilakukan pada saat grafik profit mencapai puncaknya, tentunya dengan tetap memperhatikan tingkat keandalan dari masing-masing komponen pada sistem poros baling-baling.

4.7. TINJAUAN PADA ATURAN BIRO KLASIFIKASI INDONESIA.

Biro Klasifikasi Indonesia mensyaratkan seluruh kapal yang dikelaskan harus memenuhi seluruh peraturan yang ditentukan oleh BKI. Mengenai pemeriksaan sistem poros baling-baling, pihak kelas mensyaratkan bahwa setiap kapal yang dikelaskan harus melaksanakan survey pencabutan poros pada setiap tiga tahun untuk kapal dengan sistem poros tunggal, dan setiap empat tahun untuk kapal dengan sistem poros jamak.

Adapun pelaksanaan survey pencabutan poros meliputi :

- 1). Pemeriksaan poros secara keseluruhan, khususnya pada bagian tirus, rumah pasak, dan ulir atau sudut flens.
- 2). Pemeriksaan tak merusak (NDT) bagian belakang poros dengan metoda deteksi retak yang disetujui.
- 3). Pemeriksaan kekedapan perapat minyak (Seal)
- 4). Pemeriksaan selubung baja chrome.
- 5). Pemeriksaan permukaan singgung dan selubung baja poros.
- 6). Pemeriksaan bantalan tabung poros.
- 7). Pemeriksaan pemasangan baling-baling dan baling-baling.
- 8). Pemeriksaan ruang main bantalan sebelum dan sesudah survey.

Survey modifikasi (SWM)

Meliputi :

- 1). Semua bagian yang terjangkau dari poros, termasuk hubungan baling-baling ke poros.
- 2). Pemeriksaan propeller.

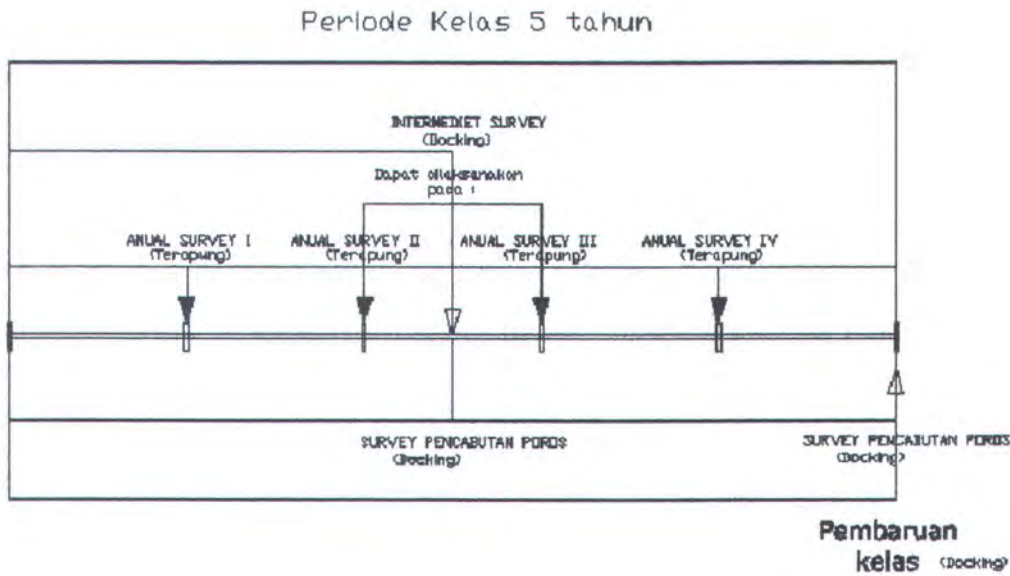
- 3). Pengecekan perapat minyak, yaitu penggantian atau pemeriksaan saksama dari komponen tergantung pada periode pemakaian, rancangan dan hasil pemeriksaan.
- 4). Pemeriksaan analisa minyak pelumas, pemakaian minyak lumas dan temperatur bantalan sesuai dengan catatan pada buku harian kapal.
- 5). Pengukuran clearance bantalan.
- 6). Uji keretakan dengan NDT pada sudut flens kopling.⁹

Selain ketentuan tersebut, Biro Klasifikasi juga mengharuskan kapal yang dikelaskan untuk melakukan Intermediet survey, dan special survey untuk pembaruan kelas dalam satu periode kelas (5 tahun). Kedua survey ini mengharuskan kapal untuk docking dan dilakukan pemeriksaan secara keseluruhan baik pada bagian diatas garis air, maupun bagian dibawah garis air.. Intermediet survey jatuh pada pertengahan periode kelas yaitu 2,5 tahun, sedangkan Special Survey pembaharuan kelas dilakukan pada akhir periode kelas atau pada tahun ke 5 berlakunya kelas. Selain ketiga survey diatas, juga terdapat Survey annual yang dilakukan setiap tahun, namun untuk annual survey dapat dilakukan dalam kondisi kapal terapung karena hanya dilakukan pemeriksaan pada bagian-bagian kapal diatas garis air.

Para pemilik kapal pada umumnya menggabungkan survey pencabutan poros dengan survey intermediet dan survey pembaharuan kelas untuk meminimalisir biaya docking dan jumlah docking yang dilakukan. Dengan kata lain, pada satu periode kelas dilakukan *dua kali* pencabutan poros dan *dua kali* Breakdown (Docking) untuk melakukan seluruh proses repair pada sistem-sistem dan

⁹ *Biro Klasifikasi Indonesia Volume I, 2000*

konstruksi yang ada didalam kapal. Untuk lebih jelasnya, berikut ini digambarkan diagram survey periodik yang harus dilaksanakan oleh kapal yang dikelaskan :



Gbr 18. Diagram survey periodik yang diterapkan oleh kelas

Jika dilakukan analisa penentuan pemeriksaan sistem poros dengan berdasarkan jumlah jam operasional kapal serta analisa tingkat keandalan komponen sistem poros baling-baling, maka diperoleh perbedaan interval waktu pemeriksaan (*Survey*) dengan ketentuan yang diberlakukan oleh badan klasifikasi.

Dari hasil analisa dengan pendekatan tingkat keandalan komponen pada kapal yang sama dengan menetapkan standart indeks keandalan minimum ketika dilakukan pemeriksaan adalah sebesar 0,7 ($R=0,7$), maka dari hasil perhitungan pada program Solver, hanya diperlukan **satu kali breakdown** dan **satu kali pemeriksaan** sistem poros baling-baling dalam satu periode kelas. Dimana interval waktu dilakukan pemeriksaan sistem poros adalah ketika jam operasional kapal telah mencapai 18.275. jam.

Dengan pola operasional kapal yang sama (300 hari/tahun) maka dapat dilakukan pemeriksaan sistem poros baling-baling pada pertengahan periode kelas atau pada tahun ketiga periode kelas. Dengan demikian, maka proses pencabutan poros dapat digabungkan pada saat intermediet survey yang ditentukan oleh kelas, tanpa harus melaksanakan lagi pemeriksaan poros pada akhir periode kelas.

Perbandingan keuntungan yang diperoleh .

Berikut akan dibandingkan keuntungan yang dapat diperoleh selama satu periode kelas jika kapal melakukan pemeriksaan sistem poros baling-baling berdasarkan ketentuan kelas dan jika kapal melaksanakan pemeriksaan sistem poros berdasarkan analisa tingkat keandalan komponen.

1. Dengan aturan kelas, keuntungan per 5 tahun = Rp. 38.860.773.735
2. Dengan analisa keandalan komponen, keuntungan per 5 tahun
= Rp. 38.993.136.881

Dengan demikian jika menggunakan analisa keandalan komponen akan terdapat surplus sebesar Rp.132.363.146, atau lebih hemat sekitar 0,3 % jika dibandingkan dengan aturan yang ditentukan oleh biro klasifikasi.

Interval waktu pemeriksaan akan semakin panjang, jika jumlah jam operasional kapal sedikit. Namun tentunya juga masih tergantung pada jenis komponen dan kualitas masing-masing komponen yang terdapat didalamnya.

4.8. ANNUAL SURVEY.

Annual survey merupakan survey berkala yang dilakukan oleh pihak Biro Klasifikasi Indonesia kepada seluruh kapal yang dikelaskan dan termasuk dalam jenis survey mempertahankan kelas. Annual survey dilakukan setiap satu tahun dan dapat dilaksanakan pada saat kapal terapung, berupa pemeriksaan visual secara umum terhadap kondisi kapal dan percobaan operasi peralatan penting pada kapal guna memastikan kapal dan seluruh sistem didalamnya masih dalam kondisi baik dan dapat beroperasi secara aman.

Adapun item-item yang dilakukan pemeriksaan pada annual survey adalah :

Dari hasil perhitungan penentuan jumlah inspeksi optimum diketahui bahwa pemeriksaan pada sistem poros baling-baling dapat dilakukan hanya satu kali dalam satu periode kelas. Sedangkan pada annual survey yang dilakukan setiap satu tahun (4 kali dalam satu periode kelas) juga dilakukan pemeriksaan pada kondisi sistem poros baling-baling. Pertanyaannya, apakah annual survey dapat digabungkan sehingga hanya satu kali dilakukan pemeriksaan kondisi poros baling-baling?

