

**ANALISA KEANDALAN SISTEM BAHAN BAKAR PADA KAPAL KM.
PANGRANGO DENGAN PEMODELAN DINAMIKA SISTEM**

SKRIPSI

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



**MUH. FAJRIN GAFFAR
D091171307**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

“ANALISA KEANDALAN SISTEM BAHAN BAKAR PADA KAPAL KM. PANGRANGO DENGAN PEMODELAN DINAMIKA SISTEM”

Disusun dan diajukan oleh

MUH. FAJRIN GAFFAR
D091171307

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

Pada tanggal 31 Maret 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


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


Andi Husni Sitepu. S.T., MT.
NIP. 196405011990022001

Ketua Departemen,

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

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Analisa keandalan sistem bahan bakar pada kapal KM.
Pangrango dengan pemodelan dinamika sistem
Nama Mahasiswa : Muh. Fajrin Gaffar
Stambuk : D091171307

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program
Strata Satu (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik,
Universitas Hasanuddin pada tanggal 31 Maret 2022.

Panitia Ujian Sarjana

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

Sekretaris : Andi Husni Sitepu, S.T., M.T.
.....

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

Anggota : Ir. Zulkifli, MT.
.....

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Muh. Fajrin Gaffar
NIM : D091171307
Departement : Teknik Sistem Perkapalan

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

ANALISA KEANDALAN SISTEM BAHAN BAKAR PADA KAPAL KM. PANGRANGO DENGAN PEMODELAN 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, 31 Maret 2022

Yang membuat pernyataan,



Muh. Fajrin Gaffar

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrohim

Alhamdulillah, Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga skripsi dengan judul “ANALISA KEANDALAN SISTEM BAHAN BAKAR PADA KAPAL KM. PANGRANGO DENGAN PEMODELAN DINAMIKA SISTEM “ dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam kita berikan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik dan menjarkan arti kehidupan yang sebenarnya.

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

1. Orang tua 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. Bapak Andi Husni Sitepu S.T., M.T. selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan pengarahan, bimbingan dan motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Dr. Eng. Faisal Mahmudin, S.T., M. 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. Staf tata usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Seluruh kanda kanda senior yang banyak atas seluruh pembelajaran yang telah diberikan selama masa studi saya dikampus merah hitam.
8. Seluruh teman-teman TEKNIK 2017 terutama teman teman Gedung belakang PERIZCOPE 2017 atas dukungan dan bantuannya.
9. Lembaga Kemahasiswaan OKFT dan OKSP

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, 31 Maret 2022

Muh. Fajrin Gaffar

ABSTRAK

Sistem bahan bakar merupakan salah satu sistem yang menunjang kinerja mesin sehingga kegagalan sistem dapat menyebabkan performa mesin menurun. Pada sistem bahan bakar K.M Pangrango yang beroperasi sejak 1996, memiliki komponen sistem bahan bakar yang terdiri dari pompa bahan bakar, filter, tangka pengendapan, separator, tangka harian dan pipa aliran bahan bakar. Dari lama operasi bahan bakar KM. Pangrango yang memiliki umur komponen 24 tahun hingga sekarang. Sehingga untuk dapat mengetahui karakteristik kegagalan sistem serta manajemen perawatan yang optimum untuk semua komponen bahan maka diperlukan analisa komponen kritis menggunakan metode *Risk Priority Number* dan analisa keandalan menggunakan metode distribusi *Weibull* dengan pemodelan dinamika sistem. Tahap perencanaan perawatan sistem bahan bakar dengan memprtimbang *availability*, *Failure rate* dan biaya perawatannya. Penjadwalan perawatan berdasarkan RPN dan dimodelkan menggunakan dinamika sistem di dapatkan hasil berupa komponen yang memiliki risiko tertinggi yaitu komponen filter duplex dan komponen filter strainer dengan nilai RPN 216. Berdasarkan hasil pemodelan dinamika sistem didapatkan nilai keandalan untuk setiap komponen. Pompa transfer yaitu 4811 jam dengan nilai keandalan 0,6, pompa booster yaitu 4811 jam dengan nilai keandalan 0,6, feed pump yaitu 4563 jam dengan nilai keandalan 0,6, purifier yaitu 432 jam dengan nilai keandalan 0,6, strainer yaitu 171 jam dengan nilai keandalan 0,6 , duplex yaitu 146 jam dengan nilai keandalan 0,6, tangki utama yaitu 4762 jam dengan nilai keandalan 0,6, tangki harian yaitu 4762 jam dengan nilai keandalan 0,6, tangki pengendapan yaitu 4762 jam dengan nilai keandalan 0,6, tangki imbang yaitu 4835 jam dengan nilai keandalan 0,6. Dengan total biaya perawatan sebesar Rp248.867.273,12.

Kata kunci : K.M Pangrango, *Risk Priority Number*, *Weibull*, keandalan, dinamika sistem.

ABSTRACT

The fuel system is one system that supports engine performance so that system failure can cause engine performance to decrease. The K.M Pangrango fuel system, which has been operating since 1996, has fuel system components consisting of a fuel pump, filter, settling tank, separator, daily tank and fuel flow pipe. From the long operation of KM fuel. Pangrango which has a component age of 24 years until now. So to be able to know the characteristics of system failure and optimum maintenance management for all material components, it is necessary to analyze critical components using the Risk Priority Number method and reliability analysis using the Weibull distribution method with system dynamics modeling. Planning stage of fuel system maintenance by considering availability. Failure rate and maintenance costs. Maintenance scheduling based on RPN and modeled using system dynamics results in the components that have the highest risk, namely the duplex filter component and the strainer filter component with an RPN value of 216. The transfer pump is 4811 hours with a reliability value of 0.6, the booster pump is 4811 hours with a reliability value of 0.6, the feed pump is 4563 hours with a reliability value of 0.6, the purifier is 432 hours with a reliability value of 0.6, the strainer is 171 hours with a reliability value of 0.6, duplex is 146 hours with a reliability value of 0.6, the main tank is 4762 hours with a reliability value of 0.6, the daily tank is 4762 hours with a reliability value of 0.6, the settling tank is 4762 hours with a value of reliability 0.6, tank draw is 4835 hours with a reliability value of 0.6. With a total maintenance cost of Rp. 248,867,273.12.

