

**PERANCANGAN PERAWATAN KMP. KORMOMOLIN UNTUK
MENINGKATKAN KEANDALAN SISTEM PENUNJANG MESIN
UTAMA MENGGUNAKAN METODE DINAMIKA SISTEM**

SKRIPSI

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



PUPUT SHANTYA

D091181308

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

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN

“PERANCANGAN PERAWATAN KMP. KORMOMOLIN UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN SISTEM PENUNJANG MESIN UTAMA MENGUNAKAN METODE DINAMIKA SISTEM”

Disusun dan diajukan oleh

PUPUT SHANTYA

D091181308

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

Hasanuddin

Pada tanggal 28 Juni 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Surya Hariyanto. S.T., M.T.

NIP.19710207 200012 1 001

Ir. Syerly Klara, MT.

NIP. 196405011990022001

Ketua Departemen,

Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.

NIP.19810211 200501 1 003



HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : PERANCANGAN PERAWATAN KMP.
KORMOMOLIN UNTUK MENINGKATKAN
KEANDALAN SISTEM PENUNJANG MESIN
UTAMA MENGGUNAKAN METODE DINAMIKA
SISTEM

Nama Mahasiswa : Puput Shantya
NIM : D091181308

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program Strata Satu (S1) Teknik Sistem Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 28-06-2022

Panitia Ujian Sarjana

Ketua : Surya Hariyanto, ST.,MT.

Sekretaris : Ir. Syerly Klara, MT.

Anggota : Ir. Zulkifli, MT.

M. Rusydi Alwi, S.T.,MT.



The image shows four handwritten signatures in black ink, each corresponding to a member of the examination committee listed to the left. The signatures are written in a cursive style. The first signature is the longest and most complex, the second is a simple 'S', the third is a stylized 'Z', and the fourth is a simple 'R'.

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Puput Shantya

NIM : D091181308

Departement : Teknik Sistem Perkapalan

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

PERANCANGAN PERAWATAN KMP. KORMOMOLIN UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN SISTEM PENUNJANG MESIN UTAMA MENGUNAKAN METODE DINAMIKA SISTEM

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

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

Makassar, 28 Juni 2022

Yang Membuat Pernyataan


Puput Shantya

KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera untuk kita sekalian

Puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan kita yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga skripsi dengan judul “Perancangan Perawatan KMP. Kormomolin Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Penunjang Mesin Utama Menggunakan Metode Dinamika Sistem“ dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. terselesaikannya Skripsi/Tugas Akhir (TA) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui ini penulis memberikan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, motivasi dan dukungan materi demi keberlangsungan selama kuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
2. Bapak Surya Hariyanto, S.T. M.T. selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan pengarahan, bimbingan dan motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Ibu Ir. Hj. Syerly Klara, M.T selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan pengarahan, bimbingan dan motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak Dr.Eng. Ir.Faisal Mahmuddin, S.T.,M.Inf.Tech.,M.Eng. selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Dosen-dosen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi serta bimbingannya selama proses perkuliahan.
6. Seluruh teman-teman mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang senantiasa memberi banyak motivasi, dukungan serta waktu yang telah dilalui bersama.

7. Lembaga Kemahasiswaan OKSP FT-UH yang telah mewadahi penulis atas seluruh pembelajaran yang diberikan sampai saat ini.
8. Seluruh teman-teman mahasiswa Departemen Teknik Perkapalan dan Teknik Kelautan, tak lupa pula kanda-kanda dan dinda-dinda senior dan junior atas motivasi dan dukungannya.
9. Staf tata usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian skripsi ini.

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

Gowa, 28 Juni 2022

Puput Shantya

ABSTRAK

Kegiatan operasional sistem penunjang mesin utama pada kapal mengakibatkan peluang kegagalan semakin besar. Perawatan sistem penunjang mesin utama pada KMP. Kormomolin milik PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) sangat penting kaitannya dengan kelangsungan beroperasinya mesin utama yang di pasang pada kapal. Tindakan perbaikan dan perawatan hanya dapat dilakukan pada saat kapal tidak berlayar. Pengantisipasi kegagalan komponen didalam sistem penunjang mesin utama dapat dilakukan dengan cara analisa atau evaluasi keandalan. Pelaksanaannya dengan cara mengidentifikasi bagaimana sistem dapat terjadi kegagalan dan konsekuensi kejadian tersebut berdasarkan jadwal operasional kapal dengan pemodelan dinamika sistem. Untuk itu perlu ditentukan komponen – komponen apa saja yang menyebabkan sistem penunjang mesin utama tidak beroperasi sehingga menyebabkan downtime dan bagaimana penjadwalan perawatan dengan biaya optimum. *Failure Mode Effect and critical Analysis* (FMECA) menunjukkan penyebab kegagalan adalah kerusakan pada komponen kritis seperti *Filter* pada sistem bahan bakar, *cooler* dan *sea chest filter* pada sistem pendingin. Dengan pola operasi kapal saat ini serta data keandalan komponen, dibuat simulasi menggunakan dinamika sistem untuk membuat pendekatan agar perawatan pencegahan maupun perbaikan yang dilakukan menghasilkan biaya seminimal mungkin. Studi ini menghasilkan rekomendasi perawatan sistem penunjang mesin utama selama 5 tahun antara lain : interval perawatan *filter fuel oil* setiap 151 jam dengan biaya Rp 14.169.072 ,- ; *cooler* setiap 2481 jam dengan biaya perawatan Rp 16.313.508,- ; *sea chest filter* setiap 722 jam dengan biaya perawatan Rp 11.167.152,-. Presentase penghematan biaya perawatan untuk sistem bahan bakar selama 5 tahun sebesar 81% dan untuk sistem pendingin selama 5 tahun sebesar 46%.

