



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR -MN 141581**

**STUDI IMPLEMENTASI RCM UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS  
DOK APUNG**

**(Studi Kasus : PT.Dok dan Perkapalan Surabaya)**

Nurlaily Mufarikhah.

NRP. 4112100014

**DOSEN PEMBIMBING :**

Ir. Triwilaswandio WP, M.Sc.

Ir. Soejitno

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2016**



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

---

**TUGAS AKHIR - MN141581**

**STUDI IMPLEMENTASI RCM UNTUK PENINGKATAN  
PRODUKTIVITAS DOK APUNG  
(Studi Kasus: PT.Dok dan Perkapalan Surabaya)**

**NURLAILY MUFARIKHAH**  
NRP. 4112 100 014

Dosen Pembimbing  
Ir.Triwilaswandio W.P., M.Sc.  
Ir. Soejitno

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN**  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2016



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

---

**FINAL PROJECT - MN141581**

**A STUDY ON RCM IMPLEMENTATION FOR INCREASING  
PRODUCTIVITY FLOATING DOCK  
(Case Study: PT.Dok dan Perkapalan Surabaya)**

**NURLAILY MUFARIKHAH**  
NRP. 4112 100 014

Supervisor  
Ir. Triwilaswandio W.P., M.Sc.  
Ir. Soejitno

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2016

# LEMBAR PENGESAHAN

## STUDI IMPLEMENTASI RCM UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DOK APUNG (Studi Kasus: PT.Dok dan Perkapalan Surabaya)

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Keahlian Industri Perkapalan  
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**NURLAILY MUFARIKHAH**  
NRP. 4112 100 014

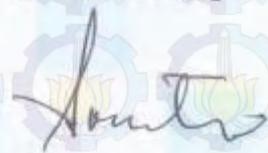
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I



Ir. Triwilaswadio W.P., M.Sc.  
NIP. 19610914 198701 1 001

Dosen Pembimbing II



Ir. Soejitno



SURABAYA, 10 MEI 2016

## LEMBAR REVISI

### STUDI IMPLEMENTASI RCM UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DOK APUNG (Studi Kasus: PT.Dok dan Perkapalan Surabaya)

#### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 25 April 2016

Bidang Keahlian Industri Perkapalan  
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**NURLAILY MUFARIKHAH**  
NRP. 4112 100 014

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, ST.,MT.
2. M. Sholikhhan Arief, ST.,MT.
3. Totok Yulianto, ST.,MT.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Triwilaswandio W.P., M.Sc.
2. Ir. Soejitno



SURABAYA, 10 MEI 2016

# STUDI IMPLEMENTASI RCM UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DOK APUNG (STUDI KASUS: PT.DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA)

Nama Mahasiswa : Nurlaily Mufarikah  
NRP : 4112 100 014  
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Ir. Triwilaswandio W.P., M.Sc.  
Ir. Soejitno

## ABSTRAK

Dok apung merupakan salah satu fasilitas galangan yang ada di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, yang terdiri dari dok I,II,IV dan V. Dok apung mempunyai peran yang sangat penting dalam reparasi kapal. Oleh karena itu, PT.Dok dan Perkapalan Surabaya melakukan tindakan perawatan untuk menjaga kinerja dok apung. Mengingat begitu pentingnya peran dok apung, maka dilakukan penelitian tindakan dan rencana perawatan yang tepat untuk meningkatkan produktivitas dok apung dengan menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Penelitian dengan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*), secara umum dibagi menjadi 2 yaitu, secara kualitatif dan secara kuantitatif. Analisa kualitatif terdiri dari FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), FTA (*Fault Tree Analysis*), dan LTA (*Logic Tree Analysis*). Sedangkan analisa kuantitatif terdiri dari perhitungan MTTF (*Mean Time to Failure*), MTTR (*Mean Time to Repair*), penentuan *reliability*, dan *failure rate* dengan menggunakan *software weibull 6++*. Dari hasil analisa kualitatif terdapat 4 komponen MSI (*Maintenance Significant Item*), yaitu capstan, ponton, crane dan pompa. Dari hasil analisa kuantitatif didapatkan komponen yang memengaruhi *reliability* dok apung. *Reliability* yang paling rendah yaitu ponton, pompa, *capstan* dan *crane*. Penilaian *reliability* didasarkan pada akibat yang ditimbulkan dari kerusakan atau kegagalan komponen terhadap sistem, sedangkan nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) paling rendah pada crane dan pompa yaitu 120 dan 150 hari. Secara teoritis, penerapan RCM (*Reliability Centered Maintenance*) akan meningkatkan keandalan komponen. Tindakan dan rencana perawatan yang disarankan berdasarkan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) yaitu melakukan pengecekan secara rutin serta melakukan *training* pada bagian *maintenance* mengenai konsep perawatan. Interval *maintenance* pada crane dan ponton dilakukan setiap 1 bulan sekali, sedangkan interval *maintenance* pada capstan dan pompa dilakukan setiap 2 bulan sekali.