Keywords: K.M Pangrango, Risk Priority Number, Weibull, reliability, system dynamics.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABLE.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Batasan Masalah.....	2
I.4 Tujuan Penelitian.....	3
I.5 Manfaat Penelitian	3
I.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Mesin induk	5
II.2 Sistem Bahan Bakar	5
II.3 Sistem Pelumas.....	6
II.4 Sistem Pendingin	6
II.5 Keandalan	6
II.6 Kegagalan (<i>failure</i>).....	8
II.7 Laju kegagalan	8
II.8 Distribusi Weibull	10
II.9 Penggunaan Metode FMEA dan RPN	15
II.10 Pertimbangan Perawatan.....	19
II.10.1 Perawatan Korektif (<i>Corrective Maintenance</i>)	19
II.10.2 Perawatan Pencegahan (<i>Preventive Maintenance</i>).....	19
II.11 Perhitungan Availability	20

II.12 Biaya Total Operasi.....	21
II.13 Dinamika sistem	21
II.13.1 Hubungan Sebab Akibat	22
II.13.2 Tujuan System Dynamic Modelling	22
II.13.3 Cara Kerja Dinamika Sistem	22
II.14 Building Block Dinamika Sistem pada Powersim	23
II.16 Causal Flow Diagram	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
III.1 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN	26
Tempat/Lokasi Penelitian	26
Waktu Pengambilan Data Penelitian	26
III.2 METODE PENELITIAN.....	26
III.3. Diagram Alir Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
IV.1 Sistem Bahan Bakar KM. Pangrango	34
IV.2 Analisa kualitatif.....	34
IV.3 Analisa kuantitatif	46
IV.4 Pembuatan Model Dinamika Sistem.....	48
IV.4.1 Analisa keandalan.....	48
IV.4.2 Analisa ketersediaan	50
IV.4.3 analisa waktu perbaikan dan penentuan biaya perawatan	51
IV.4.4 analisa waktu perbaikan dan penentuan biaya perawatan.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	68
V.I Kesimpulan	68
V.II Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	71

DAFTAR TABLE

tabel 2. 1. penilaian risiko	17
tabel 2. 2. kriteria <i>severity</i>	17
tabel 2. 3.kriteria <i>occurance</i>	18
tabel 2. 4.kriteria <i>detection</i>	18
tabel 3. 1.karakteristik kapal	26
tabel 3. 2.data kegagalan komponen sistem bahan bakar.....	30
tabel 3. 3 daftar harga perawatan	31
tabel 4. 1.komponen sistem bahan bakar	38
tabel 4. 2. hasil <i>severity</i>	41
tabel 4. 3. hasil kriteria <i>occurance</i>	43
tabel 4. 4. hasil kriteria <i>detection</i>	44
tabel 4. 5.nilai rpn komponen sistem bahan bakar	45
tabel 4. 6. parameter distribusi	48
tabel 4. 7 Perhitungan reability berdasarkan MTTF	49
tabel 4. 8 Availability	50
tabel 4. 9.analisa keandalan pompa transfer 1.....	52
tabel 4. 10. analisa keandalan pompa transfer 2.....	53
tabel 4. 11. analisa keandalan pompa boster 1	54
tabel 4. 12. analisa keandalan pompa bosster 2	55
tabel 4. 13. analisa keandalan purifier 1	57
tabel 4. 14. analisa keandalan purifier 2.....	58
tabel 4. 15.analisa keandalan feed pump 1	59
tabel 4. 16.analisa keandalan feed pump 2.....	60
tabel 4. 17.analisa keandalan filter strainer	61
tabel 4. 18.analisa keandalan filter duplex	62
tabel 4. 19. analisa keandalan tangki utama.....	63
tabel 4. 20. Analisa keandalan tangki pengendapan	64
tabel 4. 21.analisa keandalan tangki harian.....	65
tabel 4. 22.analisa keandalan tangki imbang.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva Bathub-shape (Ebeling, 1997).....	9
Gambar 2. 2 contoh menentukan paramter distribusi weibull	15
Gambar 2. 3 Perbedaan TTF,TTR dan TBF	20
Gambar 2. 4 Hubungan keandalan menggunakan software.....	23
Gambar 2. 5 Auxiliary.....	24
Gambar 2. 6 Constant.....	24
Gambar 2. 7. causal flow diagram	25
Gambar 3. 1 rute pelayaran KM. Pangrango 2019.....	27
Gambar 3. 2 jadwal pelayaran KM Pangrango 2020	27
Gambar 3. 3 jadwal pelayaran KM Pangrango 2021	28
Gambar 3. 4 jadwal pelayaran KM Pangrango 2022	28
Gambar 3. 5 instalasi bahan bakar suplay	29
Gambar 3. 6 instalasi bahan bakar ruang separator.....	29
Gambar 3. 7 instalasi bahan bakar transfer	30
Gambar 4. 1 plot parameter distribusi Weibull.....	47
Gambar 4. 2 model dinamika sistem keandalan.....	49
Gambar 4. 3 Model Availability	50
Gambar 4. 4 Biaya perawatan	52

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Kapal merupakan sarana penghubung antara pulau untuk menunjang perokonomian sebuah pulau. Untuk menjamin kelacaran pengoperasian sebuah kapal, maka dibutuhkan sebuah kapal yang memiliki sistem pengoperasian yang normal. Ketidaknormalan operasi sebuah kapal pada umumnya bergantung pada usia kapal itu sendiri. Di Indonesia banyak kapal yang telah berusia 30 tahun keatas tetapi tetap di operasikan tergantung cara perawatan kapal itu sendiri.

Pengunaan analisa keandalan dalam industri perkapalan semakin meningkat sehubungan dengan kebutuhan akan keamanan dan keselamatan kapal yang handal. Beberapa bagian pada desain kapal yang dapat di analisa keandalannya adalah konstruksi kapal, sistem permesinan, dan perlatan kapal (*equipment*).

Ketiga bagian tersebut merupakan factor terpenting pada keamanan dan keandalan kapal untuk kelanjutan pelayanan dari pengoprasian kapal. Pada kapal-kapal yang telah beroperasi dengan waktu yang lama perlu dilakukan evaluasi ulang keandalan untuk mengetahui keandalan sistem atau penyebab kegagalan (FMEA) pada masing masing komponen sistem, karena kerusakan pada salah satu komponen akan menyebabkan lebih besar pada seluruh fungsi kapal, akibatnya dapat menimbulkan kerusakan pada kapal dan membahayakan kehidupan manusia serta muatan yang diangkut. (Eko Sasmito H, 2008)

Dasar pemikiran konsep analisa keandalan adalah bertolak dari pemikiran layak atau tidaknya suatu sistem dalam melakukan fungsinya. Keandalan dapat di definisikan sebagai nilai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan sukses menjalani fungsinya dalam waktu dan kondisi operasi tertentu berdasarkan *Failure modes and Effects Analysis* (FMEA).

Pada sistem bahan bakar K.M Pangrango yang beroperasi sejak 1996, memiliki komponen sistem bahan bakar yang terdiri dari pompa bahan bakar, filter, tangka pengendapan, separator, tangka harian, filter, katup, dan pipa aliran

bahan bakar. Dari lama operasi bahan bakar KM. Pangrango yang memiliki umur komponen 24 tahun hingga sekarang. Akan tetapi apakah sistem perawatan yang digunakan pada KM. Pangrango sudah optimal atau tidak?. Sehingga untuk dapat mengetahui karakteristik kegagalan sistem serta manajemen perawatan yang optimum maka pada tugas akhir ini penulis mempelajari mengenai dinamika sistem dari kegagalan sistem bahan bakar pada kapal KM. Pangrango tersebut dengan membuat suatu pemodelan dinamika sistem dengan bantuan *Software PowerSim*. Analisa dinamika sistem sangat baik digunakan untuk memecahkan permasalahan tersebut. Hal ini dikarenakan dinamika sistem memberikan suatu analisa hubungan sebab akibat antara komponen/sistem dengan komponen/sistem yang lainnya. Sehingga apabila terjadi permasalahan pada salah satu komponen/sistem maka komponen/sistem lainnya pun akan mengalami masalah. Pemodelan ini sangat tepat dipakai dengan analisa yang akan dilakukan pada sistem bahan bakar.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan komponen dengan tingkat kekritisan tertinggi pada sistem bahan bakar KM. Pangrango?
2. Bagaimana menganalisa keandalan komponen sistem bahan bakar KM. Pangrango dengan pemodelan dinamika sistem?
3. Bagaimana menentukan biaya pada kapal KM. Pangrango?