Kata kunci : Sistem penunjang mesin utama, Perawatan, Dinamika Sistem, FMECA

ABSTRACT

Operational activities of the main engine support system on the ship resulted in a greater chance of failure. Maintenance of the main engine support system at KMP. Cormomolin belongs to PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) is very important with the operation of the main engine installed on the ship. Repair and maintenance actions can be taken when the ship is not just sailing. Anticipating failures in the main support system can be done by analyzing the component evaluation engine. The implementation is done by identifying how the system can fail and the consequences of these events based on the ship's operational schedule for system dynamics modeling. For this reason, it is necessary to determine what components are causing the main engine support system to not operate, causing downtime and how to schedule maintenance at an optimal cost. Failure Mode Effect and Critical Analysis (FMECA) shows the cause of failure of critical components such as filters in the fuel system, cooler and sea chest filters in the cooling system. With the current pattern of ship operations and component data, simulations are made using system dynamics to make an approach so that prevention and repairs are carried out to produce the minimum possible cost. This study produces recommendations for maintenance of the main engine support system for 5 years, including: fuel oil filter maintenance intervals every 151 hours at a cost of Rp. 14,169,072; cooler every 2481 hours with maintenance costs Rp. 16,313,508,-; sea chest filter every 722 hours with a maintenance fee of IDR 11,167,152,-. The percentage of cost care for the fuel system is 81% and for the cooling system for 5 years is 46%.

Key words : Main engine support system, Maintenance, System Dynamics, FMECA

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR SIMBOL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Dinamika Sistem.....	5
2.1.1 Tujuan <i>System Dynamic Modelling</i>	6
2.1.2 Prinsip Kerja Dinamika Sistem.....	7
2.2 <i>Powersim 10</i>	8
2.2.1 <i>Building Block</i> Dinamika pada <i>Powersim 10</i>	8
2.3 FMECA (<i>Failure Mode Effect and Critical Analysis</i>).....	9
2.3.1 FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>).....	9
2.3.2 CA (<i>Critical Analysis</i>).....	10
2.4 Sistem Penunjang Mesin Utama.....	10
2.4.1 Sistem Bahan Bakar.....	11
2.4.2 Sistem Pendingin.....	11
2.5 Perawatan Kapal.....	12

2.6 Distribusi Weibull dalam Evaluasi <i>Reability</i>	14
2.7 Perhitungan <i>Availability</i>	14
2.8 Biaya Total Operasi.....	15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Diagram Penelitian.....	17
3.3 Perumusan Masalah.....	17
3.4 Studi Literatur.....	17
3.5 Pengumpulan Data dan Survey.....	19
3.5.1 Data Karakteristik dan General Arrangement Kapal.....	19
3.5.2 Data Pelayaran Kapal.....	20
3.5.3 Gambar Sistem Instalasi sistem penunjang mesin utama kapal.....	21
3.5.4 Data Perawatan, Jenis Kegagalan pada komponen dan penyebabnya.....	23
3.6 Analisa FMECA.....	25
3.6.1 Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi.....	25
3.6.2 Deskripsi Sistem dan <i>Functional Block Diagram</i>	26
3.6.3 Analisis FMECA.....	26
3.7 Penyusunan Model Dinamika sistem.....	27
3.8 Penjadwalan Perawatan.....	27
3.9 Perhitungan Biaya Perawatan.....	27

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Sistem dan <i>Functional Block Diagram</i>	29
4.1.1 <i>Functional Block Diagram</i>	29
4.1.2 SWBS (<i>System Work Breakdown Structure</i>).....	30
4.1.3 Fungsi Sistem Dan Kegagalan Fungsional Sistem Penunjang Mesin Utama.....	31
4.2 Analisa <i>Failure Modes Effect and criticality Analysis</i> (FMECA).....	32
4.2.1 <i>Functional failure - equipment matrix</i>	32

4.2.2 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	32
4.2.2.1 Penentuan <i>Risk Priority Number</i> (RPN) dan Penyebab Kegagalan Sistem	33
4.2.3 <i>Critical Analysis</i> (CA)	35
4.3 Dinamika Sistem	38
4.3.1 Analisa Keandalan	39
4.3.2 Penentuan nilai MTTF dan MTTR	39
4.3.3 Ketersediaan	40
4.3.4 Analisa Biaya Perawatan	40
4.4 Pemodelan Dinamika Sistem	40
4.5 Perbandingan Biaya Eksisting dan Rekomendasi	44
4.5.1 Biaya Pemeliharaan Perusahaan	44
4.5.2 Biaya Perawatan Rekomendasi	45
4.6 Persentase Penghematan Biaya	46