Kata Kunci : Dok apung, RCM, *Reliability*, *Failure rate*

# **A STUDY ON RCM IMPLEMENTATION FOR INCREASING PRODUCTIVITY FLOATING DOCK (CASE STUDY: PT.DOK DAN PERKAPALAN SURABAYA)**

Name : Nurlaily Mufarikhah  
Registration Number : 4112 100 014  
Departement : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Supervisor : Ir. Triwilaswandio W.P., M.Sc.  
Ir. Soejitno

## **ABSTRACT**

*Floating dock is one of dock facilities in PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, those are dock I, II, IV and V. Floating dock has a very important role in ship repair. Therefore, PT.Dok dan Perkapalan Surabaya performs maintenance actions to preserve the performance of floating dock. Because its important role, it is researched for what action and plan to treat floating dock properly to improve productivity of floating dock using RCM (Reliability Centered Maintenance) . Researched by using RCM (Reliability Centered Maintenance) method, it is generally divided into two ways both qualitative and quantitative. Qualitative analysis consists of FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), FTA (Fault Tree Analysis) and LTA (Logic Tree Analysis) . While quantitative analysis consists of calculationing MTTF (Mean Time to Failure), MTTR (Mean Time to Repair), determining reliability and failure rate by using the weibull software 6 ++. From the results of qualitative analysis there are 4 components of MSI (Maintenance Significant Item), which consists of capstan, pontoons, cranes and pumps.The result of the quantitative analysis shows wahat component that effect reliability of floating dock. The lowest reliabilities are pontoon, pump, capstan and crane. Valuing reliability based on the impact of the damage and failure of component on the system. While the lowest values of MTTF (Mean Time to Failure) are crane and pump which are 120 and 150 days. Theoretically, the implementation of RCM (Reliability Centered Maintenance) measures will improve the reliability of component. What actions and plan to do to treat floating docks based on the RCM (Reliability Centered Maintenance) method that is checked regularly and conducted training held on the maintenance department about concept to maintain floating docks. Interval maintenance on crane and pontoon performed every once a month, while the maintenance intervals on capstan and pump is done every two months.*

*Keywords: Floating dock , RCM, Reliability, Failure rate*

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb,

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan pada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW yang telah memberikan petunjuk jalan kebenaran bagi kita semua.

Selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah menerima bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, ilmu, dan berkah yang luar biasa kepada semua hamba-Nya
2. Bapak Ir. Triwilaswandio W.P, M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
3. Bapak Ir. Soejitno selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Ayah dan Ibu dan Adik tercinta, Bapak L.Efendi, Ibu Kartinah dan Adik M. Ilham Nur Hanafi yang telah memberikan curahan kasih sayang, doa restu, semangat, nasehat dan motivasi kepada penulis, agar penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu
5. Seluruh Bapak Ibu Dosen program Studi Industri, Bapak Ir. Heri Supomo, M.Sc. Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi,S.T.,M.T. Bapak M.Sholikan Arif, S.T.,M.T. Bapak Imam Baihaqi, S.T.,M.T. dan Bapak Sufian Imam Wahidi, ST., M.Sc. terimakasih atas bimbingan, ilmu, motivasi yang telah diberikan selama dibangku kuliah
6. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan selaku ketua jurusan Teknik Perkapalan ITS
7. Bapak Budi Santosa, MT, Ir. I Gusti Made Santosa (mendiang) dan Bapak Ir. Paulus Andrianto Sutirto selaku pembimbing tugas desain kapal yang memberikan banyak prinsip keilmuan dan memotivasi penulis untuk selalu memberikan yang terbaik
8. Bapak Musahadi selaku manager limbung, Bapak Ali selaku manager sarfas, Bapak Indra selaku manager pengadaan dan Bapak Narko selaku manager rental yang selalu memberikan kemudahan, ilmu dan arahan kepada penulis dalam pengambilan data di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya
9. Sahabat - sahabat terbaik Mela Andriyani, Ninis Nur Hidayah dan Titin Murtafi'ah yang selalu memberikan motivasi, selalu mendampingi penulis saat senang maupun susah mulai dari Tugas Desain sampai pada Tugas Akhir
10. Sahabat-sahabat seperjuangan Gengs P-52 , Zulia, Tenzara, dan Febriani yang selalu memberikan semangat, membantu penulis dalam segala hal mulai urusan A-Z terimakasih atas kebersamaan dan semua bantuannya
11. Teman-teman seperjuangan TPK dan TA Industri, Dave, Jojo, Samsul, Reny, Pras dan Paul