Hal pertama yang harus ditinjau adalah seperti apa dan sedalam apakah inspeksi/survey/pemeriksaan yang dilakukan pada masing-masing jenis survey. Seperti yang kita ketahui bahwa semakin dalam inspeksi yang dilakukan dan ditunjang dengan tingginya teknologi yang digunakan untuk melakukan inspeksi, maka semakin besar pula manfaat inspeksi pada komponen didalam mempertahankan keandalan komponen.¹⁰

10

Annual survey hanya dilakukan dengan cara mengamati secara umum kondisi sistem poros dari dalam kamar mesin. Pengamatan ini berfungsi untuk mengetahui tingkat kekedapan sistem sehingga dapat mencegah merembesnya air laut ke dalam kamar mesin. Selain pengamatan kekedapan, juga dilakukan check secara umum terhadap fungsi kerja pelumasan pada poros (untuk poros dengan pelumasan minyak). Inspeksi sistem poros pada annual survey tentunya tidak sedalam inspeksi yang dilakukan ketika dilakukan survey pencabutan poros baling-baling. Pada jenis inspeksi ini, dilakukan pengamatan lebih mendalam pada komponen-komponen yang ada didalam sistem, serta melakukan pengukuran *clearence* serta uji keretakan pada poros. Sehingga inspeksi pencabutan poros akan lebih bermanfaat pada pemeliharaan tingkat keandalan komponen.

Dengan hasil perhitungan dan analisa tingkat keandalan komponen diperoleh waktu inspeksi optimum, dalam hal ini inspeksi pencabutan poros dapat dilakukan hanya satu kali pada satu periode kelas. Namun seperti yang diketahui bahwa semakin banyak inspeksi yang dilakukan, maka akan mempengaruhi tingkat keandalan komponen karena kondisi kerja dari sistem terus dipantau. Oleh sebab itu survey umum pada sistem poros yang dilakukan sebagai bagian dari annual survey sebaiknya tetap dilakukan agar lebih dapat memonitor kondisi sistem poros baling-baling.

Selain itu, annual survey ada hubungannya dengan pemeriksaan pada sistem-sistem lain di kapal, sehingga harus tetap dilaksanakan sesuai aturan yang berlaku. Untuk lebih dapat menjaga kondisi dari komponen pada sistem poros, maka pemeriksaan sistem poros tetap dijadikan sebagai bagian dari annual survey yang dilaksanakan setiap tahun.

4.9. POTENTIAL FAILURE.

Yang menjadi acuan utama didalam melakukan analisa interval waktu inspeksi pada penelitian ini adalah *Time To Failure* dari masing-masing komponen. Pada dasarnya analisa akan menjadi lebih spesifik jika acuan yang digunakan adalah *Potential Failure* komponen sehingga dapat lebih mendetail pendugaan waktu kerusakan yang akan terjadi.

Potential Failure adalah fenomena atau gejala-gejala awal yang terdeteksi yang menandakan bahwa mulai terjadi proses rusaknya komponen, atau mendekati masa rusaknya komponen¹¹. Sedangkan di satu sisi *Mean Time To Failure* adalah ukuran interval keandalan suatu komponen. Atau ukuran interval waktu antara dua kerusakan komponen.

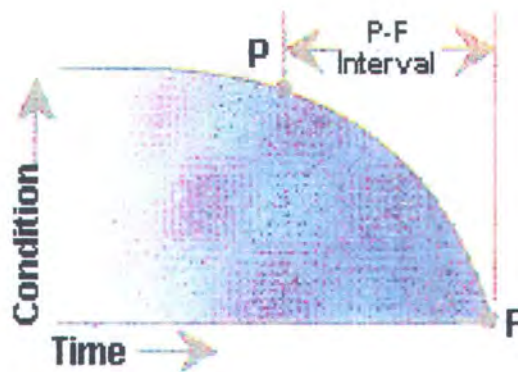
Dalam satu rentang umur pakai dari sebuah komoponen terdapat sebuah titik dimana terjadi peningkatan secara signifikan kemungkinan terjadinya kerusakan.

Interval waktu dari titik ketika komponen diinstal sampai dengan titik terjadinya peningkatan kemungkinan kerusakan disebut sebagai *useful life of Component*¹².

Sangatlah penting untuk dapat mengetahui kondisi dari komponen dan interval waktu sebelum terjadinya kerusakan, atau dengan kata lain harus dapat diketahui seberapa cepat komponen berfungsi dari level OK menjadi NOT OK. Kondisi ini terkadang didefinisikan sebagai perode berkembangnya kerusakan atau kondisi dari *potential failure* hingga *functional failure* atau lebih dikenal dengan (P-F) interval. Grafik P-F interval sebuah komponen dapat digambarkan sebagai berikut :

¹¹ John Moubray, 2000

¹² Gino Palarchio, 2001



Gambar. 19. Grafik P-F Interval

Pendeteksian *potential failure* interval dapat dilakukan sejak komponen diproduksi. Hal ini berguna untuk dapat mendisain komponen dengan jaminan *failure free* pada periode waktu tertentu. Namun untuk dapat menentukan potensial failure interval dari sebuah komponen, diperlukan penelitian mendalam yang didukung dengan data-data percobaan yang cukup lengkap. Penggunaan prosedur seperti *Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*, *Effect and Critically Analysis (FMECA)*, dan berbagai pengembangan ilmu keandalan serta keahlian dibutuhkan untuk dapat menentukan *potential failure modes*.

Oleh karena kendala record data kerusakan dari sistem poros baling-baling yang dianalisa tidak lengkap, maka salahsatu alternatif analisa tingkat keandalan yang dilakukan ialah dengan menggunakan data failure rate dari tiap-tiap komponen. Data tersebut kemudian dihitung nilai MTTF nya. Meskipun menjadi tidak begitu spesifik analisa yang idlkaukan, namun diharapkan dari model yang telah dikembangkan pada penelitian ini akan diperoleh gambaran secara umum proses menentukan interval waktu pemeriksaan dari komponen sebuah sistem. Sehingga kedepannya model ini akan dapat terus dikembangkan dengan melengkapi data-data yang dibutuhkan dan pola analisa yang lebih mendalam menyangkut

potential failure dari tiap-tiap komponen untuk menentukan interval perawatan dan inspeksi yang harus dilakukan pada sistem-sistem lain didalam kapal.



BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melaksanakan seluruh proses pengerjaan Tugas Akhir ini, dan dari hasil analisa data serta pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai penentuan interval waktu inspeksi untuk sistem poros baling-baling kapal :

1. Penentuan jumlah inspeksi sistem poros baling-baling memerlukan berbagai pertimbangan, baik dari segi ekonomis maupun dari segi teknis. Jumlah inspeksi yang tidak tepat dapat menyebabkan peningkatan pada maintenance cost atau dapat menimbulkan kendala teknis pada sistem seperti kerusakan komponen atau penurunan performa sistem dari yang diharapkan.
2. Inspeksi yang baik dapat mendeteksi kerusakan-kerusakan kecil sejak dini dan dapat segera dilakukan perawatan, sehingga mencegah terjadinya kerusakan yang lebih besar yang dapat mengakibatkan waktu breakdown yang lebih panjang dan kenaikan repair cost.
3. Program solver yang dibuat dapat membantu para pemilik kapal untuk menyederhanakan proses penentuan pola inspeksi yang sesuai dengan tingkat keandalan komponen sistem poros kapal dan jam operasional kapal yang dimiliki.
4. Selayaknya sebuah sistem teknis, maka proses penentuan inspeksi pada sistem baling-baling kapal juga dapat digunakan untuk menentukan

kebijakan inspeksi pada sistem permesinan umum lainnya dengan berbasis keandalan.

Didalam mengerjakan penelitian ini, dirasa masih banyak hal yang dapat dikembangkan untuk diteliti pada penelitian-penelitian selanjutnya yang sejenis.