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Tool</i> pada <i>Powersim Software</i>	8
Tabel 3.1 Data Kapal KMP. Kormomolin.....	19
Tabel 3.2 Jadwal Rutin Pelayaran Kapal.....	21
Tabel 3.3 Data Perawatan Sistem Bahan Bakar.....	23
Tabel 3.4 Data Perawatan Sistem Pendingin.....	24
Tabel 3.5 OREDA 2002.....	25
Tabel 4.1 Tabel Fungsi dan Kegagalan Fungsional Sistem.....	31
Tabel 4.2 Matriks Kegagalan Fungsional Komponen Mesin Penunjang Mesin Utama.....	32
Tabel 4.3 Daftar Moda Kegagalan – OREDA 2002.....	33
Tabel 4.4 Tabulasi Nilai RPN Sistem Penunjang Mesin Utama.....	34
Tabel 4.5 Komponen Sistem Penunjang Mesin Utama Yang Di Analisa.....	37
Tabel 4.6 <i>Reliability</i> Distribusi Parameter Sistem penunjang mesin utama.....	39
Tabel 4.7 Perhitungan Total <i>cost</i> Perawatan <i>Fuel Oil Filter</i>	42
Tabel 4.8 Perhitungan Total <i>cost</i> Perawatan <i>Cooler</i>	42
Tabel 4.9 Perhitungan Total <i>cost</i> Perawatan <i>Sea Chest Filter</i>	43
Tabel 4.10 Rekomendasi Waktu Perawatan Yang optimal.....	43
Tabel 4.11 Tabulasi Waktu Perawatan Komponen Sistem Penunjang Mesin Utama.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 skema kerja dari sistem tertutup.....	6
Gambar 2.2 Hubungan Keandalan menggunakan <i>software powersim 2010</i>	7
Gambar 2.3 Kebijakan perawatan pencegahan.....	15
Gambar 3.1 Diagram Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Rencana umum KMP. Kormomolin.....	20
Gambar 3.3 Frekuensi pelayaran KMP. Kormomolin.....	21
Gambar 3.4 Sistem Bahan Bakar KMP. Kormomolin.....	22
Gambar 3.5 Sistem Pendingin KMP. Kormomolin.....	22
Gambar 3.6 Biaya Perawatan KMP. Kormomolin Tahun 2019-2021.....	25
Gambar 4.1 <i>IN/OUT interface</i>	29
Gambar 4.2 SWBS pada mesin penunjang.....	30
Gambar 4.3 Diagram Pareto Sistem Penunjang Mesin Utama KMP. Kormomolin.....	35
Gambar 4.4 Grafik Komponen Kritis Sistem Bahan Bakar.....	36
Gambar 4.5 Grafik Komponen Kritis Sistem Pendingin.....	36
Gambar. 4.6 <i>Causal Loop</i> Diagram Komponen Biaya.....	38
Gambar 4.7 Model <i>PowerSim</i> Sistem Penunjang mesin utama KMP.Kormomolin.....	41

DAFTAR SIMBOL

- λ = Parameter kegagalan dalam satuan waktu
- β = Parameter bentuk (sebagai lereng Weibull). Parameter bentuk sama dengan kemiringan garis dalam plot probabilitas.
- η = Parameter Skala, menunjukkan skala absis
- γ = Parameter lokasi, menempatkan distribusi sepanjang absis
- $a_{j,kj}$ = Nilai *avability*
- $M_{j,kj}^f$ = Nilai *mean to failure*
- M^r = Nilai *mean to Repair*
- Cp = Biaya Perawatan perusahaan
- Cf = Biaya Perawatan rekomendasi
- tp = Jumlah Kegagalan dalam satu interval

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) adalah satu diantara perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang ada di Indonesia yang bergerak di bidang transportasi laut. Dimana terdapat 30 cabang di seluruh Indonesia. Salah satu kapal PT. ASDP Indonesia Ferry yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah KMP.Kormomolin yang terdapat di PT. ASDP cabang Selayar. Berdasarkan hasil *survey* di lapangan serta informasi yang didapatkan dari beberapa media sosial menyatakan bahwa pada tahun 2019-2021 KMP. Kormomolin mengalami kerusakan pada bagian sistem penunjang mesin utama kapal sebanyak 123 kali baik itu kerusakan yang mengakibatkan mesin mati sementara atau bahkan mesin tidak bisa dinyalakan sehingga mengakibatkan kapal tidak bisa berlayar. Biaya Perawatan sistem penunjang mesin utama yang dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp. 125.675.300,-. Adapun manajemen perawatan yang digunakan oleh PT. ASDP sendiri merupakan *Breakdown Maintenance*, dimana Perawatan tersebut dilakukan pada saat komponen mengalami kerusakan atau tidak berfungsi lagi. Sistem ini tidak menggunakan sistem perawatan yang terencana dan terjadwal dengan interval waktu perawatan komponen sehingga memerlukan biaya yang cukup besar.

Kapal yang terus beroperasi menuntut pihak perusahaan untuk melakukan perawatan utamanya pada komponen – komponen yang mendukung mesin induk dalam beroperasi lebih optimal. Agar dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Hal ini dikarenakan, apabila terjadi kerusakan pada salah satu komponennya, motor induk pasti akan mengalami masalah dan tidak dapat beroperasi dengan baik. Karena begitu pentingnya peran dan fungsi dari masing-masing sistem penunjang maka perlu dilakukan suatu manajemen perawatan yang baik. manajemen perawatan dapat berupa jadwal perawatan serta analisa perawatan dan

kondisi pada saat sistem telah di rawat. Analisa ini sangat penting untuk memprediksi bagaimana perilaku sistem di masa mendatang serta bagaimana efek dari kebijakan pemeliharaan dan operasional yang telah dilakukan dan yang paling terpenting adalah hubungan antara biaya perawatan yang optimum agar sistem memiliki *uptime* yang baik sehingga kapal dapat beroperasi dan menghasilkan pendapatan yang optimum pula.