12. Mas Agus, Arin, Chory, Diah, dan Sri Wahyuni, yang telah membantu penulis dalam berdiskusi mengenai permasalahan yang diangkat pada Tugas Akhir ini.
13. Teman-teman P-52 (FORECASTLE), Irma, Nurin, Dana, Rian, Khusnul, Kamal, Agung, Bli Hadi, Bli Rizal, Bintang, Leli, Nurul, Irfa, Vivi, Ida, Idda, Reza, Rafid, Bona, Rif'an, Wisnu, Arie, Yoga, Gagah, Ardi, Reiza, Putri, Nizar, Faisal, Zaka, Sugik, dll terimakasih atas dukungan, bantuan dan kebersamaannya.
14. Mbak Mas 2011, dan adik-adik 2013 serta 2014 yang memberikan semangat dan dukungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan Tugas Akhir ini, masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang ada. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 14 Maret 2016

Penulis

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR REVISI .....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan .....	2
1.5. Manfaat .....	2
1.6. Hipotesis.....	3
1.7. Sistematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>Maintenance</i> .....	5
2.1.1. Konsep Dasar Sistem <i>Maintenance</i> dan Jenis-jenisnya.....	6
2.2. Konsep Dasar Keandalan .....	7
2.3. Karakteristik Kegagalan.....	9
2.4. <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i> .....	10
2.4.1. Sejarah RCM .....	11
2.4.2. Tujuan Metode RCM ( <i>Reliability Centered Maintenance</i> ).....	12
2.4.3. Prinsip – Prinsip RCM ( <i>Reliability Centered Maintenance</i> ) .....	12
2.4.4. Proses RCM ( <i>Reliability Centered Maintenance</i> ) .....	13
2.4.5. Model Distribusi Probabilitas Keandalan.....	27
2.4.6. Keuntungan Penerapan RCM ( <i>Reliability Centered Maintenance</i> ) .....	30
2.5. Pengertian Dok.....	30
2.6. Pengertian Produktivitas .....	31

2.7. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu.....	32
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>35</b>
3.1. Tahapan Pendahuluan Penelitian .....	37
3.1.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	37
3.1.2. Tujuan Penelitian.....	37
3.1.3. Studi Lapangan.....	37
3.1.4. Studi Pustaka .....	37
3.2. Tahapan Pengumpulan Data .....	38
3.2.1. Data Primer.....	38
3.2.2. Data Sekunder.....	38
3.3. Tahapan Pengolahan Data dengan RCM ( <i>Reliability Centered Maintenance</i> ) .....	38
3.3.1. Penyusunan <i>Functional Block Diagram</i> .....	38
3.3.2. Identifikasi Fungsi dan Kegagalan .....	38
3.3.3. Identifikasi MSI ( <i>Maintenance Significant Item</i> ).....	39
3.3.4. Analisa FMEA dan Penilaian RPN ( <i>Risk Priority Number</i> ) .....	39
3.3.5. Analisis FTA ( <i>Fault Tree Analysis</i> ) .....	39
3.3.6. Analisis LTA ( <i>Loguc Tree Analysis</i> ).....	39
3.3.7. Penentuan Distribusi.....	39
3.3.8. Penentuan Nilai MTTF ( <i>Mean Time to Failure</i> ) dan MTTR ( <i>Mean Time to Repair</i> ).....	39
3.3.9. Penentuan Grafik <i>Reliability</i> .....	40
3.3.10. Penentuan Grafik <i>Failure Rate</i> .....	40
3.3.11. Pemilihan kegiatan <i>Maintenance</i> .....	40
3.4. Tahapan Analisis Data .....	40
3.5. Tahapan Kesimpulan dan Saran.....	40
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>	<b>43</b>
4.1. Gambaran Umum Dok Apung ( <i>Floating Dock</i> ) PT.Dok & Perkapalan Surabaya..	43
4.2. Pengumpulan Data.....	47
4.2.1. Umum.....	47
4.3. Pengolahan Data dengan RCM ( <i>Reliability Centered Maintenance</i> ) .....	48
4.3.1. Penyusunan <i>Functional Block Diagram</i> .....	48
4.3.2. Identifikasi Fungsi dan Kegagalan .....	49
4.3.3. Identifikasi <i>Maintenance Significant Item</i> (MSI).....	50
4.3.4. Identifikasi FMEA ( <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> ) dan Penilaian RPN... 51	