Adapun saran-saran penulis bagi penelitian selanjutnya adalah :

1. Analisa tingkat keandalan komponen akan lebih baik jika dilakukan dengan berbasis pada record data kerusakan komponen atau sistem yang pernah dilakukan sebelumnya. Dari record kerusakan ini akan dapat dianalisa distribusi kerusakan yang terjadi sehingga penentuan tingkat keandalannya akan lebih akurat.
2. Disarankan untuk mengembangkan penelitian ini pada sistem-sistem lain di kapal, sehingga pada akhirnya dapat dibuat sebuah penentuan interval docking optimum dengan pendekatan tingkat keandalan seluruh sistem yang ada di kapal.
3. Merekomendasikan pada pihak klasifikasi untuk mulai mempertimbangkan penentuan interval dan jumlah survey dengan pendekatan tingkat keandalan sistem yang berhubungan dengan jumlah jam operasional kapal.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Biro Klasifikasi Indonesia, *Rules for the classification and construction of seagoing steel ship Volume I*, PT. Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta 2000.
2. Arnljot Høyland, Marvin Rausand, The Norwegian Institute of Technologie *System Reliability Theory. Models and Statical Methods*, A Wiley-Interscience publication, NewYork USA. 1994.
3. Dimitri Kececioglu, Ph.D., P.E Departement of Aerospace and Mechanical Engineering The University of Arizona, *Reliability Engineering Handbook Volume 2*, Prentice Hall P T R, Englewood Cliffs, New Jersey USA 1991
4. Andrew Shepherd, *Hierarchical task analysis*, Taylor and Francis, London 2001
5. A.K.S.Jardine, PhD, MSc,Ceng, MIMechE, MIProdE, Department of Engineering Production, University of Birmingham, *Maintenance, Replacement, and Reliability*, Pitman Publishing, Great Britain 1973.
6. K.B Artana, K.Ishida, *Spreadsheet modeling of optimal maintenance schedule for components in wear-out phase*, Paper, Departement of Energy and Electro-Mechanical Engineering, Kobe University of Mercantile Marine, Kobe, Jepang 2002.
7. William Denson, Greg Chandler, William Crowell,& Rick Wanner, *Nonelectronic Parts Reliability Data 1991*, Reliability Analysis Center Rome New York USA, 1991.

8. Patrick.D.T.O'Connor, *Practical reliability Engineering*, British Aerospace plc, UK 1995.
9. Ronald T. Anderson and Lewis Neri, *Reliability Centered Maintenance*, Elsevier Applied Science, New York 1990.
10. Roy. L. Harrington., "Marine Engineering, The Society of Naval Architects and Marine Engineering", 601 Pavonia Avenue, Jersey City, N. J. 07306,1971.
11. Stefenson. J., "Design Procedure for Reliability of Integrated Marine System",ICMES 1990.



LAMPIRAN

1. Contoh Operating Cost

2. Failure Rate data komponen

3. Standart tarif perbaikan kapal

NPRD-91

Part Summaries 2-119

Part Description	Qual Lev	App Env	Data Source	Fail E6	Per Hours	Total Failed	Operating Hours (E6)	Detail Page
Binary Switch, Shield	Com	GB	13567-021	<	11.3122	0	0.0884	3-299
Binary Switch, Stepping	Mil				2.9235			
					2.9235			
		DOR	11233-000	<	0.4000	2	5.0000	3-299
		NSB	NPRD-094	<	21.3675	5	0.2340	3-299
	Unk				2.9236			
		GF	14182-001	<	0.4000	-	-----	3-299
		NSB	14182-001	<	21.3680	-	-----	3-299
Binary Switch, Thumbwheel	Com				0.8577			
					0.2271			
		AI	23001-000		15.8562	3	0.1892	3-299
		GB			0.1287			
			13567-021	<	0.0113	0	88.7952	3-299
			17901-000		2.7112	12	4.4260	3-299
		GF	17901-000	<	0.0908	1	11.0182	3-299
		GM		<	0.2523			
			17901-000	<	0.2541	0	3.9360	3-299
			23000-000	<	36.0179	0	0.0278	3-299
	Mil				0.4200			
		AIT	17901-000		7.1831	3	0.4176	3-299
		GF	17901-000	<	0.9366	0	1.0677	3-299
		GM		<	0.2031			
			17901-000	<	0.2139	0	4.6740	3-299
			23000-000	<	4.0020	0	0.2499	3-300
		NSB	17901-000	<	1.3616	0	0.7345	3-300
	Unk				32.9050			
		GF	18459-000		4.0062	8	1.9969	3-300
		GM	18459-000		270.2693	1	0.0037	3-300
Number Control Assembly, CSEP Circuit Card	Mil	NH	24794-000		420.2627	11	0.0262	3-300
Slide and Arm Device	Mil	DOR	13523-000		0.4819	36	74.7060	3-300
(Summary)					7.3392			
	Com				22.2783			
					9.7120			
		A	NPRD-053		1.4859	1	0.6730	3-300
		AUT	NPRD-090		122.2703	140	1.1450	3-300
		GM	16027-000	<	1.4182	0	0.7051	3-300
	Mil				42.4720			
		A			198.8932			
			25199-000		65.7878	10647	161.8380	3-300
			NPRD-102		601.3046	92	0.1530	3-300
		AIF		<	2.6106			
			17867-000	<	4.8483	0	0.2063	3-300
			18138-000	<	51.1876	0	0.0195	3-300
			18139-000	<	8.4428	0	0.1184	3-300
			18212-000	<	25.7646	0	0.0388	3-300
		ARW			138.9567			
			25199-000		194.0292	13	0.0670	3-300
			NPRD-070		703.7006	38	0.0540	3-300
			NPRD-091		29.5819	276	9.3300	3-300
			NPRD-106		92.3074	12	0.1300	3-300
		AJ	NPRD-106		0.2387	44	184.2960	3-300
		AJF	16953-000		20.8926	22	1.0530	3-300
		DOR	NPRD-115	<	0.0247	0	40.5600	3-300
		GF	16999-000	<	1.9729	0	0.5069	3-300
		GM			6.8399			
			18212-000	<	83.7942	0	0.0119	3-300

2-150 Part Summaries

NPRD-91

Part Description	Qual Lev	App Env	Data Source	Fail Per E6 Hours	Total Failed	Operating Hours (E6)	Detail Page
Tube, Electron, Surge	Com	GB	13567-021	0.0099	4	403.6708	3-358
Tube, Electron, Triode	Com	GB	13567-021	0.9725	9	8.2264	3-358
Tubing (Summary)				2.2171			
Tubing, Cesium Beam	Unk			34.2768			
		GF	18459-000	34.2768	6	0.1750	3-358
		NS	18459-000	34.2768	6	0.1750	3-358
Tubing, Metal	Unk			0.7415			
		G	14182-001	2.0470	-	-----	3-358
		GF	18459-000	0.1500	3	20.0000	3-358
		GM	18459-000	0.7294	2	2.7421	3-358
		NS	18459-000	1.6452	7	4.2547	3-358
		NU	18459-000	0.6083	1	1.6439	3-358
Valve (Summary)				8.2961			
Valve	Mil	NH	24794-000	595.9746	132	0.2215	3-358
Valve, Ball	Unk	G	14182-001	0.2150	-	-----	3-359
Valve, Butterfly				14.4669			
	Mil	NH	24794-000	1260.7871	33	0.0262	3-359
	Unk	G	14182-001	0.1660	-	-----	3-359
Valve, Check	Unk			9.4621			
		A	14182-001	27.9679	-	-----	3-359
		ARW	14182-001	10.0500	-	-----	3-359
		G	14182-001	3.0140	-	-----	3-359
Valve, Control	Unk	A	14182-001	107.3457	-	-----	3-359
Valve, Freon	Unk			5.5979			
		A	14182-001	22.6420	-	-----	3-359
		GF	14182-001	1.3840	-	-----	3-359
Valve, Fuel (Summary)	Unk			12.3407			
		A		20.1107			
		ARW		50.1437			
		G		1.2760			
		GF		0.7497			
		GM		2.3850			
Valve, Fuel	Unk			2.8275			
		A	14182-001	2.8510	-	-----	3-359
		ARW	14182-001	39.9999	-	-----	3-359
		GF	14182-001	0.2350	-	-----	3-359
		GM	14182-001	2.3850	-	-----	3-359
Valve, Fuel, Dump	Unk	A	14182-001	1.4230	-	-----	3-359