Pengantisipasi kegagalan komponen didalam sistem penunjang mesin utama dapat dilakukan dengan cara analisa atau evaluasi keandalan. Pelaksanaannya dengan cara mengidentifikasi bagaimana sistem dapat terjadi kegagalan dan konsekuensi kejadian tersebut berdasarkan jadwal operasional kapal dengan pemodelan dinamika sistem. Analisa yang dilakukan dapat meningkatkan pengetahuan tentang pengoperasian dan perilaku sistem penunjang tersebut. Hasil analisa yang dilakukan dapat digunakan untuk menentukan jadwal perawatan yang optimum dari masing-masing komponen yang mengalami kegagalan operasi, Agar dapat dilakukan pencegahan (*preventive maintenance*) dan perbaikan (*corrective maintenance*) sehingga dapat meminimalisir kerusakan. Evaluasi keandalan ini akan dilaksanakan dengan cara analisa secara kualitatif (*experience*) dan kuantitatif (perhitungan) dari sistem tersebut. Sehingga dengan analisa ini diharapkan sistem penunjang motor induk yang terpasang di kapal memiliki *uptime* yang baik serta jadwal perawatan optimum yang dihasilkan dapat memberikan masukan kepada operator sehingga biaya perawatan dapat diminimalisir dengan pengoperasian sistem yang tepat dan sesuai dengan prosedur, sehingga kapal dapat berlayar sesuai dengan jadwal dan diharapkan dapat memberikan pendapatan yang baik kepada perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana menentukan komponen kritis yang menyebabkan kegagalan dari

sistem penunjang mesin utama?

2. Bagaimana menentukan waktu perawatan terencana yang optimal berdasarkan analisa keandalan yang dilakukan?
3. Bagaimana perencanaan pembiayaan perawatan yang optimal untuk sistem penunjang mesin utama kapal

1.3 Batasan Masalah

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

1. Objek penelitian adalah sistem penunjang mesin utama KMP Kormomolin khususnya sistem bahan bakar dan sistem pendingin.
2. Secara kuantitatif menggunakan dinamika sistem
3. Melakukan perhitungan waktu perawatan berdasarkan data biaya perawatan korektif dan preventif.

1.4 Tujuan Skripsi

Tujuan yang ingin dicapai dalam skripsi ini antara lain :

1. Mengetahui komponen kritis apa saja yang menyebabkan kegagalan dari sistem penunjang KMP. Kormomolin
2. Mengoptimalkan waktu perawatan yang terencana pada kapal KMP.Kormomolin.
3. mengurangi biaya perawatan pada sistem pendukung mesin induk kapal.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Mengetahui jenis pendekatan keandalan untuk mengurangi biaya perawatan.
2. Dengan penelitian ini mampu membantu PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero) Cabang Selayar merencanakan penjadwalan perawatan untuk menghemat biaya perawatan.

3. Memberikan informasi tentang penyebab dan dampak terjadinya kegagalan komponen serta pengaruhnya terhadap kondisi operasi sistem penunjang mesin utama.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memberikan penjelasan mengenai teori dasar yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini yaitu teori dasar tentang metode keandalan, penentuan kebijakan perawatan, serta menjabarkan langkah-langkah pengerjaan metode dinamika sistem dan langkah-langkah menentukan jadwal perawatan yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas hasil analisa kuantitatif dengan metode dinamika sistem untuk menganalisa kemungkinan transisi status mesin dari kondisi baik, rusak ringan, rusak sedang, sampai dengan rusak berat di masa mendatang. Selanjutnya, menghitung waktu perawatan berdasarkan perbandingan biaya korektif dan biaya preventif

BAB V : PENUTUP

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

BAB II

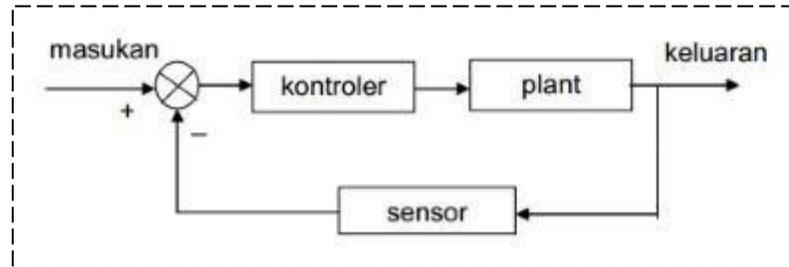
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dinamika Sistem