4.3.5. Identifikasi FTA ( <i>Fault Tree Analysis</i> ) .....	51
4.3.6. Identifikasi LTA ( <i>Logic Tree Analysis</i> ).....	52
4.3.7. <i>Fitting</i> Distribusi TTF dan TTR .....	52
4.3.8. Penentuan MTTF dan MTTR .....	56
4.3.9. Penentuan <i>Reliability</i> .....	59
4.3.10. Penentuan <i>Failure rate</i> .....	60
4.3.11. <i>Task Selection</i> .....	61
4.3.12. Keandalan Sistem .....	63
<b>BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>67</b>
5.1. Analisa Kualitatif .....	67
5.1.1. Analisa Kualitatif Dok I .....	71
5.1.2. Analisa Kualitatif Dok II .....	72
5.1.3. Analisa Kualitatif Dok IV .....	74
5.1.4. Analisa Kualitatif Dok V .....	75
5.2. Analisa Kuantitatif .....	77
5.2.1. Analisa Kuantitatif Dok I .....	77
5.2.2. Analisa Kuantitatif Dok II .....	82
5.2.3. Analisa Kuantitatif Dok IV .....	85
5.2.4. Analisa Kuantitatif Dok V .....	87
5.3. Pembahasan Hasil Analisa Kualitatif .....	92
5.4. Pembahasan Hasil Analisa Kuantitatif .....	93
5.4.1. Pembahasan Hasil Pemilihan Distribusi .....	93
5.4.2. Pembahasan Hasil Analisa Keandalan dan Laju Kegagalan .....	94
5.4.3. Pembahasan Penentuan Periode Perbaikan .....	96
5.4.4. Pembahasan Keandalan Sistem .....	98
5.5. Analisa Peningkatan Produktivitas .....	102
<b>BAB VI KESIMPULAN</b> .....	<b>105</b>
6.1. Kesimpulan .....	105
6.2. Saran.....	106
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>107</b>
Lampiran 1	<i>Functional Block Diagram</i>
Lampiran 2	Deskripsi Fungsi dan Kegagalan

Lampiran 3	Kuisisioner
Lampiran 4	FTA ( <i>Fault Tree Analysis</i> )
Lampiran 5	Rekapan Data TTF dan TTR
Lampiran 6	<i>Fitting</i> Distribusi TTF dan TTR
Lampiran 7	Hasil Kurva <i>Reliability</i>
Lampiran 8	Hasil Kurva <i>Failure Rate</i>
Lampiran 9	<i>Task Selection</i>
Lampiran 10	Peningkatan Keandalan Sistem
Lampiran 11	Identifikasi Jenis Perbaikan
Lampiran 12	Dok Apung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> Kurva Bath-Tub .....	9
<b>Gambar 2.2.</b> Analisa Pohon Keputusan .....	22
<b>Gambar 2.3.</b> Penggunaan Model Rumus Distribusi .....	27
<b>Gambar 3.1.</b> Alur Pengerjaan Tugas Akhir .....	36
<b>Gambar 4.1.</b> Dok Apung Surabaya I .....	44
<b>Gambar 4.2.</b> Dok Apung Surabaya II .....	44
<b>Gambar 4.3.</b> Dok Apung Surabaya IV .....	45
<b>Gambar 4.4.</b> Dok Apung Surabaya V .....	46
<b>Gambar 4.5.</b> Diagram Fault Tree Analysis .....	52
<b>Gambar 4.6.</b> Fitting Distribusi TTF .....	54
<b>Gambar 4.7.</b> Fitting Distribusi TTF .....	55
<b>Gambar 4.8.</b> Kurva Rreliability Crane Selatan .....	60
<b>Gambar 4.9.</b> Kurva Failure Rate Crane Selatan .....	61
<b>Gambar 4.10.</b> Reliability Block Diagram Dok I .....	63
<b>Gambar 4.11.</b> Reliability Block Diagram Dok II .....	64
<b>Gambar 4.12.</b> Reliability Block Diagram Dok IV .....	64
<b>Gambar 4.13.</b> Reliability Block Diagram Dok V .....	65
<b>Gambar 5.1.</b> Failure Mode Dok I .....	72
<b>Gambar 5.2.</b> Failure Mode Dok II .....	73
<b>Gambar 5.3.</b> Failure Mode Dok IV .....	75
<b>Gambar 5.4.</b> Failure Mode Dok V .....	77
<b>Gambar 5.5.</b> Peningkatan Keandalan Dok I .....	99
<b>Gambar 5.6.</b> Peningkatan Keandalan Dok II .....	100
<b>Gambar 5.7.</b> Peningkatan Keandalan Dok IV .....	101
<b>Gambar 5.8.</b> Peningkatan Keandalan Dok V .....	102