TWEEN DECKER VESSEL 9000 DWT - Built 2002

in US\$

ACTI CODE	ITEM	Budget	Actual	Outlook'2004						Act/Est+Out	Variance to budget	
		Jan-Dec'04	Jan-Aug'04	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ttl-Outlook	Jan-Dec'04	Total	%
0	INSURANCE											
010	P & I Advance Call	28.786	18.250		2.300	2.300	2.530	2.530	9.660	27.910	(876)	-3%
011	P & I Provision for Supp. Call	-	-		-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!
02	Hull & Machinery (Incl.War Risk)	33.075	22.784		2.848	2.848	2.848	2.848	11.392	34.176	1.101	3%
	Total INSURANCE	61.861	41.034	-	5.148	5.148	5.378	5.378	21.052	62.086	225	0%
1	TECHNICAL											
10	Certification & Surveys	27.900	38.214		450	100	500	1.100	2.150	40.364	12.464	45%
11	Docking	145.165	161.768						-	161.768	16.603	11%
12	Maintenance	60.725	4.221		4.950	4.350	7.050	8.600	24.950	29.171	(31.554)	-52%
13	Work for Government Rule	-	1.045						-	1.045	1.045	#DIV/0!
14	Repair	-	15.966				2.700		2.700	18.666	18.666	#DIV/0!
15	Work for Renewal	-	-						-	-	-	#DIV/0!
16	Conversion & Modification	5.000	-						-	-	(5.000)	-100%
	Total TECHNICAL	238.790	221.214	-	5.400	4.450	10.250	9.700	29.800	251.014	12.224	5%
2	SUPPLY & PURCHASE											
21	Supplies for Docking	70.460	65.356		-	-	-	-	-	65.356	(5.104)	-7%
22	Spare Part	44.780	7.780		6.300	11.600	6.960	3.210	28.070	35.850	(8.930)	-20%
23	Supplies for Government Rule	8.800	20.409			1.250		900	2.150	22.559	13.759	156%
24	Supplies for Repair	-	5.126		-	-	-	-	-	5.126	5.126	#DIV/0!
25	Supplies for Renewal	-	-		-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!
26	Supplies for Conv./Modl.	-	-		-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!
290	Running Store	45.530	20.484		4.950	5.410	8.100	3.370	21.830	42.314	(3.216)	-7%
291	Lube Oil	49.140	16.305		15.000	-	14.000	-	29.000	45.305	(3.835)	-8%
	Total SUPPLY & PURCHASE	218.710	135.460	-	26.250	18.260	29.060	7.480	81.050	216.510	(2.200)	-1%
3	MARINE PERSONEL											
30	Crew Wages	188.818	117.828		15.094	15.094	20.886	15.094	66.168	183.996	(4.822)	-3%
31	Crew Expenses (On Board)	53.725	32.064		4.433	4.433	4.433	4.433	17.732	49.796	(3.929)	-7%
32	Administration	3.600	2.330		300	300	300	300	1.200	3.530	(70)	-2%
33	Communication	3.300	2.557		275	275	275	275	1.100	3.657	357	11%
34	Crew Expenses (Ashore)	4.792	674		340	340	340	340	1.360	2.034	(2.758)	-58%
	Total MARINE PERSONEL	254.235	155.453	-	20.442	20.442	26.234	20.442	87.560	243.013	(11.222)	-4%
A	Total	773.596	553.161	-	57.240	48.300	70.922	43.000	219.462	772.623	(973)	0%
B	Total Excl.Docking & Conv/Modl	552.971	326.037	-	57.240	48.300	70.922	43.000	219.462	545.499	(7.472)	-1%
C	Amortized Docking Cost	116.884	81.586		7.647	7.647	7.647	7.647	30.588	112.174	(4.710)	-4%
D	Amortized Conv/Modl Cost	1.146	-		-	-	-	-	-	-	(1.146)	-100%
E	Management Fee	72.000	48.000		6.000	6.000	6.000	6.000	24.000	72.000	-	0%
F	Interest	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
G	Depreciation	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
H	Bareboat charter Rate	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
I	Total Cost (Run+Cap)	743.001	455.623	-	70.887	61.947	84.569	56.647	274.050	729.673	(13.328)	-2%
J	Tot Daily Cost (Run+Cap)	2.036	1.867	-	2.363	1.998	2.819	1.827	2.246	1.999	(37)	-2%

2-10 Part Summaries

NPRD-91

Part Description	Qual Lev	App Env	Data Source	Fail Per E6 Hours	Total Failed	Operating Hours (E6)	Detail Page
Battery, Rechargeable (continued)	Unk	G	14182-001	1.4980	-	-----	3-6
		GF		0.0647			
			14182-001	0.0060	-	-----	3-6
			18459-000	0.6974	6	8.6034	3-6
		GM		12.9460			
			14182-001	27.0269	-	-----	3-6
			18459-000	6.2011	5	0.8063	3-6
		SF	14182-001	0.1320	-	-----	3-6
Battery, Rechargeable, Lead Acid				16.9322			
	Mil	AIF	25100-000	175.8747	13	0.0739	3-6
	Unk	GF	18354-000	1.6301	18	11.0420	3-6
Battery, Rechargeable, Ni-Cd				0.5197			
	Com	GF	NPRD-010	0.4305	342	794.3832	3-6
	Mil			0.5452			
		AIF	25100-000	6913.2118	511	0.0739	3-6
		SF		0.0234			
			10219-034	0.1320	8	60.5910	3-6
			23020-000	0.0236	0	42.3975	3-6
			NPRD-016	0.0011	8	7438.0000	3-6
			NPRD-120	0.0920	4	43.4655	3-6
Battery, Rechargeable, Solar	Unk	SF	14182-001	0.0010	-	-----	3-7
Battery, Storage				2.0297			
	Com	GB	13567-021	0.0933	8	85.7324	3-7
	Mil	A	23038-003	44.1500	1	0.0227	3-7
Battery Charger, Emergency Lighting	Mil	GF	23013-000	1.3110	7	5.3394	3-7
Bearing (Summary)				3.1114			
Bearing				8.7827			
	Com			1.7216			
		ALT	NPRD-090	11.4679	5	0.4360	3-7
		GB	13567-021	0.0352	0	28.4440	3-7
		GF		4.0681			
			NPRD-073	4.1699	16	3.8370	3-7
			NPRD-103	10.4167	0	0.0960	3-7
		GM	NPRD-063	21.9213	34	1.5510	3-7
	Mil			16.4946			
		A	25199-000	8.2600	261	31.5980	3-7
		AIF		1.4938			
			17867-000	0.5227	0	1.9132	3-7
			18138-000	5.6875	0	0.1758	3-7
			18139-000	1.0554	0	0.9476	3-7
			18212-000	16.1028	5	0.3105	3-7
		ARW		102.4342			
			NPRD-070	833.3296	45	0.0540	3-7
			NPRD-091	12.5914	155	12.3100	3-7
		ALF	16953-000	3.1008	2	0.6450	3-7
		GF	NPRD-054	1.3776	16	11.6140	3-7
		MP	18291-000	4.7551	0	0.2103	3-7
		NH	24794-000	1161.3948	237	0.2041	3-8
		NS	NPRD-106	1.2059	4	3.3170	3-8
	Unk			8.7966			
		A	14182-001	8.2010	-	-----	3-8
		ARW	14182-001	16.1760	-	-----	3-8
		G	14182-001	2.0590	-	-----	3-8
		GM	14182-001	21.9210	-	-----	3-8

2-12 Part Summaries

NPRD-91

Part Description	Qual Lev	App Env	Data Source	Fail Per E6 Hours	Total Failed	Operating Hours (E6)	Detail Page
Bearing, Ball (continued)							
	Unk	AUT	18459-000	3.0281	.4	1.3209	3-9
		G	14182-001	0.9460	-	-----	3-9
		GF		0.1682			
			14182-001	0.0110	-	-----	3-9
			18459-000	2.5728	26	10.1056	3-9
		GM		7.9958			
			14182-001	9.1420	-	-----	3-9
			18459-000	6.9934	14	2.0019	3-9
		NS	18459-000	3.1158	24	7.7028	3-9
		NSB	14182-001	3.8610	-	-----	3-9
		NJ	18459-000	16.9837	4	0.2355	3-9
		SF	14182-001	0.6830	-	-----	3-9
Bearing, Ball, Annular							
	Com	GB	13567-021	2.6961 0.0220	72	3273.9876	3-9
	Mil	AIT	15242-000	330.5337	419	1.2676	3-10
Bearing, Computer Peripheral							
	Com	GF	23009-000	14.1580	82	5.7918	3-10
Bearing, Crank							
	Com	GB	13567-021	< 2.4655	0	0.4056	3-10
Bearing, Hydrostatic							
	Mil	GM	18283-000	< 502.7652	0	0.0020	3-10
Bearing, Needle							
	Com	A	NPRD-053	< 2.7180 < 2.9674	0	0.3370	3-10
	Unk	A	14182-001	2.7180	-	-----	3-10
Bearing, Rod End							
	Mil	GM	18283-000	< 100.5530	0	0.0099	3-10
Bearing, Roller							
	Com			3.2900 7.6537			
		A	NPRD-053	< 0.6854	0	1.4590	3-10
		GB	13567-021	0.3032	12	39.5824	3-10
		GM	NPRD-063	207.3272	232	1.1190	3-10
	Mil			2.3828			
		A		5.5421			
			23038-004	35.5871	1	0.0281	3-10
			25199-000	0.8631	11	12.7450	3-10
		ARW	NPRD-091	23.9999	6	0.2500	3-10
		AJ	NPRD-106	< 0.0407	0	24.5700	3-10
		GF	NPRD-106	0.2801	8	28.5620	3-10
	Unk			3.4948			
		A	14182-001	0.2840	-	-----	3-10
		ARW		51.2160			
			14182-001	23.9999	-	-----	3-10
			18459-000	109.2952	6	0.0549	3-10
		AUT	18459-000	< 10.2199	0	0.0978	3-10
		G	14182-001	0.2800	-	-----	3-10
		GM	18459-000	8.3340	5	0.6000	3-10
		N	14182-001	1.2060	-	-----	3-10
		NJ	18459-000	6.7999	1	0.1471	3-10
Bearing, Self Lubricated Seal							
	Mil	GM	18283-000	< 167.5884	0	0.0060	3-10
Bearing, Self-Aligning							
	Com	GB	13567-021	< 0.0172	0	58.2296	3-10
Bearing, Sleeve							
	Com	GB	13567-021	3.9756 0.0208	4	191.9476	3-10

IKATAN PERUSAHAAN INDUSTRI KAPAL DAN SARANA LEPAS PANTAI
INDONESIA
(INDONESIAN SHIPBUILDING AND OFFSHORE INDUSTRY ASSOCIATION)
Perwakilan Jawa Timur