I.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini tidak membahas tentang perawatan komponen elektrikal
2. Objek penelitian ini hanya dibatasi pada komponen sistem bahan bakar pada kapal KM. Pangrango yang memiliki data perawatan.
3. Kegagalan peralatan di asumsikan karena oprasi, bukan di karenakan *human error* dan pengaruh alam yang tidak diinginkan.
4. Penyelesaian masalah hanya dibatasi sampai pada penentuan perencanaan kegiatan perawatan, penyebab kegagalan dan biaya perawatan.
5. Penelitian ini hanya menganalisa keandalan komponen bahan bakar dan

tidak menganalisa keandalan sistem bahan bakar.

I.4 Tujuan Penelitian

1. Menentukan tingkat risiko pada komponen sistem bahan bakar pada KM. Pangrango
2. Menentukan nilai keandalan komponen sistem bahan bakar KM. Pangrango
3. Menentukan biaya perawatan komponen sistem bahan bakar pada KM. Pangrango.

I.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi tingkat keandalan dan perawatan sistem bahan bakar KM. Pangrango
2. Memberikan informasi tingkat resiko setiap kegagalan komponen sistem bahan bakar KM. Pangrango

I.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh hasil penulisan yang sistematis, maka penulisan tugas ini dibagi menjadi beberapa bagian:

HALAMAN JUDUL

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang dari penulisan skripsi ini, perumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penulisan, sistematik penulisan, serta manfaat dari penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan di bahas mengenai teori-teori yang berhubungan dengan skripsi ini. Dasar teori ini didapatkan dari berbagai sumber, diantaranya dari buku-buku pedoman, jurnal, paper, tugas akhir, e-book dll.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisitentang lokasi dan waktu penelitian, identifikasi variable,

metode pengumpulan data dan langkah-langkah pemecahan masalah.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dianalisa dan dibahas mengenai data-data yang telah diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari penulisan ini saran-saran

DAFTAR PUSTAKA

Padahalaman ini berisi sumber literature atau referensi dalam penelitian

BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

II.1 Mesin induk

Mesin Induk Kapal Untuk mempertahankan kondisi mesin agar tetap mampu beroperasi maksimal tentunya main engine akan dibantu dengan beberapa system pendukung lainnya. Sistem pendukung tersebut antara lain: 1. Sistem Bahan Bakar, 2. Sistem Pelumas, 3. Sistem Pendingin Ketiga sistem tersebut diatas sangat berpengaruh terhadap kinerja main engine, oleh sebab itu kesuksesan operasi maupun kegagalan operasi didalam main engine juga akan dipengaruhi oleh ketiga sistem tersebut diatas.

II.2 Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar adalah sistem yang berfungsi untuk menyuplai bahan bakar ke mesin induk. Sistem bahan bakar ini secara umum terdiri atas *fuel oil transfer* dan *purifisering; fuel oil circulating*, dan *fuel oil supply*. Bahan bakar di kapal disimpan di *storage tank*. Koil pemanas harus dipasang pada tangki *bunker* sehingga *temperature* bahan bakar pada tangki *bunker* dapat dipertahankan pada *temperature* 40 - 50⁰C. Untuk memastikan penyuplaian bahan bakar cukup banyak, maka kapasitas dari *circulating pump* dibuat lebih besar dari jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor induk. Dan kelebihan bahan bakar tersebut akan disirkulasikan kembali dari motor melalui *venting box* yang kemudian akan menuju ke *circulating pump* kembali. Ketika *engine* berhenti, *circulating pump* akan terus bekerja untuk mensirkulasikan *Heavy Fuel* yang telah dipanaskan dan tetap melewati *fuel oil system engine* dengan tujuan untuk menjaga bahan bakar tetap panas. Pada sistem bahan bakar ada beberapa peralatan yang mendukung sistem tersebut antara lain: *System Transfer*, *Filtering* dan *purifier*. Sistem ini bertugas memindahkan bahan bakar dari *storage tank* ke *settling tank*, serta membersihkan bahan bakar dari kotoran yang berasal dari *storage tank*. *Heavy fuel oil* harus dibersihkan terlebih dahulu dengan melewatkannya melalui *centrifuge* sebelum masuk ke *daily tank*. Pada *centrifuge* nantinya kotoran-kotoran yang terdapat pada HFO yang terdiri atas partikel dan

air akan dipisahkan dari HFO.

II.3 Sistem Pelumas

Pelumas merupakan sarana pokok dari mesin untuk bekerja secara optimal. Tanpa pelumas dapat dipastikan bahwa mesin tidak akan dapat beroperasi. Memberikan pelumas yang salah dapat mengakibatkan mesin yang menggunakannya langsung rusak atau jika tidak begitu fatal, maka salah satu konsekuensinya adalah mesin tidak dapat bekerja secara optimal. Pelumas di engine sangat diperlukan karena berfungsi untuk melumasi komponen-komponen yang bergesekan. Tujuannya adalah untuk mempertahankan umur dan daya tahan komponen sesuai dengan umur ekonomisnya. Selain sistem pelumas berfungsi untuk mengurangi gesekan antar komponen engine.

II.4 Sistem Pendingin

Sistem pendingin adalah sistem yang digunakan untuk mendinginkan Main Engine sehingga dapat beroperasi dalam waktu yang lama. Ada beberapa konfigurasi yang paling sering digunakan dalam perencanaan sistem pendingin, yang pertama dengan pendinginan menggunakan air laut temperature rendah dan pendinginana air tawar untuk *jacket cooling*. Sistem ini hanya mempunyai dua set pompa (untuk *sea water* dan *jacket water*). Sistem pendingin menggunakan *type Central Cooling*, dimana air laut difungsikan sebagai obyek penerima panas dari air tawar yang telah digunakan sebagai pendingin utama, dengan alat penukar panas pada central cooler. Sirkulasi dari air laut ini merupakan sirkulasi terbuka dimana air laut dipompa dari sea chest kemudian disirkulasikan dan akhirnya keluar lewat over board.

II.5 Keandalan

Sistem merupakan kumpulan suatu sub sistem atau komponen yang berhubungan satu sama lainnya guna menjalankan suatu fungsi tertentu. Dari definisi ini keandalan sistem dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu komponen atau sistem untuk dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya dalam

rentang waktu serta kondisi operasi tertentu. Untuk dapat menilai keandalan suatu sistem aspek yang paling penting adalah pengertian yang baik serta menyeluruh terhadap implikasi rekayasa dari sistem yang akan dianalisa.