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Kategori Kekritisn .....	15
<b>Tabel 2.2.</b> Skala Peringkat Keparahan.....	17
<b>Tabel 2.3.</b> Skala Peringkat Kejadian .....	17
<b>Tabel 2.4.</b> Skala Peringkat Deteksi.....	18
<b>Tabel 2.5.</b> Simbol Kejadian .....	19
<b>Tabel 2.6.</b> Simbol Gerbang.....	20
<b>Tabel 2.7.</b> Perbandingan Penelitian Terdahulu.....	33
<b>Tabel 4.1.</b> Identifikasi Fungsi dan Kegagalan Sistem .....	49
<b>Tabel 4.2.</b> Identifikasi Fungsi dan Kegagalan Sub sistem.....	49
<b>Tabel 4.3.</b> Identifikasi Fungsi dan Kegagalan Komponen .....	50
<b>Tabel 4.4.</b> Data TTF dan TTR.....	53
<b>Tabel 4.5.</b> Distribusi dan Parameter TTF .....	54
<b>Tabel 4.6.</b> Distribusi dan Parameter TTR.....	55
<b>Tabel 4.7.</b> Task Selection .....	62
<b>Tabel 5.1.</b> Analisa MSI (Maintenance Significant Item).....	67
<b>Tabel 5.2.</b> Analisa FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).....	70
<b>Tabel 5.3.</b> Parameter Distribusi Weibul dan Eksponensial .....	94
<b>Tabel 5.4.</b> Nilai Reliability dan Failure Rate.....	95
<b>Tabel 5.5.</b> Rekapn Data Docking Kapal di Dok V Tahun 2015 .....	103

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam dunia maritim keberadaan kapal merupakan hal yang sangat penting. Karena kapal merupakan alat angkut utama laut yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan barang dari satu tempat ke tempat lain. Dalam beroperasinya, kapal pasti akan mengalami berbagai macam kondisi yang menyebabkan kerusakan pada konstruksi kapal, maupun item-item pendukung beroperasinya kapal. Maka, untuk menstabilkan kapal agar tetap optimal dan beroperasi dalam keadaan konstruksi yang optimal serta item-item pendukung beroperasinya kapal tersebut sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan, maka harus dilakukan perbaikan (*repair*) dan perawatan secara berkala.

PT.Dok dan Perkapalan Surabaya merupakan salah satu galangan kapal yang banyak bergerak dibidang reparasi kapal. Salah satu fasilitas pengedokan yang ada di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya yaitu *floating dock* yang terdiri dari *floating dock I*, *floating dock II*, *floating dock IV*, dan *floating dock V*. Keempat *floating dock* tersebut merupakan fasilitas pengedokan yang penting dalam menunjang proses reparasi kapal, apabila dok apung (*floating dock*) tersebut rusak atau tidak dapat beroperasi maka akan menyebabkan keterlambatan pada reparasi kapal.

Mengingat begitu pentingnya peran dok apung (*floating dock*), maka yang harus diusahakan adalah memastikan dok apung tersebut tetap beroperasi dengan baik selama *life time*-nya. Tindakan yang biasa dilakukan oleh perusahaan untuk memastikan asetnya (dok apung) dapat beroperasi dengan baik selama *life time*-nya adalah dilakukan tindakan *maintenance* dan *repair*.

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan suatu teknik perawatan yang menggunakan informasi keandalan untuk mendapatkan suatu perencanaan perawatan yang optimal (Smith,1992),(Moubray,1997). Ide dasar dari teknik perawatan ini adalah memelihara fungsi dan menemukan mode-mode kegagalan sistem.

Strategi *maintenance* yang optimal akan memberikan jenis perawatan yang optimal bagi suatu komponen, sehingga aktivitas perawatan akan dilakukan sesuai dengan kebutuhan. Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis mencoba untuk menerapkan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) yang dapat mengetahui sebuah tindakan dan rencana perawatan yang

optimal serta dapat meningkatkan produktivitas dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

## 1.2. Rumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana sistem *maintenance* yang diterapkan saat ini untuk dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya?
2. Apa saja komponen yang berpengaruh pada *reliability* dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya?
3. Bagaimana tindakan dan rencana perawatan yang tepat untuk meningkatkan produktivitas dok apung (*floating dock*) yang efektif dan optimal dengan menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*)?