STANDARD TARIP

PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN KAPAL



Kantor Perwakilan Jawa Timur

Jl. Nilam Barat No. 12 Surabaya 60177

Telp. : 031-329 5111, Fax. : 031-329 3240

Email : iperindo@telkom.net

A. Pelayanan Umum

1	Periksa bebas gas per tangki	Rp.	300,000
2	Pembuangan sampah kapal per hari	Rp.	125,000
3	Pemadam Kebakaran		
	3.1 Penjaga kebakaran/orang/hari	Rp.	50,000
	3.2 Sambung & lepas 1x pelaksanaan	Rp.	125,000
4	Pelayanan air :		
	4.1 Air tawar dari tongkang	Rp.	30,000 /ton
	4.2 Air tawar dari darat/kade	Rp.	25,000 /ton
	4.3 Pasang/lepas slang/pipa air satu kali sambungan	Rp.	125,000
5	Pelayanan listrik :		
	5.1 Disesuaikan dengan tarip PLN	Rp	800 / kWh
	5.2 Penyambungan dan pelepasan kabel satu kali sambung dan lepas	Rp.	180,000
6	Penjagaan Keamanan Selama kapal docking / floating	Rp.	200,000 / hari orang
7	Pelayanan Telephon Lokal		
	a. Sambung lepas kabel	Rp.	200,000 / saluran
	b. Tarip telephon	Rp.	50,000 / hari x saluran
8	Pelayanan Saluran Ventilasi		
	a. Sambung saluran	Rp.	400,000 / saluran x kali
	b. Tarip Penggunaan	Rp.	150,000 / hari
9	Peranca, pemasangan di :		
	a. Luar ruangan	Rp.	14,000 /M3
	b. Dalam ruangan	Rp.	22,000 /M3
	c. Posisi tinggi	Rp.	28,000 /M3
10	Pelayanan Derek		
	a. Derek apung (Floating Crane)		
	1) Kapasitas 50 ton	Rp.	1,800,000 /jam
	2) Kapasitas 200 ton	Rp.	4,700,000 /jam
	3) Tidak termasuk biaya kapal tunda		
	4) Penggunaan dihitung minimum 2 jam		
	b. Mobile Crane		
	1) Kapasitas 10 ton	Rp.	120,000 /jam
	2) Kapasitas 20 Ton s/d 25 ton	Rp.	240,000 /jam
	3) Kapasitas 50 Ton s/d 75 ton	Rp.	400,000 /jam
	4) Kapasitas 100 ton	Rp.	600,000 /jam
	Penggunaan dihitung minimum 8 jam (termasuk mob/demob)		

Jasa TUNDA dan PANDU

1 Penundaan Kapal di daerah Perairan Galangan

No.	GRT KAPAL	Harga per Jam (Rp)
	s/d 500 GT	1,000,000
	501 GT s/d 1500 GT	1,200,000
	1501 GT s/d 3500 GT	1,600,000
	3501 GT s/d 8000 GT	2,250,000
	8001 GT s/d 14000 GT	3,300,000
	14001 GT s/d 20000 GT	5,300,000
	20001 GT s/d 30000 GT	7,500,000

Catatan :

Penggunaan minimum 2 Jam

2 Pelayanan PANDU per gerakan di daerah Galangan

No.	Jasa PANDU per kapal	Harga per Jam (Rp)
	s/d 500 GT	150,000
	501 GT s/d 1000 GT	200,000
	Lebih dari 1000 GT dan setiap kelebihan s/d 500 GT	25,000

Tarif sewa/biaya dibedakan menurut jam hari

J a m	07.30 - 16.30	16.30 - 22.30	22.30 - 07.30
Hari			
Senin s/d Jum'at	100%	150%	200%
Sabtu / Minggu Libur resmi	200%	250%	300%

TARIP PENGEDOKAN

1 TARIP PENGEDOKAN

GT or Displacement	Assistensi Naik / Turun Dock (Rp)	Docking / Undocking (Rp)	Docking Per Hari (Rp)	Docking Report (Rp)
s/d - 300	1,250,000	3,000,000	450,000	1,500,000
301 - 500	1,750,000	3,500,000	530,000	1,500,000
501 - 1500	2,250,000	4,500,000	680,000	1,500,000
1501 - 2500	2,750,000	5,500,000	830,000	1,500,000
2501 - 3500	3,250,000	7,000,000	1,050,000	2,500,000
3501 - 5000	3,750,000	9,000,000	1,350,000	2,500,000
5001 - 7000	4,250,000	12,000,000	1,800,000	2,500,000
7001 - 9000	4,750,000	15,000,000	2,250,000	2,500,000
9001 - 11000	5,500,000	19,000,000	2,850,000	2,500,000
11001 - 13000	6,250,000	23,000,000	3,450,000	2,500,000
13001 - 15000	7,000,000	28,000,000	4,200,000	2,500,000
15001 - 17000	7,750,000	33,000,000	4,950,000	3,500,000
17001 - 19000	8,500,000	39,000,000	5,850,000	5,000,000
19001 - 21000	9,500,000	45,000,000	9,000,000	5,000,000
21001 - 23000	10,500,000	52,000,000	15,600,000	5,000,000
23001 - 25000	11,500,000	59,000,000	17,700,000	5,000,000
25001 - 27000	12,500,000	67,000,000	20,100,000	5,000,000
27001 - 30000	13,500,000	75,000,000	22,500,000	5,000,000

Catatan :

- Tarif ini berlaku naik/turun dock didalam jam kerja normal pada hari kerja, diluar jam kerja normal akan dikenakan tarif sesuai butir 8.
- Pengedockan kurang dari 2 hari, dihitung dua hari
- Apabila selama docking perlu dilakukan penggeseran balok lunas, akan dikenakan biaya tambahan sebesar 100% dari tarif docking / undocking.
- Apabila diperlukan pengaturan khusus balok lunas atau fasilitas darat lainnya akan dikenakan biaya tambahan.
- Emergency docking dikenakan biaya extra.
- Kapal type khusus (KRI, Ferry Roro, TD, Yacht, Barge, Kapal Kerja) dihitung berdasarkan Displacement kapal

2 Bongkar & pasang kembali Dock Block dikenakan biaya :

- Keel Block Rp. 400,000 / buah
- Side Block Rp. 360,000 / buah
- Bottom Share Rp. 380,000 / buah

Catatan : Dock block khusus dikenakan tarif tersendiri.

BANGUNAN KAPAL

Pembersihan badan kapal :

1	Water jetting	: Rp.	12,000	/M2
2	Spot Blasting	: Rp.	35,000	/M2
3	Sand blasting	: Rp.	30,000	/M2
4	Sweep blast	: Rp.	25,000	/M2
5	Scrapping	: Rp.	6,000	/M2
6	Wire brushing	: Rp.	15,000	/M2
7	Ultrasonic test	: Rp.	12,000	/point
8	Amplashing	: Rp.	20,000	/M2
9	Cuci air tawar pada lambung	: Rp.	6,000	/M2
10	Chipping	: Rp.	12,000	/M2

Catatan :

- a. Pengerjaan dengan lembur dihitung tersendiri
- b. Untuk Ultrasonic minimum 50 titik
- c. Per point internal Ultrasonic : Rp. 13,000
Untuk tambahan peralatan khusus dihitung tersendiri
- d. Penambahan gambar laporan bukaan kulit sebagai lampiran ultra sonic : Rp. 75,000 / lembar
- e. Pekerjaan didalam ruangan menjadi 200%
- f. Area Top side, ditambah 10% dari Tarip diatas.
- g. Untuk pekerjaan blasting, minimum keluasan 100 M2
- h. Dikenakan penambahan tarip untuk :
 - h.1 Kondisi kapal sangat kotor
 - h.2 Pembersihan dengan chemical
 - h.3 Pengecatan yang menyebabkan ekstra kerja, waktu.
 - h.4 Korosi yang sangat parah
 - h.5 Penerapan pengecatan SPC, ditambah 50% dari tarip.
- i. Dikenakan tarip extra untuk :
 - i.1 Pekerjaan dalam tangki menjadi 250%
 - i.2 Pekerjaan badan kapal bagian dalam (inside hull)

Pengecatan (cat owner supplied) :

1. Lambung
 - 1.1 Pengecatan per lapis =Rp. 3,500 M2/layer
 - 1.2 Pengecatan Touch Up =Rp. 6,000 M2/layer touch up

Catatan : Untuk pengecatan dalam tangki menjadi 250%

2. Tanda syarat dan garis air :

GT	PAINTING OF DRAFT & PLIMSOL MARK	PAINTING OF WATER LINE	PAINTING OF SHIP NAME + REGISTER PORT
s/d - 300	350,000	550,000	200,000
301 - 500	500,000	750,000	250,000
501 - 1500	650,000	1,000,000	350,000
1501 - 2500	800,000	1,500,000	425,000
2501 - 3500	950,000	2,000,000	500,000
3501 - 5000	1,100,000	2,750,000	600,000
5001 - keatas	1,100,000	2,750,000	600,000
	+ 100 (GRT-5000)	+ 150 (GR-5000)	+ 50 (GRT-5000)

Catatan : Tidak termasuk biaya peranca

C3. Penggantian baru plat baja/plat lurus

TEBAL PLAT	BIAYA DASAR
s/d 1/4" / 6 mm	Rp. 14,500 /Kg
8 mm s/d 12 mm	Rp. 13,500 /Kg
lebih besar 12 mm	Rp. 13,000 /Kg

Catatan :

1. a Penggantian plat baja (mild steel) menurut jumlah :
 - s/d - 50 kg = 200%
 - s/d 51 - 100 kg = 175%
 - s/d 101 - 500 kg = 150%Material dari Galangan.
 - b High Tensile Steel, Grade plate type D&E dikenakan tarip extra
 - c Dabling plate, tarip ditambah 75% dari tarip replating
 - d Plat dengan dimensi khusus (trapesium) dihitung berdasarkan dimensi terbesar.
 - e Berlaku untuk plat (marine use) dengan standard BKI.