Secara teori keandalan dibagi menjadi empat kelompok utama yaitu

- Keandalan komponen dan sistem
- Keandalan struktur
- Keandalan manusia
- Keandalan perangkat

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditentukan, pada kondisi pengoprasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang di tentukan.

Dari definisi diatas keandalan dibagi menjadi 4 komponen

- Probabilitas
- Kinerja
- waktu
- Kondisi pengoprasian

Terdapat 3 jenis waktu yang sering ditemukan di dalam analisa keandalan yaitu mean time to failure (MTTF), mean time between failure (MTBF), dan mean time to repair (MTTR).

Mean time to failure (MTTF) merupakan rata rata lama waktu yang sistem atau komponen bekerja sesuai dengan fungsinya.

Mean between failure (MTBF) merupakan waktu rata rata yang dilalui antara kegagalan komponen atau sistem.

Mean time to repair (MTTR) merupakan waktu rata rata yang dilalui untuk memperbaiki komponen atau sistem.

II.6 Kegagalan (*failure*)

Kegagalan dapat didefinisikan sebagai terhentinya kemampuan suatu item dapat berubah komponen sampai berupa satu sistem kompleks untuk menjalankan fungsinya. Kegagalan dari suatu komponen dapat diklsifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu

- Kegagalan primer
- Kegagalan sekunder
- Kesalahan perintah

Kegagalan primer dapat didefinisikan sebagai suatu komponen berada dalam keadaan rusak (*non-working state*) dimana komponen tersebut memang diperhitungkan akan mengalami kegagalan, sehingga perlu diadakan aksi perbaikan agar komponen tersebut dapat kembali berada pada keadaan siap bekerja (*working state*).

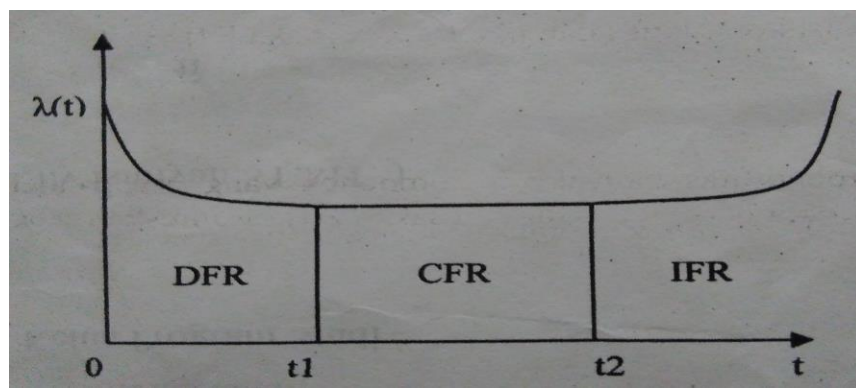
Kegagalan sekunder dapat dikatakan sama dengan kegagalan primer kecuali kegagalan komponen terjadi diluar perhitungan. Stres yang berlebihan yang diterima komponen baik pada masa lalu maupun pada saat sekarang merupakan penyebab kegagalan sekunder.

Kesalahan perintah didefinisikan sebagai komponen berada dalam keadaan rusak (*non-working state*) karena kesalahan sinyal pengontrol atau *noise*, seringkali aksi perbaikan tidak diperlukan untuk mengembalikan komponen pada keadaan semula.

II.7 Laju kegagalan

Menurut Ebeling (1997), Laju kegagalan adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi dari suatu komponen, subsistem atau

sistem. Laju kegagalan dari suatu komponen atau sistem dapat di plot pada suatu kurva dengan variabel random waktu sebagai absis dan laju kegagalan dari komponen atau sistem sebagai ordinat. Kurva bathtub ini terdiri dari tiga buah bagian utama, yaitu masa awal (*burn-in period*), masa yang berguna (*useful life period*), dan masa aus (*wear out period*). Pengetahuan mengenai keandalan suatu sistem terlebih dahulu harus memperhatikan laju kerusakan dari suatu sistem. Laju kerusakan suatu sistem umumnya digambarkan dalam *bathtub curve* seperti terlihat pada gambar.



Gambar 2. 1 Kurva Bathub-shape (Ebeling, 1997)

Kurva bak mandi mendeskripsikan keterangan yang terdiri dari tiga bagian atau fase, yaitu:

1. Bagian pertama adalah tingkat kegagalan yang turun, yang dikenal sebagai kegagalan awal (masa awal / burn in period). Periode 0 sampai dengan t_1 , mempunyai waktu yang pendek pada permulaan bekerjanya peralatan. Kurva menunjukkan bahwa laju kerusakan menurun dengan bertambahnya waktu atau diistilahkan dengan *Decreasing Failure Rate* (DFR). Kerusakan yang terjadi umumnya disebabkan kesalahan dalam proses manufaktur atau desain yang kurang sempurna. Jumlah kerusakan berkurang karena alat yang cacat telah mati kemudian diganti atau cacatnya dideteksi atau direparasi. Jika suatu peralatan yang dioperasikan telah melewati periode ini, berarti desain dan pembuatan peralatan tersebut di pabriknya

sudah benar. Periode ini dikenal jugadengan periode pemanasan (*burn in period*). Model probabilitas yangsesuai adalah distribusi Weibull dengan $\alpha > 1$.

2. Bagian kedua adalah tingkat kegagalan yang konstan, yang dikenal sebagai kegagalan acak (masa berguna / *useful life period*). Periode t1 sampai t2 mempunyai laju kerusakan paling kecil dan tetap yang disebut *Constant Failure Rate (CFR)*. Periode ini dikenal dengan *Useful Life Period*. Kerusakan yang terjadi bersifat random yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan bekerjanya peralatan, sehingga periode ini merupakan periode pemakaian peralatan yang normal dan dikarakteristikkan secara pendekatan dengan jumlah kerusakan yang konstan tiap satuan waktu. Distribusi yang sesuai adalah distribusi Eksponensial atau *Weibull* dengan $\alpha = 1$.
3. Bagian ketiga adalah tingkat kegagalan yang naik, yang dikenal sebagai kegagalan aus (masa aus / *wear-out period*). Pada periode setelah t2 menunjukkan kenaikan laju kerusakan dengan bertambahnya waktu yang sering disebut dengan *Increasing Failure Rate (IFR)*. Hal ini terjadi karena proses keausan peralatan. Model distribusi yang sesuai adalah Distribusi *Weibull* dengan $\alpha < 1$.