Pada tahun 1950-an Jay W. Forrester memperkenalkan metode dinamika sistem yang berhubungan dengan penelitian terhadap pengaruh dari perubahan waktu (Nusantara, 2015). Dengan pemodelan simulasi dinamika sistem memungkinkan tidak hanya melihat kasus tetapi dinamika sistem juga dapat melihat pola perilaku komponen dari waktu ke waktu. Perilaku dari sebuah sistem yang sering muncul dari struktur sistem itu sendiri dan perilaku biasanya berubah seiring waktu. Kadang-kadang terlihat simulasi mundur untuk hasil sejarah. Pada periode lain tampak maju ke masa depan, tujuannya untuk memprediksi hasil di masa depan. Dengan menggunakan metode dinamika sistem dapat menganalisa hubungan sebab akibat dari satu komponen ke komponen yang lainnya berdasar fungsi serta faktor-faktor lainnya terhadap keseluruhan sistem yang kompleks. Dengan adanya metode dinamika sistem ini serta dapat menganalisa hubungan sebab akibat antar komponen, kita dapat mengambil keputusan yang tepat mengenai bagaimana sistem manajemen perawatan yang baik untuk komponen-komponen yang ada terhadap keberlangsungan proses di dalam sistem yang lebih kompleks untuk meminimalisir kegagalan ataupun kerusakan yang dapat terjadi pada komponen-komponen pada sistem (Maharani, 2016).

Dalam metode dinamika sistem, konsep sistem yang berlaku mengacu pada sistem yang tertutup (*closed system*) atau sistem yang mempunyai umpan balik (*feed back system*). Pada dasarnya dinamika sistem mempelajari mengenai hubungan timbal balik atau sebab akibat dalam penyelesaian atau pemodelan dari beberapa sistem yang kompleks. Sebagai dasar dalam mengenali dan memahami tingkah laku dinamis sistem tersebut, sedangkan permasalahan yang mungkin diselesaikan dengan metode dinamika sistem ini adalah masalah yang

Mempunyai sifat dinamis (berubah terhadap waktu) dan Fenomena terjadi yang paling sedikit yang memiliki satu struktur umpan balik (*feed back structure*). Berikut adalah gambar dari sistem tertutup yang memiliki umpan balik.



Gambar 2.1 skema kerja dari sistem tertutup

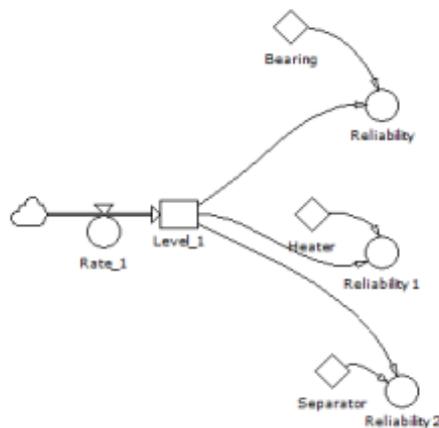
Komprehensif mengindikasikan bahwa setiap komponen yang memiliki kompetensi terhadap objek pengamatan akan dimodelkan dalam *loop* tertutup tersebut. Adapun komponen yang dimaksud meliputi variabel keputusan yang bertindak sebagai pengendali Tindakan level (*state*) dari suatu sistem. Simulasi dinamika sistem didasarkan pada prinsip *cause and effect, feedback, and delay*. Beberapa simulasi sederhana akan menggabungkan hanya satu atau dua prinsip. Kebanyakan simulasi yang rumit akan menggunakan semua prinsip sesuai sifat yang ada di dunia nyata.

2.1.1 Tujuan Model Dinamika sistem

Model dinamika sistem dibuat untuk memberikan proses peramalan atau prediksi. Di samping itu, model dinamika sistem ini ditujukan untuk memahami karakteristik dan perilaku mekanisme proses internal yang terjadi dalam suatu sistem tertentu. Dinamika sistem sangat efektif digunakan pada sistem yang membutuhkan tingkat pengelolaan data yang fleksibel. Dengan fleksibilitas yang dimiliki maka hal ini akan membantu dalam melakukan proses formulasi model, penentuan batasan model, validasi model, analisis kebijakan, serta penerapan model (Maharani, 2016).

2.1.2 Prinsip Kerja Dinamika Sistem

Dinamika sistem bekerja berdasarkan prinsip hubungan sebab akibat dengan *feedback dan atau delay*, tergantung sistem tersebut apakah kompleks atau sederhana. Dimana apabila keputusan dirubah maka konsekuensinya pun akan berubah pula. Sehingga dapat mensimulasikan beberapa kemungkinan konsekuensi dari pengoperasian sistem dan keputusan perawatan yang akan dibuat. Berdasarkan cara kerja tersebut maka dibuat suatu diagram komponen seperti dibawah ini. Dimana hubungan sebab akibat dari karakteristik komponen dapat dipaparkan dengan menghubungkan keandalan serta performa, keandalan dengan performa merupakan hubungan yang dinamis, hal ini dikarenakan keandalan suatu komponen dapat berubah maupun bertambah terhadap fungsi waktu. Dan dapat berubah berdasarkan aksi yang dilakukan untuk menaikkan indeks keandalan tersebut sesuai dengan definisi keandalan (Nusantara, 2015).