2. Penggantian plat menurut lokasi :

LOKASI :	%
a. Bottom/side shell	100
b. Keel plates	115
c. Deck plates	100
d. Tank tops	110
e. Engine room Bulkhead	120
f. Fore and aft peak keel plate	140
g. Internals in DBT	140
h. Internals in Room and casings	120
i. Mixed frame	140
j. Internal in Aft dan fore peak	140
k. Bulbous Bow	200
h. Internal dibawah Engine & Propulsion system	200

3. Lain-lain :
 - a. Lengkung s/d 45 derajat, tarif ditambah 10%
 - Lengkung ganda 90 derajat, tarif ditambah 30%
 - b. Bongkar pasang penghalang di perhitungkan tersendiri

4 Pekerjaan Tangki

1 Pembersihan Tangki Air Tawar

Type Muatan	Harga Per M3
Tangki Air Tawar di DBT	Rp. 12,500
Tangki Air Tawar di DT	Rp. 10,000
Tangki Air Ballast di DBT	Rp. 15,000
Tangki Air Ballast di DT	Rp. 11,500
Tangki FP & AP	Rp. 15,000

Catatan:

- Tidak termasuk pembuangan sludge dan penggunaan chemical
- Minimum caps. 10 M3 dengan 1x pelaksanaan

2 Pembersihan Tangki Minyak

Type Muatan	Harga Per M3
a Heavy Oil Tank D.B.T	Rp. 25,000
b Heavy Oil Tank D.T	Rp. 20,000
c Light Oil Tank D.B.T	Rp. 20,000
d Light Oil Tank D.T	Rp. 18,000
e Pembersihan tangki harian (Minimum caps. 0 s/d 5 M3)	Rp. 450,000

Catatan:

- Tidak termasuk pembuangan sludge dan penggunaan chemical

3 Pembersihan Tangki Muatan, Tangki Void, Tangki Sewage

Type Muatan	Harga / M3 Caps
a Tangki Muatan	Rp. 12,500
b Tangki Void	Rp. 7,500
c Tangki Sewage (Min. Caps. 50 M3)	Rp. 250,000

Catatan:

- Tidak termasuk pembuangan sludge dan penggunaan chemical.
- Untuk Crude oil / minyak kotor / Chemical Product dihitung tersendiri.
- Untuk tangki sewage minimum caps. Kapal Cargo 5 M3, Passenger 50M3.

4 Bongkar pasang manhole Rp. 100,000 / buah
(Tidak termasuk perbaikan, ganti packing & baut)

5 Bongkar pasang bottom Plugs Rp. 125,000 / buah

6 Pembuangan Sludge Rp. 150,000 / M3

7 Pengetesan Tangki

Type Tangki	Harga Per M3	
	Tangki Air Tawar	Tangki Air Laut
a Tangki Double Bottom	30,000	5,000
b Deep Tank	30,000	5,000
c Fore Tank	30,000	5,000

8 Hose Test dan Water Test

	Harga
a Side Scuttle (min. 5 buah)	Rp. 75,000 / buah
b Pintu Kedap	Rp. 100,000 / buah
c Plat Lambung (min. 3 lembar plat)	Rp. 250,000 / lembar

Pembersihan dan Pengecatan Tank Top, Bilge Space

a. Pembersihan Tank Top pada Ruang Muat	Rp. 4,400 / M2
b. Pengecatan Tank Top pada Ruang Muat	Rp. 2,500 / M2
c. Pembersihan Bilge Cargo Hold	Rp. 200,000 / area bilge
d. Pembersihan Bilge Ruang Mesin	Rp. 150,000 / M3

Catatan :

- Minimum 30M3
- Pembuangan Sludge dan pembersihan dengan chemical dihitung tersendiri

Pekerjaan Lambung Kapal

1 Penggantian Zinc Anoda

Berat Zinc Anoda	Harga Per buah
5 Kg	Rp. 66,000
5/ ← 9 Kg	Rp. 85,000
a) 10 Kg	Rp. 100,000
12 Kg	Rp. 134,000
16 Kg	Rp. 148,000
18 Kg	Rp. 172,000
22 Kg	Rp. 206,000

Catatan:

- Pekerjaan di dalam tangki / DBT, Tarip ditambah 150%.
- Belum termasuk material Zinc anoda dan baut.
- Zinc anoda lebih besar dikenakan tarip tersendiri.

2 Pembersihan Sea Chest

Ukuran	Harga (Rp) per buah
s/d 6"	Rp. 500,000
s/d 12"	Rp. 700,000
s/d 20"	Rp. 925,000
s/d 40"	Rp. 1,200,000
lebih besar 40"	Rp. 1,600,000

Catatan:

- Tidak termasuk biaya perbaikan dan ganti spare part
- Tidak termasuk biaya staging

3 Pengelasan

- Pengelasan sambunga Rp. 9,000 / titik

Catatan:

- a1. Diameter 1 Cm dan minimum 50 titik.
Diameter lebih besar dihitung tersendiri.
- a2. Area BGA, lebih dari 50 titik dikenakan Rp. 25.000/titik.
- b Pengelasan sambunga Rp. 50,000 / M per layer

Catatan:

- b1. Minimum 10 M
- b2. Pekerjaan horisontal / vertikal di tambah 120%
- b3. Pekerjaan overhead di tambah 130%

D. MESIN PENGGERAK UTAMA

D1. Perbaikan general overhaul mesin kapal

DAYA		Harga Per HP (Rp)
0 s/d	100 HP	60,000
101 s/d	200 HP	48,000
201 s/d	500 HP	33,000
501 s/d	1,000 HP	26,400
1,001 s/d	2,500 HP	24,000
2,501 s/d	3,500 HP	21,600
3,501 s/d	5,000 HP	18,000

Catatan :

- 1 Biaya penghalang dihitung tersendiri
- 2 Suku cadang dari owner
- 3 Overhaul gear box dihitung tersendiri
- 4 Tarip minimum dihitung Daya Motor 100 HP
- 5 Motor / Mesin khusus dihitung tersendiri
(MTU, Cartepilar, MWM,dan lain-lain)
- 6 Pekerjaan Intermediate Ovh. = 60% dari G.O
Pelaksanaan Top Overhaul = 40% dari G.O
- 7 Surcharge 25% dari Pelaksanaan pekerjaan

D2. Pengetesan Keretakan pada Shaft

Lokasi :	Harga (Rp)	
	Magnaflux Test	Colour Test
a. Di bengkel	1,365,000	956,000
b. Di Kapal / di Dock	1,495,000	1,086,000

D3. Megger Test pada MSB

GRT Kapal		Harga (Rp)
s/d	500 GT	702,000
501 GT	s/d 1500 GT	932,000
1501 GT	s/d 3500 GT	1,242,000
3501 GT	s/d 8000 GT	1,725,000
8001 GT	s/d 14000 GT	2,876,000
14001 GT	s/d 20000 GT	5,752,000
20001 GT	s/d 30000 GT	13,805,000

Catatan :

- a Type Kapal Penumpang, Tarip menjadi 150%.
- b Pekerjaan instalasi listrik dikenakan tarip tambahan.
- c Pekerjaan elektromotor dikenakan tarip tambahan.