II.8 Distribusi Weibull

Distribusi *Weibull* biasanya digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang menyangkut lama waktu (umur) suatu objek yang mampu bertahan hingga akhirnya objek tersebut tidak berfungsi sebagaimana mestinya (rusak atau mati). Distribusi *Weibull* yang dipakai karena distribusi ini memiliki beberapa bentuk sehingga mampu memodelkan berbagai data. jika *time to failure* dari suatu system adalah mengikuti distribusi *Weibull* dengan tiga tipe parameter:

- Parameter bentuk (β)

- Parameter skala (η)
- Parameter lokasi (γ)
- waktu kegagalan (t)
- tingkat kegagalan (λ)

Maka persamaan fungsi densitas probabilitasnya $f(t)$ dapat dinyatakan sebagai berikut:

Untuk persamaan distribusi Weibull 2 parameter

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

untuk persamaan weibul 2 parameter

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta} \quad (2.5)$$

$$f(t) \geq ; t \geq \gamma ; \beta > 0 ; \eta > 0$$

Persamaan nilai keandalan ($R(t)$)

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

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

$$\text{Ln } e^x = x \text{ karena } e^x = e^x$$

$$\text{Ln } R = - \left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta$$

$$\text{Ln } R = \frac{(t-\gamma)}{(n)}$$

$$n^\beta \times \text{Ln } R = (t)^\beta$$

$$\sqrt[n^\beta]{n^\beta \times \text{Ln } R} = (t)$$

$$t = \sqrt[n^\beta]{n^\beta \times \text{Ln } R} \quad (2.7)$$

Persamaan failure rate

$$\lambda = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2.8)$$

Persamaan mean time to *failure*

$$MTTF = \eta r(1 + \frac{1}{\beta}) \quad (2.9)$$

II.8.1 Penentuan parameter weibull

Dalam menentukan estimasi parameter Weibull digunakan *method of probability plotting*. Metode ini mudah digunakan karena kertas plot dapat didapatkan di website *Weibull.com*.

Method of probability plotting mengambil *unreability fuction* sebagai sumbu y dan mengambil *time to failure* sebagai sumbu x.

Adapun langkah langkah dalam menentukan estimasi parameter distribusi Weibull sebagai berikut

- Membuat fungsi linear dari tiap *time to failure*
- Membuat kertas plot probabilitas
- Menentukan nilai sumbu y dan sumbu x

❖ Membuat fungsi linear

Dalam kasus Weibull 2-parameter, cdf (*unreability* $Q(t)$) diberikan oleh:

$$F(t)=Q(t)=1-e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \quad \text{persamaan (2.10)}$$

Kemudian fungsi berdasarkan persamaan 2.10 Dapat dilinearakan dengan persamaan $y=m'x+b$.

$$\begin{aligned} Q(t) &= 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \\ \ln(1 - Q(t)) &= \ln\left[e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}}\right] \\ \ln(1 - Q(t)) &= -\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta} \\ \ln(-\ln(1 - Q(t))) &= \beta \left(\ln\left(\frac{t}{\eta}\right)\right) \\ \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1 - Q(t)}\right)\right) &= \beta \ln t - \beta \ln \eta \end{aligned} \quad \text{Persamaan (2.11)}$$

Dari persamaan diatas disesuaikan dengan fungsi linear $y=m'x+b$.

Dimana:

$$y = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-Q(t)}\right)\right)$$

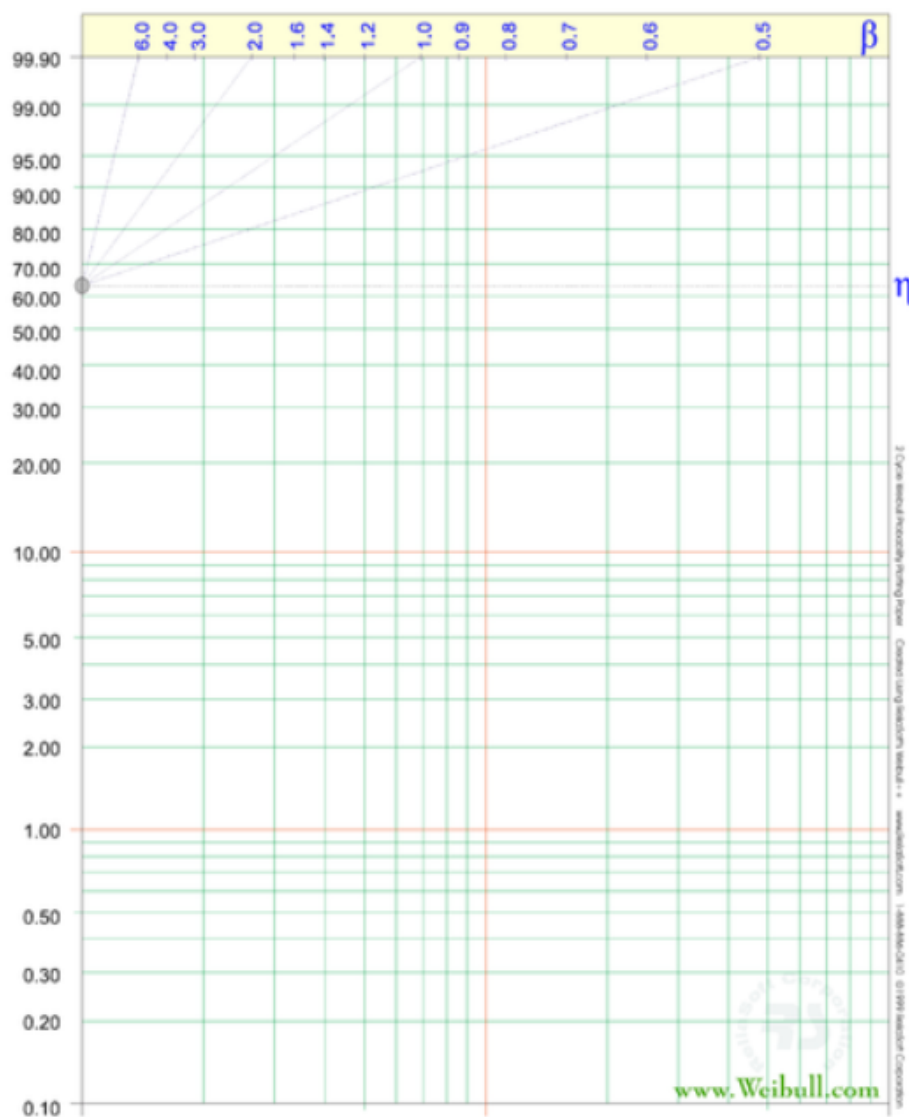
$$x = \ln(t)$$

$$y = \beta x - \beta \ln(\eta)$$

$$m = \beta$$

$$b = -\beta \cdot \ln(\eta)$$

❖ Menentukan kertas plot probabilitas



Gambar 2. 2 Kertas plot probabilitas (Ebeling, 1997)

❖ Menentukan sumbu x dan sumbu y

Setiap titik pada plot mewakili data *time to failure* misalnya terdapat data kegagalan komponen yaitu 10 jam, 20 jam, 50 jam dan 80 jam. Maka data kegagalan itu sebagai sumbu x.

Dalam menentukan nilai sumbu y atau *unreability fuction* sedikit lebih rumit karna menggunakan metode *median rank* yang dimana setiap data *time to failure* memiliki persentase kumulatif yang gagal misalnya 10 jam persentase gagalnya 20%, 20 jam persentase gagalnya 45%. Kemudian setelah didapatkan garis linear dari titik perpotongan antara sumbu x dan sumbu y maka garis tersebut disejajarkan untuk mendapatkan nilai parameter bentuk(β) dan untuk mendapatkan parameter skala(n) dengan melihat perpotongan dari estimasi garis parameter skala(n) dan garis linear dari perpotongan sumbu x dan sumbu y.