Gambar 2.2. Hubungan Keandalan menggunakan *software powersim 2010*

Pemodelan diatas merupakan gambaran keandalan dari suatu komponen yang terdistribusi eksponensial dimana pada pemodelan tersebut memaparkan bagaimana keandalan dari suatu komponen berubah berdasarkan fungsi waktu atau dengan kata lain keandalan suatu komponen akan semakin menurun berdasarkan waktu operasional sistem

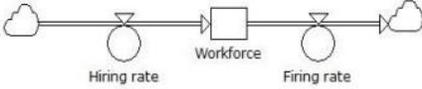
2.2 PowerSim 10

Powersim adalah salah satu *software* yang digunakan untuk simulasi model dinamika sistem. dan merupakan alat tool untuk mempermudah simulasi model dinamika sistem. Sesuai dengan bentuk hubungan input-output dalam operasi nyata. Perumusan proses serta fungsi yang tidak mengalami perubahan dalam aktivitas sistem merupakan dasar penyusunan model simbolik dan prosedur pengoperasian sistem tiruan. Penggunaan model-model simbolik untuk berbagai proses ataupun fungsi pada pengoperasian sistem tiruan dalam simulasi berlaku valid selama bentuk sistem dan susunan komponen serta bentuk dari hubungan dan interaksi dalam aktivitas sistem tidak mengalami perubahan.

2.2.1 Building Block Dinamika Sistem pada Powersim Studio 2008

Menurut (Nusantara, 2015) Pada *software powersim tool* yang akan digunakan adalah *level*, *auxiliary*, serta *constant*. Dimana semua *tools* tersebut memiliki fungsi masing-masing untuk merepresentasikan perumusan matematis serta analogi model yang akan dibuat. Selain itu setiap variabel dalam model didefinisikan oleh sebuah persamaan, dengan cara yang sama seperti sel-sel dalam *spreadsheet* yang ditetapkan. Dimana penjelasan dari masing- masing tool tersebut adalah :

Tabel 2.1 Tool pada Powersim Software

Nama	Fungsi	gambar
<i>Flows dan Levels</i>	bertujuan untuk mengetahui tingkat akumulasi arus yang menyebabkan perubahan dari level. Selain itu berfungsi untuk mengintegrasikan fungsi yang mana hanya dapat mengukur daerah dibawah fungsi dengan menjadi dua sama lebar dari bagian bawah dan kemudian menyimpulkan semua daerah bagian tersebut.	

Lanjutan Tabel 2.1

<i>Auxiliary</i>	digunakan untuk merumuskan serta menggabungkan informasi.	
<i>Constant</i>	yang digunakan untuk memberikan informasi atau sebagai inputan nilai yang akan memberikan informasi kepada sistem dengan nilai yang tetap.	

2.3 FMECA (Failure Mode Effect and Critical Analysis)

Menurut (Rahman & Rahma, 2021) FMECA merupakan metode yang memiliki 2 analisa, yaitu menggunakan metode FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) dan metode analisa titik kritis (*Critically Analysis*).

2.3.1 FMEA (Failure Mode Effect Analysis)

FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) adalah Metode kualitatif dalam analisa keandalan yang banyak digunakan untuk mendukung upaya-upaya perbaikan desain, keselamatan, dukungan logistik dan fungsi –fungsi lainnya dengan mengidentifikasi modus – modus kegagalan yang mungkin terjadi pada komponen di dalam sistem serta menentukan penyebab serta efek dari munculnya modus kegagalan tersebut terhadap sistem, subsistem maupun komponen itu sendiri (Maharani, 2016).

Tujuan metode FMEA ini adalah untuk :

1. Membantu memilih desain dengan tingkat keandalan dan keselamatan yang tinggi
2. Untuk memastikan setiap modus kegagalan pada komponen, sistem dan subsistem telah diprediksi dan diantisipasi.
3. Memudahkan mengetahui potensi kegagalan dan efek yang diakibatkannya
4. Mengembangkan kriteria awal pada perencanaan pengujian
5. Memberikan dasar bagi analisa keandalan dan ketersediaan secara kualitatif
6. Mendokumentasikan setiap kegagalan komponen untuk pengoperasian dan perawatan di masa yang akan datang

7. Memberikan dasar dan pijakan bagi pengembangan prioritas tindakan korektif terhadap sistem
8. Membantu kru dalam menjustifikasi terhadap penentuan redudansi, sistem deteksi kegagalan serta otomatisasi

Secara umum langkah – langkah penyusunan FMEA adalah sebagai berikut: (Maharani, 2016):

1. *FMEA prequities*
2. *Functional block diagram*
3. *Failure mode analysis and preparation of work sheets*
4. *Team review*
5. *corrective action*

2.3.2 CA (Critically Analysis)

Menurut (Rahman & Rahma, 2021) Analisis kritikalitas menggunakan matriks kritikalitas (*Criticality Matrix*). Analisis krikitalitas dilakukan melalui beberapa tahap yaitu:

1. Menentukan tingkat keparahan (*Severity*) dan juga tingkat *occurance*
2. Melakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada setiap titik kegagalan
3. Menempatkan setiap titik kegagalan pada matriks kritikalitas dengan memperhatikan nilai *severity* dan *occurance*. Jika posisi titik kegagalannya cenderung berada di sebelah kiri kolom maka artinya titik kegagalannya semakin tinggi, dan jika titik kegagalan berada di posisi semakin keatas baris maka tingkat kegagalannya juga semakin tinggi, dan ini berlaku sebaliknya jika posisinya semakin ke kanan kolom dan dibawah baris maka tingkat kegagalannya semakin rendah.

2.4 Sistem Penunjang Mesin Utama

Secara umum mesin induk di dalam kapal membutuhkan sistem penunjang agar dapat beroperasi dengan baik dan tanpa mengalami gangguan yang berarti dan

tiap unit bagian mesin harus mendapat perawatan secara optimal. Secara umum sistem penunjang pada mesin utama tersebut dibagi menjadi 4 bagian utama, yaitu: Sistem Bahan Bakar, Sistem Pendinginan, sistem pelumas dan sistem *start*. Pada pembahasan ini hanya menjelaskan 2 sistem saja yaitu sistem bahan bakar dan sistem pendingin.