E. SISTIM PROPULSI

E1. Daun Baling-Baling :

- 1) Bongkar/pasang dan dibersihkan untuk pemeriksaan ditempat :

DIAMETER BALING-BALING (METER)	Biaya Per Baling-Baling (Rp)
s/d 1.0	1,750,000
1.01 s/d 1.5	2,250,000
1.51 s/d 2	2,750,000
2.01 s/d 2.5	3,250,000
2.51 s/d 3	4,000,000
3.01 s/d 3.5	5,000,000
3.51 s/d 4	6,500,000
4.01 s/d 4.5	8,000,000
4.51 s/d 5	10,000,000
5.01 s/d 5.5	14,000,000
5.51 s/d 6	18,000,000

Catatan :

- Perbaikan daun baling-baling dihitung tersendiri.
 - Type sistem CPP dikenakan tarip min. 200%.
 - Type khusus dikenakan tarip tersendiri.
- 2) Daun baling-baling dipolish ditempat dan divernis :

DIAMETER BALING-BALING (METER)	UNTUK 3 DAUN (Rp)
s/d 1.0	400,000
1.01 s/d 1.5	500,000
1.51 s/d 2	750,000
2.01 s/d 2.5	1,000,000
2.51 s/d 3	1,250,000
3.01 s/d 3.5	1,500,000
3.51 s/d 4	1,750,000
4.01 s/d 4.5	2,000,000
4.51 s/d 5	2,500,000
5.01 s/d 5.5	3,000,000
5.51 s/d 6	3,500,000
lebih dari 6	4,000,000

Catatan :

- Minimum 3 daun
- Harga termasuk bahan polish & vernish (gemuk)
- Untuk 4 daun biaya menjadi 125% dari 3 daun
- Untuk 5 daun biaya menjadi 150% dari 3 daun

3) Melamak surface contact baling-baling terhadap konis poros

DIAMETER BALING-BALING (METER)	TARIP (Rp)
s/d 1.0	1,000,000
1.01 s/d 1.5	1,250,000
1.51 s/d 2	2,000,000
2.01 s/d 2.5	3,000,000
2.51 s/d 3	4,250,000
3.01 s/d 3.5	5,750,000
3.51 s/d 4	7,250,000
4.01 s/d 4.5	9,250,000
4.51 s/d 5	11,000,000
5.01 s/d 5.5	14,000,000
5.51 s/d 6	16,000,000

Catatan :

- Tidak termasuk biaya rekondisi
- Pekerjaan dilaksanakan di bengkel
- Untuk pelaksanaan di kapal tanpa cabut as propeler

4) Balanseren Statis baling-baling

DIAMETER BALING-BALING (METER)	Untuk 3 Daun (Rp)
s/d 1.0	500,000
1.01 s/d 1.5	750,000
1.51 s/d 2.0	1,000,000
2.01 s/d 2.5	1,500,000
2.51 s/d 3.0	2,000,000
3.01 s/d 3.5	2,500,000
3.51 s/d 4.0	3,000,000
4.01 s/d 4.5	3,500,000
4.51 s/d 5.0	4,000,000
5.01 s/d 5.5	5,000,000
5.51 s/d 6.0	6,000,000

Catatan :

- Belum termasuk biaya transportasi ke bengkel
- Untuk 4 daun biaya menjadi 125% dari 3 daun
- Untuk 5 daun biaya menjadi 150% dari 3 daun

E2. Poros Baling-Baling :

1) Pengukuran kelonggaran poros baling-baling dengan pelumasan air laut

DIAMETER POROS (MILI METER)		Per TABUNG POROS MK & BLK	
s/d	100	Rp.	500,000
101 s/d	150	Rp.	550,000
151 s/d	200	Rp.	600,000
201 s/d	250	Rp.	650,000
251 s/d	300	Rp.	700,000
301 s/d	350	Rp.	800,000
351 s/d	400	Rp.	900,000
401 s/d	450	Rp.	1,000,000
451 s/d	500	Rp.	1,100,000
501 s/d	550	Rp.	1,200,000

Catatan :

- 1 Tidak termasuk biaya bongkar pasang penghalang meskipun masih pada sistemnya.
- 2 Dari hasil pengukuran apabila poros harus dilepas / diperbaiki biaya pengukuran tetap diperhitungkan.
- 3 Untuk pelumasan minyak ditambah 10% dari tariff diatas.
- 4 Untuk pekerjaan per unit Bracket dikenakan 50% tariff diatas.
- 5 Pekerjaan pelepasan dan pemasangan Rope Guard, biaya ditambah 10% (excl.spare)
- 6 Type propulsi khusus diperhitungkan tersendiri.

2) Cabut poros baling-baling

DIAMETER POROS (MM)	TARIP PER BATANG (Rp.)		
	PANJANG POROS (M)		
	L : S/D - 5 M	L = 5,01 - 7 M	L = 7,01 - 10 M
100	2,400,000	3,000,000	4,000,000
150	4,000,000	6,000,000	8,000,000
200	5,000,000	7,500,000	9,000,000
250	7,000,000	9,000,000	11,000,000
300	8,000,000	11,000,000	14,000,000
350	10,000,000	14,000,000	17,000,000
400	11,000,000	16,000,000	20,000,000
450	13,000,000	18,000,000	22,000,000
500	15,000,000	20,000,000	25,000,000
550	17,000,000	24,000,000	30,000,000
600	19,000,000	27,000,000	34,000,000

Catatan :

Volume pekerjaan meliputi :

- a. Cabut poros ditempat dan dipasang kembali
- b. Bongkar & pasang koupling (Flens) poros antara.
Untuk koupling SKF Khusus dihitung tersendiri
- c. Type pelumas oli, tambah 30% (seal box simplex bearing)
Material Symplex seal dihitung tersendiri
- d. Perbaikan dan penggantian material di bengkel dihitung tersendiri.
- e. Magnaflux dihitung tersendiri
- f. Cek kelurusan di bengkel dihitung tersendiri
- g. Perbaikan kelurusan dihitung tersendiri
- h. Tidak termasuk biaya cabut baling-baling
- i. Type CPP dihitung tersendiri, minimum ditambah 100% dari tariff diatas.
- k. intermediate shaft dan penghalang dihitung tersendiri
- l. Type sistem koupling Keyless ditambah min. 25%.

3. Stern Tube :

- 1) Ganti baru stern gland packing :

DIAMETER POROS (MM)	Tarif /Poros (Rp)
s/d 100	300,000
101 s/d 150	375,000
151 s/d 200	450,000
201 s/d 250	550,000
251 s/d 300	650,000
301 s/d 350	750,000
351 s/d 400	900,000
401 s/d 425	1,050,000
426 s/d 450	1,200,000
451 s/d 475	1,400,000
476 s/d 500	1,600,000
501 s/d 525	1,800,000
526 s/d 550	2,000,000

Catatan :

Tidak termasuk biaya :

- 1 Material
- 2 Perbaikan, rekondisi dan pembuatan SUCAD

2) Ganti gelang pengaman :

DIAMETER POROS (MM)	Tarip / Buah (Rp)
s/d 100	200,000
s/d 200	300,000
s/d 300	400,000
s/d 400	650,000
s/d 500	800,000
s/d 600	1,000,000

Catatan :

Tidak termasuk biaya :

- 1 Material
- 2 Perbaikan, rekondisi dan SUCAD

3) Bongkar dan pasang stern tube dan bracket per koker bush

DIAMETER DENGAN SLEEVE (MM)	Koker Bush Per Tabung (Rp)	Bantalan Stern Tube dan Bracket			
		BAHAN DARI KARET (Rp)	BAHAN DARI KAYU POK (Rp)		
			Atas & Bawah	Bawah	
s/d 50	400,000	350,000	700,000	500,000	
51 s/d 75	500,000	450,000	1,300,000	900,000	
76 s/d 100	900,000	850,000	3,100,000	2,200,000	
101 s/d 150	1,300,000	1,150,000	4,200,000	3,100,000	
151 s/d 200	1,800,000	1,600,000	5,200,000	3,700,000	
201 s/d 250	2,200,000	2,000,000	6,300,000	4,200,000	
256 s/d 300	3,400,000	3,100,000	7,300,000	5,200,000	
301 s/d 350	4,700,000	4,300,000	8,700,000	6,600,000	
356 s/d 400	6,600,000	6,000,000	9,900,000	7,600,000	
401 s/d 450	9,000,000	8,200,000	11,500,000	10,400,000	
451 s/d 475	11,000,000	10,000,000	14,100,000	12,500,000	
476 s/d 500	13,200,000	12,000,000	14,500,000	15,000,000	

Catatan :

- a. Tidak termasuk biaya perbaikan/rekondisi bearing di bengkel, pembuatan sucad dan material
- b. Tidak termasuk biaya bongkar/pasang penghalang dan sistim
- c. Tidak termasuk cabut poros
- d. Bahan bantalan dari babit, biaya dihitung tersendiri

4) Bantalan dukung poros baling-baling

Diameter			Plummer Block Bearing (Rp)	Shaft thrust Bearing (Rp)
	s/d	100	500,000	700,000
101	s/d	200	700,000	900,000
201	s/d	250	700,000	1,000,000
251	s/d	300	800,000	1,200,000
301	s/d	350	800,000	1,600,000
351	s/d	400	1,000,000	1,900,000
401	s/d	450	1,100,000	2,200,000
451	s/d	500	1,300,000	2,500,000
501	s/d	550	1,700,000	2,800,000
551	s/d	600	2,100,000	3,200,000

Catatan:

- buka bantalan dukung poros baling-baling untuk diperiksa dan diukur, dibersihkan
- Tidak termasuk biaya perbaikan, rekondisi dan pembuatan SUCAD

4. Kemudi :

Pengukuran kelonggaran dan bongkar/pasang kembali (per kemudi)

GT or Displ.			Pengukuran Clearence (Rp)	Bongkar/Pasang Kemudi & Poros, pengukuran ditempat (Rp)
	s/d	300	475,000	5,400,000
301	s/d	500	780,000	6,600,000
501	s/d	1,500	1,014,000	8,900,000
1,501	s/d	3,000	1,150,000	12,400,000
3,001	s/d	4,000	1,380,000	13,300,000
4,001	s/d	5,000	1,609,000	14,200,000
5,001	s/d	7,000	1,841,000	16,000,000

Catatan:

- Tidak termasuk pekerjaan penghalang dan sistimnya
- Tidak termasuk biaya perbaikan dan pembuatan Suku Cadang.
- Biaya hydro test termasuk ganti isian oli bekas untuk daunkemudi sama dengan biaya pengukuran kelonggaran tongkat dan pasang kemudi
- Untuk Pintle Kemudi dihitung tersendiri
- Kort Nozzle biaya ditambah 50%
- Diluar GT diatas, dihitung tersendiri.