Metode median rank adalah metode yang digunakan untuk memperkirakan *unreability* untuk setiap nilai kegagalan. Median rank adalah nilai yang seharusnya dimiliki oleh setiap *time to failure* yang sebenarnya(Q_{tj}), dari sampel N dan pada tingkat akurasi 50%. Peringkat dapat ditemukan untuk setiap poin persentase, P, lebih besar dari nol dan kurang dari satu, dengan memecahkan persamaan binomial kumulatif untuk Z. Ini mewakili peringkat, atau perkiraan nilai *unreability*, untuk kegagalan ke-j dalam persamaan berikut untuk binomial kumulatif.

$$P = \sum_{k=j}^N \binom{N}{k} Z^k (1 - Z)^{N-k} \quad \text{persamaan (2.12)}$$

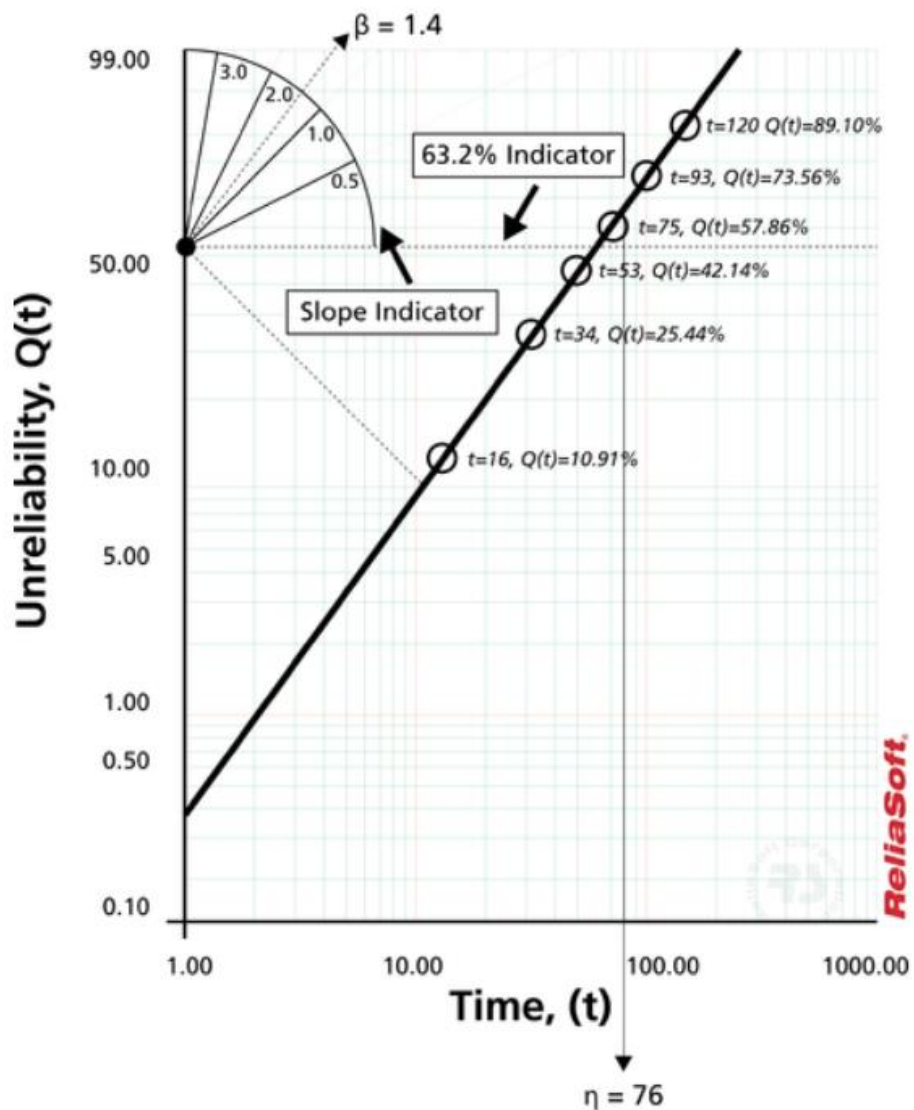
di mana N adalah ukuran sampel dan j nomor urut. *Median rank* diperoleh dengan menyelesaikan persamaan ini untuk Z pada P=0,50.

$$0.50 = \sum_{k=j}^N \binom{N}{k} Z^k (1 - Z)^{N-k} \quad \text{persamaan (2.13)}$$

Misalnya, jika N=4 dan kita memiliki empat kegagalan, kita akan memecahkan persamaan peringkat median untuk nilai Z empat kali; sekali untuk setiap kegagalan dengan j=1,2,3 dan 4. Hasil ini kemudian dapat

digunakan sebagai estimasi ketidakandalan untuk setiap kegagalan atau posisi plot y. mengingat dalam menentukan median rank para ilmuwan telah membuat table persentase mengenai nilai median rank tergantung dengan jumlah data yang dimiliki.

Berikut contoh *method of probability plotting*



Gambar 2. 3 contoh menentukan paramter distribusi weibull

II.9 Penggunaan Metode FMEA dan RPN

FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) adalah Metode kualitatif dalam analisa keandalan yang banyak digunakan untuk mendukung upaya-

upaya perbaikan desain, keselamatan, dukungan logistic 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 (Artana, 2013).

Tujuan metode FMEA ini adalah untuk :

1. Membantu memilih desain dengan tingkat keandalan dan keselamatan yang tinggi
2. Memastikan semua modus kegagalan pada komponen, sistem dan subsistem telah diprediksi dan diantisipasi
3. Untuk 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 sejarah 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 member justifikasi terhadap penentuan redundansi, sistem deteksi kegagalan serta otomatisasi

Metodologi *Risk Priority Number* (RPN) merupakan sebuah teknik untuk menganalisa risiko yang berkaitan dengan masalah-masalah yang potensial yang telah diidentifikasi selama pembuatan FMEA (Stamatis, DH, 1995, p45). Sebuah FMEA dapat digunakan untuk mengidentifikasi cara-cara kegagalan yang potensial untuk sebuah produk atau proses. Metode RPN kemudian memerlukan analisa dari tim untuk menggunakan pengalaman masa lalu dan keputusan engineering untuk memberikan peringkat pada setiap potensial masalah menurut rating skala berikut :

1. *Severity*, merupakan skala yang memeringkatkan *severity*

dari efek-efek yang potensial dari kegagalan.

2. *Occurance*, merupakan skala yang memeringkatkan kemungkinan dari kegagalan akan muncul.
3. *Detection*, merupakan skala yang memeringkatkan kemungkinan dari masalah akan dideteksi sebelum sampai ketangan pengguna akhir atau konsumen.