2.4.1 Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar adalah suatu sistem pelayanan untuk motor induk yang sangat vital. Sistem bahan bakar secara umum terdiri dari pasokan bahan bakar, pemurnian bahan bakar, transfer bahan bakar dan sistem perpipaan pembuangan bahan bakar. Sistem bahan bakar adalah suatu sistem yang digunakan untuk mensuplai bahan bakar dari bunker ke service tank dan juga *daily tank* dan kemudian ke mesin induk atau mesin bantu. Adapun jenis bahan bakar yang digunakan di atas kapal bisa berupa *Heavy Fuel Oil* (HFO), *Marine Diesel Oil* (MDO), ataupun solar biasa tergantung jenis mesin dan ukuran mesin. Khususnya untuk sistem yang menggunakan bahan bakar HFO untuk operasionalnya, sebelum masuk ke *main engine* (Mesin utama) HFO harus ditreatment dahulu untuk penyesuaian viskositas, temperatur dan tekanan (H & Untung, 2008).

Sistem bahan bakar memegang peranan yang penting untuk menyuplai bahan bakar dari tangki utama ke dalam ruang bakar pada motor diesel sebagai penggerak utama di kapal. Kegagalan pada komponen sistem bahan bakar dalam beroperasi diakibatkan dari gagalnya salah satu komponen yang ada pada sistem bahan bakar tersebut. Untuk itu diperlukan sebuah evaluasi keandalan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada komponen tersebut (Isragusra, 2021)

2.4.2 Sistem Pendingin Mesin

Sistem pendingin merupakan sistem yang berfungsi menjaga temperatur mesin pada suhu tertentu sesuai dengan desain yang ditentukan agar mesin diesel dapat beroperasi secara berkelanjutan. Mesin diesel yang beroperasi menghasilkan panas dengan suhu tinggi, sistem pendingin ini terdiri dari beberapa komponen penyusun yang utamanya untuk mendinginkan blok mesin, selain mendinginkan

blok mesin sistem pendingin juga mendinginkan pelumas, *scavage air dan water jacket* (Ziliwu et al., 2021).

Sistem pendingin air memiliki bagian-bagian yang bekerja secara integrasi satu dengan yang lainnya, komponen-komponen tersebut akan bekerja untuk mendukung kerja sistem pendingin . adapun komponen-komponen seperti pompa air (*water pump*), radiator (*heat exchanger*), termostat, jaket air yang terdiri dari bagian-bagian pendingin di blok dan kepala silinder (*cylinder head*). Saat mesin masih dalam keadaan dingin sirkulasi cairan pendingin hanya terjadi di dalam mesin saja, tanpa melalui radiator. Ketika mesin dalam keadaan mati atau, cairan pendingin masih dalam keadaan dingin dan *thermostat* dan fluida hanya bisa melewati saluran *bypass* untuk kembali bersirkulasi kedalam mesin. Proses ini juga bertujuan untuk mempercepat mesin mencapai suhu kerja normal yaitu 80-90°C sehingga ketika *thermostat* telah terbuka dengan adanya kenaikan suhu pada fluida, terjadilah sirkulasi secara *continuous* (Agung W.,2020).

2.5 Perawatan Kapal

Menurut (O'Connor, 1998) Perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Tujuan dari kegiatan perawatan adalah:

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan asset. Hal ini paling penting di negara berkembang karena kurangnya sumber daya modal untuk pergantian.
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi atau jasa dan mendapatkan laba investasi (*return on investment*) maksimum yang mungkin.
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit

pemadam kebakaran dan penyelamat, dan sebagainya.

4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

Menurut (Corder,1996:3) Jenis-jenis perawatan pada dasarnya dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu *planned* dan *unplanned maintenance*.

1. *Planned Maintenance*, suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya telah direncanakan terlebih dahulu. *Planned maintenance* terbagi dua, yaitu *preventive maintenance* dan *predictive maintenance*.

- a) *Preventive Maintenance*, suatu sistem perawatan yang terjadwal dari suatu peralatan/komponen yang didesain untuk meningkatkan keandalan suatu mesin serta untuk mengantisipasi segala kegiatan perawatan yang tidak direncanakan sebelumnya. Ada empat faktor dasar dalam memutuskan penerapan *preventive maintenance*, yaitu mencegah terjadinya kegagalan, mendeteksi kegagalan, mengungkap kegagalan tersembunyi (*hidden failure*) dan tidak melakukan apapun karena lebih efektif daripada dilakukan pergantian. Dengan mengidentifikasi keempat faktor dalam melaksanakan *preventive maintenance*, terdapat empat kategori dalam *preventive maintenance*. Keempat kategori tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) *Time-Directed* (TD) adalah perawatan yang diarahkan secara langsung pada pencegahan kegagalan atau kerusakan.
 - 2) *Condition-Directed* (CD) adalah perawatan yang diarahkan pada deteksi kegagalan atau gejala-gejala kerusakan.
 - 3) *Failure-Finding* (FF) adalah perawatan yang diarahkan pada penemuan kegagalan tersembunyi.
 - 4) *Run-to-Failure* (RTF) adalah perawatan yang didasarkan pada pertimbangan untuk menjalankan komponen hingga rusak karena pilihan lain tidak memungkinkan atau tidak menguntungkan dari segi ekonomi.
- b) *Predictive maintenance* didefinisikan sebagai pengukuran yang dapat mendeteksi degradasi sistem, sehingga penyebabnya dapat dieliminasi atau dikendalikan tergantung pada kondisi fisik komponen. Hasilnya menjadi

indikasi kapabilitas fungsi sekarang dan masa depan.