## 1.3. Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir ini permasalahan difokuskan pada:

1. Masalah yang dibahas mengenai kegagalan dan kerusakan yang terjadi di dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya
2. Data kerusakan pada dok apung (*floating dock*) yang diamati dan dianalisis adalah data tahun 2013-2015

Pengujian distribusi dilakukan dengan menggunakan *software Reliasoft Weibull 6 ++*

## 1.4. Tujuan

Mengacu pada permasalahan di atas, maka tujuan penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Menganalisis sistem perawatan yang diterapkan saat ini pada dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya
2. Mengidentifikasi komponen-komponen yang berpengaruh pada *reliability* dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan
3. Merencanakan perawatan yang tepat untuk meningkatkan produktivitas dok apung (*floating dock*)

## 1.5. Manfaat

Dari tugas akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut :

- Untuk perusahaan (PT.Dok dan Perkapalan Surabaya)
  - a. Sebagai parameter untuk menilai performa dok apung (*floating dock*)

b. Sebagai referensi dalam melakukan perawatan dok apung (*floating dock*)

- Untuk lembaga pendidikan

a. Sebagai salah satu aplikasi dari metode RCM dalam bidang perkapalan

b. Sebagai referensi untuk digunakan dalam proses belajar mengajar

## 1.6. Hipotesis

Hipotesis dari tugas akhir ini adalah:

Penerapan perawatan dengan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan, tingkat keparahan, dampak kerusakan dan cara melakukan tindakan yang sesuai dengan tingkat keparahan, serta tindakan dan rencana perawatan yang dapat meningkatkan produktifitas dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

## 1.7. Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

### BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian secara umum dan singkat yang meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis penelitian dan sistematika penulisan dari tugas akhir yang disusun.

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penjelasan mengenai teori-teori yang digunakan sebagai dasar pendukung dalam pengerjaan tugas akhir ini. Pembahasan teori dalam bab ini dimulai dari membahas hal yang bersifat umum sampai kepada hal-hal yang bersifat spesifik. Pembahasan teori tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran konsep yang digunakan dalam penelitian ini kepada pembaca. Teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari berbagai literatur, artikel, dan jurnal. Tinjauan pustaka yang mendukung penelitian tugas akhir ini adalah gambaran umum *floating dock*, evolusi *maintenance*, *maintenance*, konsep keandalan, karakteristik kegagalan, RCM (*Reliability Centered Maintenance*), keuntungan penerapan RCM (*Reliability Centered Maintenance*), dan perbandingan dengan penelitian terdahulu.

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai metodologi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini. Metodologi yang digunakan tersebut menggambarkan alur pengerjaan dan kerangka berpikir yang digunakan oleh penulis dalam melakukan penelitian tugas akhir ini. Umumnya, metodologi terdiri dari beberapa tahapan yang disusun secara sistematis dan saling berhubungan antara satu tahapan dengan tahapan lainnya. Mulai dari tahap persiapan, studi literatur, studi lapangan, pengumpulan data, pengolahan dan analisis sampai pada penarikan kesimpulan.

### BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi tentang data-data yang diperlukan selama proses penelitian tugas akhir ini dan juga dijelaskan mengenai bagaimana cara pengolahan terhadap data-data tersebut. Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode yaitu pengamatan secara langsung, pengumpulan data-data historis dari perusahaan dan proses wawancara yang dilakukan terhadap pihak-pihak yang berkepentingan. Pengumpulan data yang didapatkan, dilakukan analisis data dengan menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

### BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisa kondisi dan sistem perawatan dok apung serta analisis terhadap pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Dan dilakukan pembahasan dari hasil analisis tersebut, sehingga dapat dilakukan penarikan kesimpulan dan saran pada bab selanjutnya.

### BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan kesimpulan yang dapat diambil oleh penulis terhadap hasil penelitian tugas akhir yang dilakukan. Selain itu, juga dijelaskan saran atau rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

### DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang daftar *literature* yang secara langsung maupun tidak langsung dijadikan sumber informasi dalam penyusunan tugas akhir ini.