Setelah pemberian rating dilakukan, nilai RPN dari setiap penyebab kegagalan dihitung dengan rumus di bawah. Adapun penentuan nilai RPN ditentukan berdasarkan.

$$RPN = Severity \times Occurence \times Detection \quad (2.14)$$

tabel 2. 1. penilaian risiko

Penilaian skor risiko	pedoman
1-25	Resiko rendah Memerlukan langkah pengawasan
26-75	Resiko sedang Memerlukan langkah pengawasan dan perawatan
76-100	Resiko tinggi Memerlukan langkah pengawasan, perawatan dan perbaikan
100>	Resiko sangat tinggi Memerlukan langkah pengawasan, perawatan, perbaikan dan pergantian.

a) Kriteria *severity*

Seberapa besar tingkat keparahan dari kegagalan yang dipilih

tabel 2. 2. kriteria *severity*

Tingkat Keparahan (Severity)	Deskripsi
------------------------------	-----------

1-2	Tidak ada
3-4	Minor, kerusakan ringan, sistem bekerja kurang maksimal, terdapat redunan
5-6	Moderat, menyebabkan sistem terganggu, waktu perbaikan relative singkat, tidak ada redunan
7-8	Tinggi, membahayakan sistem, menyebabkan sistem down dalam waktulama
9-10	Sangat berbahaya, membahayakan sistem dan operator

b) *Occurance* rating

Berapa skala frekuensi kejadian kegagalan/kerusakan pada komponen

tabel 2. 3.kriteria *occurance*

Frekuensi kejadian (Occurrence)	Deskripsi
1	Lebih dari 1 Tahun
3	Antara 4-6 bulan
5	Antara 1-3 bulan
7	Setiap 1 bulan
9	Setiap saat

c) *Detection*

Berapa skala tingkat deteksi yang dapat dilakukan

tabel 2. 4.kriteria *detection*

Deteksi (Detection)	Deskripsi
1	Dapat dideteksi dengan

	mudah
3	Dapat dideteksi dengan peluang tinggi
5	Dapat dideteksi dengan peluang sedang
7	Dapat dideteksi dengan peluang kecil
9	Tidak dapat terdeteksi

II.10 Pertimbangan Perawatan

Secara umum semua peralatan buatan manusia memiliki usia pakai yang berujung pada ketidaksediaan peralatan. Tindakan perawatan bertujuan untuk memperpanjang usia pakai suatu peralatan, menjamin ketersediaan peralatan untuk dapat digunakan serta menjamin keselamatan bagi pengguna.

Perawatan adalah kombinasi tindakan teknis, administratif, dan manajerial selama siklus hidup peralatan untuk melakukan pemeliharaan atau mengembalikan pada kondisi dimana peralatan dapat melakukan fungsinya.

II.10.1 Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Perawatan korektif adalah perawatan yang tidak direncanakan (tak terduga), tindakan perawatan dilakukan untuk mengembalikan kemampuan fungsional sistem/komponen. Perawatan korektif sering disebut dengan perbaikan dan dilakukan setelah sistem/komponen mengalami kegagalan. Tujuan dari perawatan korektif adalah untuk membawa sistem kembali ke keadaan berfungsi segera mungkin, baik dengan memperbaiki atau mengganti komponen yang gagal atau dengan komponen cadangan (Dhilon, 2002).

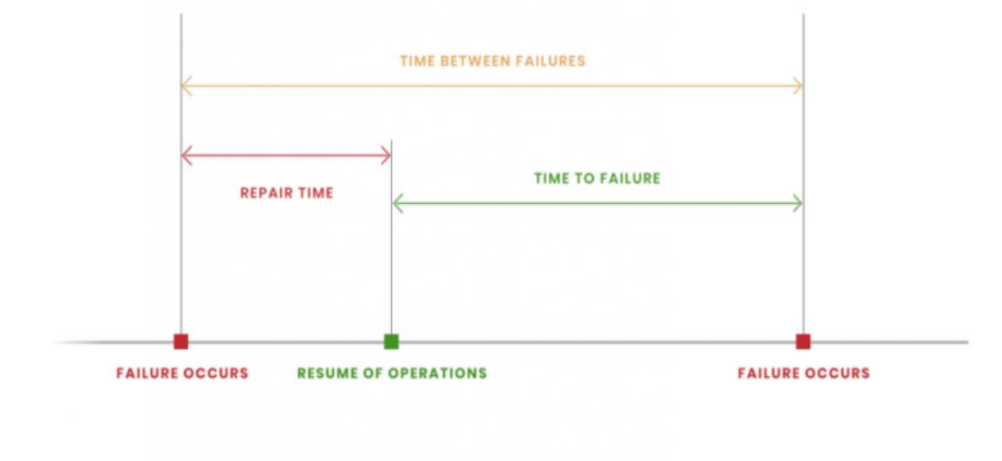
II.10.2 Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan pencegahan adalah suatu sistem perawatan yang terjadwal dan direncanakan dari suatu peralatan. Jenis perawatan ini didesain untuk meningkatkan ketersediaan peralatan serta untuk mengantisipasi segala kegiatan perawatan yang tidak direncanakan

sebelumnya. Tindakan perawatan pencegahan dikerjakan untuk menghindari suatu sistem atau peralatan dari kegagalan suatu fungsi pada saat yang tidak tepat. Efek perawatan pencegahan adalah jika semakin banyak jumlah perawatan yang dilakukan akan mengakibatkan peralatan semakin andal, akan tetapi efeknya semakin besar biaya perawatan yang dikeluarkan (Dhilon, 2002)

II.11 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.



Gambar 2. 4 Perbedaan TTF,TTR dan TBF

Prasyarat untuk menghitung ketersediaan adalah dengan formula sebagai berikut :

$$A_{j,kj} = \frac{M_{j,kj}^f}{M_{j,kj}^f + M^r} \quad (2.15)$$

Dimana $M_{j,kj}^f$ dan M^r menunjukkan *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR). *Mean time to failure* merupakan waktu terjadinya kegagalan komponen. Perhitungan MTTF dimulai saat komponen dioperasikan dan akan terus berlanjut sampai komponen kembali mengalami kerusakan atau dalam

kondisi perawatan. *Mean time to repair* merupakan waktu yang diperlukan untuk memperbaiki komponen dan mengembalikannya ke fungsionalitas penuh. Perhitungan MTTR dimulai setelah perbaikan dimulai, dan akan terus berlanjut hingga layanan yang terganggu sepenuhnya dipulihkan termasuk waktu pengujian yang diperlukan. Penilaian ketersediaan komponen akan berpengaruh terhadap penentuan *element availability* untuk menentukan jadwal perawatan.

$$\text{Availability (A)} = \frac{TTF}{TTF+TTR} \quad (2.16)$$

II.12 Biaya Total Operasi

Untuk meminimalkan total biaya operasi (C_T), 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 (2014), total biaya operasi dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.

$$C_T = C_r + C_m + C_d \quad (2.17)$$

II.13 Dinamika sistem

Dinamika Sistem adalah suatu metode pemodelan yang diperkenalkan oleh Jay Forrester pada tahun 1950-an dan dikembangkan di Massachusetts Institute of Technology Amerika. Sesuai dengan namanya, penggunaan metode ini erat berhubungan dengan pertanyaan-pertanyaan tentang tendensi-tendensi dinamik sistem-sistem yang kompleks, yaitu pola-pola tingkah laku yang dibangkitkan oleh sistem itu dengan bertambahnya waktu. Asumsi utama dalam paradigma dinamika sistem adalah bahwa tendensi-tendensi dinamik yang persistent (terjadi terus menerus) pada setiap sistem yang kompleks bersumber dari struktur kausal yang membentuk sistem itu. Oleh karena itulah model-model dinamika sistem diklasifikasikan ke dalam model matematik kausal (*theory-like*).