2. *Unplanned Maintenance*, suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya tidak direncanakan. *Unplanned maintenance* terbagi dua, yaitu *corrective maintenance* dan *breakdown maintenace*:
 - a) *Corrective Maintenance*, suatu kegiatan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi mesin sehingga mencapai standar yang telah ditetapkan pada mesin tersebut.
 - b) *Breakdown Maintenace*, yaitu suatu kegiatan perawatan yang pelaksanaannya menunggu sampai dengan peralatan tersebut rusak lalu dilakukan perbaikan.

2.6 Distribusi Weibull Dalam Evaluasi *Reliability*

Menurut (Maharani, 2016) distribusi weibull sering digunakan karena distribusi ini memiliki shape parameter sehingga distribusi tersebut mampu untuk memodelkan berbagai data. Jika *time to failure* suatu komponen adalah t mengikuti distribusi weibull dengan tiga parameter β , η , γ , maka persamaan fungsi densitas probabilitasnya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$f(t) = \beta/\eta ((t-\gamma)/\eta)^{\beta-1} e^{-((t-\gamma)/\eta)^\beta} \dots\dots\dots(2.5)$$

Jika nilai $\gamma = 0$ maka akan diperoleh persamaan distribusi weibull dengan dua parameter.

Persamaan *Reliability* $R(t) = e^{-[(t-\gamma)/\eta]^\beta} \dots\dots\dots (2.6)$

Persamaan *failure rate* : $\lambda(t) = \beta/\eta [(T-\gamma)/\eta]^\beta-1 \dots\dots\dots (2.7)$

2.7 Perhitungan *Availability*

Pada konsep untuk menghitung efek perawatan diperlukan nilai ketersediaan komponen yang mengindikasikan suatu komponen dalam sistem dapat beroperasi total secara sukses dengan kegagalan-kegagalan yang terjadi. Prasyarat untuk menghitung ketersediaan adalah dengan formula sebagai berikut :

$$a_{j,kj} = \frac{M_{j,kj}^f}{M_{j,kj}^f + M^r} \dots\dots\dots(2.8)$$

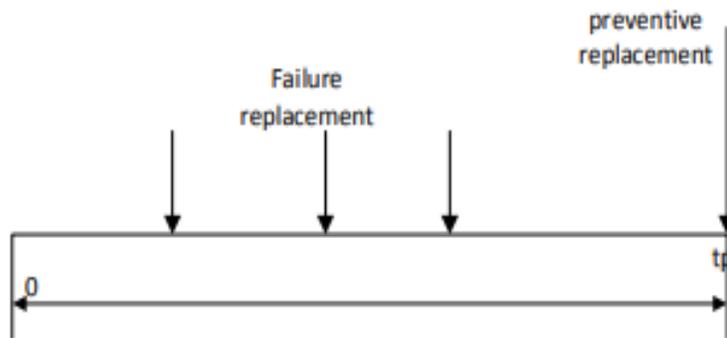
Dimana , dan menunjukkan mean time to failure dan waktu total perbaikan komponen dalam sistem. Penilaian ketersediaan komponen akan berpengaruh terhadap penentuan element availability untuk menentukan jadwal perawatan.

2.8 Biaya Total Operasi

Untuk meminimalkan total biaya operasi (CT), lebih dahulu harus dipahami mengenai komponen apa saja yang ada di dalamnya dan cara menghitungnya. Total biaya operasi mencakup *running cost* (C_r), *maintenance cost* (C_m) dan *downtime cost* (C_d). Menurut (Handani & Uchida, 2014) total biaya operasi dapat dihitung dengan rumus dibawah ini

$$C_T = C_r + C_m + C_d \dots\dots\dots(2.9)$$

Model optimasi waktu perawatan adalah interval waktu penggantian komponen dengan memperhatikan umur pemakaian dari komponen tersebut, sehingga dapat menghindari terjadinya penggantian peralatan yang masih layak pakai. Jika terjadi suatu kerusakan, maka model akan menyesuaikan kembali jadwal setelah penggantian komponen dilakukan, baik itu akibat terjadinya kerusakan maupun hanya perawatan pencegahan. Kebijakan perawatan pencegahan adalah untuk melakukan perawatan pencegahan setelah peralatan mencapai usia yang ditentukan (t_p) ditambah waktu perawatan korektif ketika diperlukan.



Gambar 2.3 Kebijakan perawatan pencegahan
(Sumber : Jardine, Maintenance, Replacement, and Reliability, 1973)

Untuk menghitung persentase penghematan biaya yang optimal dapat dilakukan dengan persamaan :

$$C_{(tp)} = \frac{c_p - c_f}{c_p} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana

- Cp = Biaya Perawatan perusahaan
- Cf = Biaya Perawatan rekomendasi
- (tp) = Jumlah Kegagalan dalam satu interval