### LAMPIRAN

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. *Maintenance*

*Maintenance* didefinisikan sebagai suatu aktifitas yang dilakukan agar peralatan atau item dapat dijalankan sesuai dengan standard performansi semula. Atau juga didefinisikan sebagai suatu tindakan yang dibutuhkan untuk mencapai hasil yang dapat mengembalikan atau mempertahankan item pada kondisi yang selalu berfungsi. Tujuan dari perawatan adalah memperpanjang umur pakai peralatan, menjamin tingkat ketersediaan yang optimal dari fasilitas produksi, menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas untuk pemakaian darurat serta menjamin keselamatan operator dan pemakai fasilitas.

Pendapat lain menjelaskan *maintenance* adalah kegiatan memastikan setiap asset fisik terus melakukan apa yang penggunanya ingin mereka lakukan, apa yang diinginkan penggunanya tergantung dimana dan bagaimana asset tersebut digunakan sesuai konteks operasionalnya (Moubroy, 2000).

Sedangkan menurut (Gross, 2002) Perawatan adalah sebuah operasi atau aktivitas yang harus dilakukan secara berkala dengan tujuan untuk melakukan pergantian kerusakan peralatan dengan *resources* yang ada. Perawatan juga ditujukan untuk mengembalikan suatu sistem pada kondisinya agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, memperpanjang usia kegunaan mesin, dan menekan *failure* sekecil mungkin.

Aktivitas pemeliharaan sangat penting dilakukan dalam suatu kegiatan produksi yang ada dalam perusahaan. Aktivitas pemeliharaan berfungsi untuk menjaga agar tidak ada aset fisik yang mengalami kegagalan dan kerusakan pada saat proses produksi sedang dilakukan.

Tujuan utama dari pemeliharaan (*maintenance*) adalah sebagai berikut :

1. Memperpanjang usia kegunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan, dan isinya)
2. Menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang ntuk produksi (atau jasa) dan mendapatkan laba investasi (*return of investment*) maksimum yang mungkin
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang dipergunakan dalam kegiatan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran, penyelamat, dan sebagainya
4. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

### 2.1.1. Konsep Dasar Sistem *Maintenance* dan Jenis-jenisnya

Kebanyakan sistem dirawat (*maintained system*) diperbaiki ketika mereka mengalami kegagalan atau kerusakan dan pekerjaan itu dilakukan agar sistem tersebut tetap bekerja. *Maintained system* (sistem yang dirawat) adalah subjek bagi *corrective* dan *preventive maintenance*.

#### a. *Corrective Maintenance*

*Corrective maintenance* meliputi semua tindakan untuk mengembalikan sistem dari kegagalan pada keadaan siap operasi (*available state*). Jumlah dari tindakan *corrective maintenance* sangat ditentukan oleh keandalan. Tindakan *corrective maintenance* tidak dapat direncanakan, hal tersebut terjadi ketika kita tidak menginginkan (*unpredicted*). Kegiatan *corrective maintenance* meliputi kegiatan *testing* (pengujian), *repair* (perbaikan, dan penggantian (*replacement*)). *Corrective maintenance* diukur dengan MTTR (*Mean Time to Repair*). Waktu antar perbaikan (*time to repair*), meliputi beberapa aktivitas, yang dibagi menjadi 3 kelompok yaitu:

- *Preparation time*, menemukan orang yang tepat untuk pekerjaan tersebut, mendapatkan peralatan, dan perlengkapan pengujian.
- *Active maintenance time*, pekerjaan sedang dilakukan (termasuk waktu yang digunakan untuk mempelajari kinerja sistem)
- *Delay time (logistics time)*, masa penantian suku cadang, dlln ketika pekerjaan dimulai.

#### b. *Preventive Maintenance*

*Preventive maintenance* dalam kegiatannya lebih kearah pencegahan munculnya kegagalan. Hal ini bisa berupa servis, pembersihan, dan pelumasan atau dengan inspeksi. *Preventive maintenance* mempengaruhi *reliability* secara langsung. Tindakan dalam *preventive maintenance* haruslah direncanakan dan dilakukan disaat yang telah kita rencanakan. *Preventive maintenance* diukur oleh waktu yang digunakan untuk melakukan kegiatan *maintenance* tertentu serta frekuensi dilakukakannya tersebut dalam kurun waktu tertentu. Kegiatan *preventive maintenance* meliputi inspeksi, pelumasan, dan *adjusting* (penyetelan).