F. SISTIM MINYAK

F1. GANTI BARU PIPA LURUS PER METER

DIAMETER	PIPA HITAM (Rp)	PIPA PUTIH (Rp)
s/d 1/2"	51,000	59,000
s/d 1"	66,000	77,000
s/d 2"	131,000	151,000
s/d 3"	195,000	215,000
s/d 4"	258,000	296,000
s/d 5"	324,000	373,000
s/d 6"	391,000	445,000
s/d 8"	516,000	597,000
s/d 10"	652,000	765,000
s/d 12"	805,000	926,000

Catatan :

- a Bongkar/pasang pipa sebagai penghalang 40% harga per meter.
- b Bongkar/pasang pipa dan perbaikan 60% harga per meter.
- c Panjang pipa kurang dari 1 meter dihitung jadi 1 meter.
- d Pekerjaan pipa di dalam DBT 150% harga per meter.
Pekerjaan pipa di dalam Tangki 125% harga per meter.
- e Pipa aluminium dihitung 1 ½ kali pipa putih.
- f Pipa seamless Sch 40 dihitung 2 kali pipa putih
Pipa seamless Sch 80 dihitung 3 kali pipa putih
- g Pipa tembaga dihitung 3 ½ kali pipa putih.
- h Pipa Cuni dihitung 4 ½ kali pipa putih.
- l Proses galvanish menjadi 150%.
- j Untuk pipa diameter lebih dari 12", minimum dihitung 6 Meter

F2. Penggantian Klem Pipa

DIAMETER (INCH)	Per BUAH (Rp)
s/d 1/2"	35,000
0,55 s/d 1"	43,000
1,1 s/d 2"	51,000
2,1 s/d 3"	76,000
3,1 s/d 4"	102,000
4,1 s/d 6"	136,000
6,1 s/d 8"	204,000
8,1 s/d 10"	301,000
10,1 s/d 12"	341,000
diatas 12"	dihitung tersendiri

F3. Penggantian Plendes

DIAMETER (INCH)	Per BUAH (Rp)
s/d 1/2"	43,000
0,55 s/d 1"	54,000
1,1 s/d 2"	76,000
2,1 s/d 3"	101,000
3,1 s/d 4"	145,000
4,1 s/d 5"	176,000
5,1 s/d 6"	215,000
6,1 s/d 8"	290,000
8,1 s/d 10"	358,000
10,1 s/d 12"	455,000
diatas 12"	dihitung tersendiri

Catatan :

- 1 Ukuran standard katup s/d 10K / 150 psi
- 2 Untuk bahan Sch 40 ditambah 100%
- 3 Material packing dan baut dihitung tersendiri

F4. Penggantian Elbow, Potongan-T

DIAMETER (INCH)	HARGA Per BUAH	
	Elbow Galvanish (Rp)	Elbow Steel (Rp)
s/d 1/2"	50,000	81,000
1"	55,000	90,000
2"	88,000	117,000
3"	123,000	166,000
4"	188,000	271,000
5"	219,000	316,000
6"	249,000	361,000
8"	299,000	433,000
10"	376,000	545,000
12"	497,000	720,000
diatas 12"	dihitung tersendiri	dihitung tersendiri

Catatan :

1. Untuk bahan Sch 40 ditambah 100%

**F5. Bengkokan (Bending) per Bengkokan
(Untuk Pekerjaan Pipa Putih)**

DIAMETER (INCH)	Per BUAH (Rp)
s/d 1/2"	38,000
0,55 s/d 1"	58,000
1,1 s/d 2"	82,000
2,1 s/d 3"	127,000
3,1 s/d 4"	158,000
4,1 s/d 5"	182,000
5,1 s/d 6"	206,000
6,1 s/d 8"	245,000
8,1 s/d 10"	306,000
10,1 s/d 12"	401,000
di atas 12"	dihitung tersendiri

G. SISTIM AIR LAUT

Penggantian pipa, flendes, Elbow dan sebagainya lihat item F1 ~ F5

G1. Katup-katup air laut

a. Kian-kran laut

DIAMETER (INCH)	GLOBE VALVE (BUAH) (Rp)	GATE VALVE (BUAH) (Rp)
s/d 1"	180,000	300,000
1,1 s/d 2"	240,000	380,000
2,1 s/d 3"	300,000	450,000
3,1 s/d 4"	380,000	600,000
4,1 s/d 5"	530,000	750,000
5,1 s/d 6"	750,000	900,000
6,1 s/d 8"	900,000	1,050,000
8,1 s/d 10"	1,130,000	1,280,000
10,1 s/d 12"	1,350,000	1,500,000
12,1 s/d 14"	1,730,000	1,880,000
14,1 s/d 16"	2,100,000	2,250,000



Catatan :

Volume pekerjaan meliputi :

- 1 Buka pasang, dibersihkan, diperiksa dikonservei untuk pemeriksaan dicat meni, untuk pemeriksaan Class dan dicoba sampai baik.
- 2 Pekerjaan dan test di bengkel biaya menjadi 200 %.
- 3 Belum termasuk biaya bongkar pasang penghalang .
- 4 Lokasi pekerjaan di Tangki, DBT menjadi 120 %
- 5 Pekerjaan Butterfly Valve menjadi 200% dari type Globe Valve
- 6 Pekerjaan Angle Valve menjadi 300% dari type Globe Valve
- 7 Penggantian material packing dan baut mur dihitung tersendiri.
- 8 Stop Valve dan jenis katup lainnya dihitung tersendiri.

H. JANGKAR, RANTAI JANGKAR & CERUK RANTAI

H1. Jangkar

BRT			PER JANGKAR
			(Rp)
	s/d	300	1,100,000
301	s/d	500	1,300,000
501	s/a	1,500	1,700,000
1,501	s/d	2,500	2,200,000
2,501	s/d	3,500	2,900,000
3,501	s/d	5,000	3,600,000
5,001	s/d	7,000	4,500,000
7,001	s/d	9,000	5,300,000
9,001	s/d	11,000	7,500,000
11,001	s/d	13,000	9,100,000
13,001	s/d	15,000	10,900,000
15,001	s/d	17,000	12,900,000
17,001	s/d	20,000	15,100,000
20,001	s/d	25,000	17,600,000
25,001	s/d	30,000	20,400,000

Catatan :

Volume pekerjaan meliputi :

- 1 Jangkar, rantai jangkar dan staldrad jangkar diturunkan, direntangkan, diketok disikat dengan sikat kawat baja, dibersihkan diukur diameternya, dicat dengan coalter, diberi tanda, segel (dibuatkan laporan hasil pengukuran rangkap 7)
- 2 Jangkar dan rantainya dipasang/disimpan seperti semula.
- 3 Untuk jangkar dengan staldrad biaya dihitung 80% dari tarip bila dikerjakan tersendiri
- 4 Pembalikan rantai jangkar bila diperlukan sudah termasuk.
- 5 Pembersihan jangkar & rantainya dengan sandblasting/waterjet diperhitungkan tersendiri.
- 6 Tidak termasuk biaya perbaikan, rekondisi, pembuatan SUCAD dan material.
- 7 Tidak termasuk biaya RB dan TD.

H2. Penggantian rantai Jangkar (Rantai ex.pemilik) per segel

Tonage Kapal	Tarip (Rp)
s/d 300	550,000
301 s/d 500	700,000
501 s/d 1.500	850,000
1.501 s/d 3.000	1,000,000
3.001 s/d 4,000	1,200,000
4.001 s/d 6.000	1,700,000
6.000 keatas	1,700,000 +150 (GT-6000)

H3. Ceruk rantai (Chain Lockers)

Tonage Kapal			Per Ceruk Rantai (Rp.)
	s/d	300	700,000
301	s/d	500	800,000
501	s/d	1,500	1,000,000
1,501	s/d	2,500	1,100,000
2,501	s/d	3,500	1,270,000
3,501	s/d	5,000	1,400,000
5,001	s/d	7,000	1,600,000
7,001	s/d	9,000	1,800,000
9,001	s/d	11,000	2,200,000
11,001	s/d	13,000	2,600,000
13,001	s/d	15,000	3,000,000
15,001	s/d	17,000	4,250,000
17,001	s/d	20,000	5,000,000
20,001	s/d	25,000	6,250,000
25,001	s/d	30,000	7,500,000

Volume Pekerjaan:

- 1 Dibersihkan dan dicat satu lapis cat Coal tar cat (cat dari owner)
- 2 Tidak termasuk biaya material