II.13.1 Hubungan Sebab Akibat

Peristiwa dinamis terjadi pada suatu sistem yang kompleks dan dipengaruhi lingkungan yang berhubungan dengan sistem tersebut. Diagram sebab akibat berguna untuk membuat konstruksi suatu sistem (Handani, 2012). Sehingga dalam hal ini, hubungan sebab akibat ini menunjukkan dampak yang signifikan pada pengoperasian sistem bahan bakar pada kapal KM. Pangrango

II.13.2 Tujuan System Dynamic Modelling

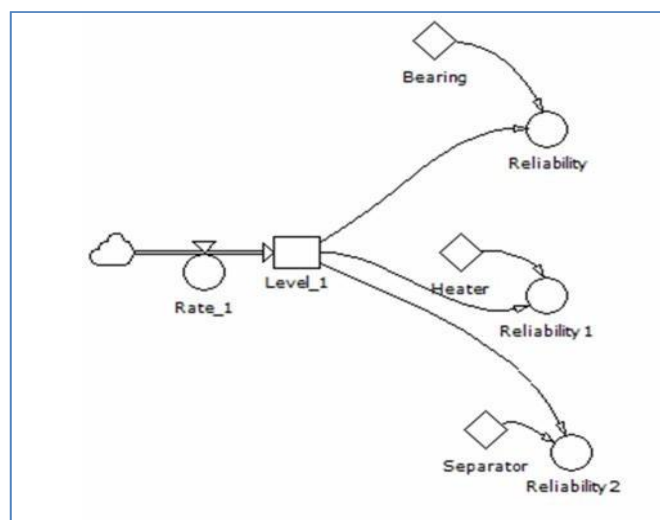
System Dynamic modelling dibuat untuk memberikan proses peramalan atau prediksi. Di samping itu, model sistem dinamis ini ditujukan untuk memahami karakteristik dan perilaku mekanisme proses internal yang terjadi dalam suatu sistem tertentu. Sistem dinamis sangat efektif digunakan pada sistem yang membutuhkan tingkat pengelolaan akan data yang banyak dengan baik. Dengan fleksibilitas yang dimiliki maka hal ini akan membantu dalam melakukan proses formulasi model, penentuan batasan model, validasi model, analisis kebijakan, serta penerapan model.

II.13.3 Cara Kerja Dinamika Sistem

Dinamika sistem bekerja berdasarkan prinsip hubungan sebab akibat dengan *feedback* dan/atau *delay*, tergantung sistem tersebut apakah kompleks atau sederhana. Dimana ketika 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 dibawah ini akan dibuat suatu diagram komponen. Dimana hubungan sebab akibat dari karakteristik komponen dapat dipaparkan dengan hubungan keandalan serta performa, keandalan dengan performa merupakan hubungan 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.

Pada 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.



Gambar 2. 5 Hubungan keandalan menggunakan software

Pada 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.

II.14 Building Block Dinamika Sistem pada Powersim

Pada *software* Powersim 2010, *tool* yang akan digunakan adalah *auxiliary*, dan *constant*. Semua *tool* tersebut berfungsi untuk merepresentasikan perumusan matematis serta analogi model yang akan dibuat. Setiap *variable* akan didefinisikan dalam sebuah persamaan.

Pada software powersim 2010 tool yang akan digunakan adalah level, auxiliary, serta constant. Dimana semua tool 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

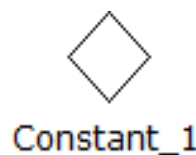
- Auxiliary



Gambar 2. 6 Auxiliary

Auxiliary merupakan tool pada powersim yang digunakan untuk merumuskan serta menggabungkan informasi. Yang mana tidak memiliki bentuk standar, tapi merupakan perhitungan aljabar kombinasi bertingkat serta laju aliran meskipun *auxiliary* dapat digunakan untuk bahasa perhitungan namun *auxiliary* tidak dapat membagi hasil seperti level, dimana *auxiliary* hanya dapat menghasilkan nilai yang pasti dari bahasa perhitungan yang telah ditentukan sebelumnya.

- Constant



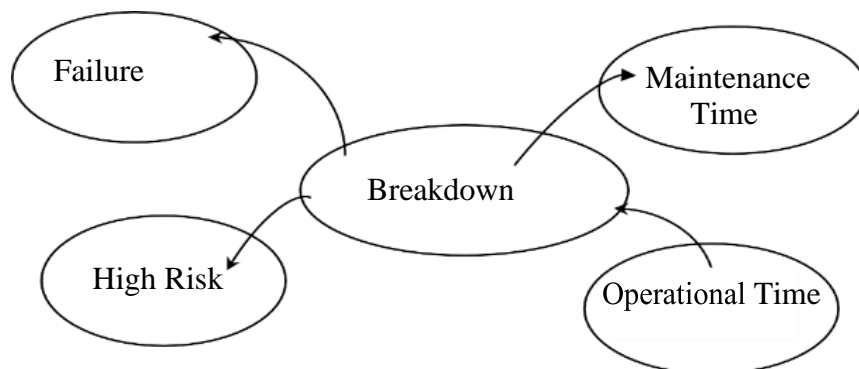
Gambar 2. 7 Constant

Constant Merupakan tool pada powersim yang digunakan untuk memberikan informasi atau sebagai inputan nilai yang akan memberikan informasi kepada sistem dengan nilai yang tetap. Dengan menggabungkan keseluruhan tool diatas maka kita akan mendapatkan suatu sistem penyampaian informasi untuk menganalisa suatu pemodelan yang akan dibuat sehingga hasil yang akan diharapkan dapat dipecahkan. Berikut ini contoh penggabungan tools tersebut. Dari beberapa tool diatas kita dapat membuat berbagai bentuk pemodelan yang akan dipecahkan. Dengan

memasukkan informasi ke dalam masing-masing tool, baik itu berupa perumusan atau nilai angka, maka hasil yang akan didapat dapat berupa grafik, diagram, hasil perhitungan ataupun tabel waktu. Semua item tersebut terdapat pada menu software powersim 2005. Pada analisa ini penulis akan menampilkan hasil analisa berupa grafik serta tabel waktu.

II.16 Causal Flow Diagram

Kejadian dalam sebuah sistem selalu berubah dipengaruhi dan berhubungan dengan faktor lingkungan. Hubungan yang positif menunjukkan bahwa terjadi hubungan pertambahan antara beberapa aspek yang berkaitan, sedangkan hubungan negatif menunjukkan hubungan yang mengurangi antara beberapa aspek yang berkaitan.



Gambar 2. 8. causal flow diagram