Perhitungan interval *maintenance* untuk menentukan interval *preventive maintenance* yang paling optimal ditunjukkan dengan formula:

$$t(R=0.5) = Y + \theta (-\ln 0.5)^{1/\beta} \quad (2.1)$$

Dimana:

$t (R=0.5)$  : Nilai keandalan yang diharapkan perusahaan

$\gamma$  : Parameter lokasi dari distribusi

$\theta$  : Parameter skala dari distribusi

$\beta$  : Parameter bentuk dari distribusi

Efektivitas dan ekonomis dari *preventive maintenance* dapat dimaksimalkan dengan melakukan perhitungan *time to failure distributions* (distribusi waktu antar kegagalan) dari komponen-komponen yang dirawat (*maintained components*). Akibat dari *preventive maintenance* terhadap keandalan ini ditunjukkan dengan formula:

$$R_m(t) = R(T)^n R(t-nT) \quad (2.2)$$

Dimana:

$T$  : Periode waktu *maintenance*

$n$  : Periode ke...

$R(T)^n$  : Probabilitas sukses sampai tindakan *preventive maintenance* yang pertama

$R(t-T)$  : Probabilitas sukses pada selisih waktu  $t-T$  yang disebabkan karena sistem dikembalikan ke kondisi semula ( $R=1$ ) pada waktu  $T$

$R_m(t)$  : Keandalan dengan *preventive maintenance*

Formula diatas didasarkan pada asumsi bahwa pada setiap periode, tindakan *preventive maintenance* yang dilakukan akan mengembalikan komponen / sistem pada kondisi awal ( $R=1$ )

## 2.2. Konsep Dasar Keandalan

Salah satu tujuan dilakukannya pemeliharaan terhadap fasilitas perusahaan adalah untuk mengatasi terjadinya kegagalan atau *failure* dari sistem dan meningkatkan keandalan atau *reliability* dari fasilitas tersebut. Menurut Priyanta, Dwi (2000), *Reliability* adalah peluang dari sebuah unit yang dapat bekerja secara normal ketika digunakan untuk kondisi tertentu dan setidaknya bekerja dalam suatu kondisi yang telah ditetapkan. Sementara menurut Ebeling (1997), *Reliability* merupakan peluang sebuah komponen atau sistem akan dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan untuk suatu periode waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasional yang telah ditetapkan. Keandalan sebuah sistem atau komponen dapat didefinisikan sebagai suatu probabilitas suatu sistem atau komponen dapat berfungsi dengan baik untuk melakukan tugas tertentu. Berikut ini merupakan rumusan keandalan secara umum:

$$R = P(x=1) \quad (2.3)$$

Keterangan :

R = *Reliability* (Keandalan)

P = Probabilitas

Karena x merupakan fungsi waktu, maka R juga fungsi waktu, sehingga didapatkan :

$$R(t) = P(x(t)=1) \quad (2.4)$$

Dimana R(t) adalah keandalan peralatan saat t yang sering disebut sebagai fungsi.

Sementara menurut Lewis E. (1987), fungsi keandalan terhadap waktu dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R(t) = \int_t f(t)dt \quad (2.5)$$

Konsep keandalan atau *reliability* didasarkan pada teori probabilitas dengan tujuan utamanya adalah komponen atau unit dapat diandalkan untuk bekerja sesuai dengan fungsinya dengan kemungkinan sukses dalam periode tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya. Keandalan juga mengenal CDF (*Cumulative Distribution Failure*), yang berarti probabilitas suatu peralatan mengalami kerusakan sebelum jangka waktu t. Dalam konsep keandalan, terdapat empat elemen dasar, yaitu:

- *Probability* atau Peluang

Setiap komponen mempunyai umur yang berbeda-beda antara satu dengan lainnya sehingga ada beberapa komponen yang mempunyai rata-rata hidup tertentu. Pengidentifikasi distribusi frekuensi dari suatu komponen dapat dilakukan dengan cara menentukan estimasi waktu hidup dari komponen tersebut agar diketahui umur pemakaian dari komponen. Keandalan bersifat probabilitas sehingga nilai dari keandalan suatu komponen atau sistem berada pada rentang 0 sampai dengan 1.

- Waktu Operasi (*Time of Operation*)

Keandalan suatu sistem dinyatakan dalam suatu periode waktu, karena waktu merupakan parameter yang sangat penting untuk memberikan penilaian kemungkinan berhasilnya suatu sistem. Peluang sebuah komponen untuk digunakan selama satu tahun akan berbeda dengan peluang sebuah komponen yang digunakan selama sepuluh tahun. Faktor waktu berhubungan dengan jangka waktu mesin selesai diperbaiki sampai mesin rusak kembali atau yang biasa disebut MTTF (*Mean Time to Failure*) dan jangka waktu mesin mulai rusak kembali atau yang biasa disebut MTTR (*Mean Time to Repair*)

- *Performance* atau Kinerja

Keandalan menunjukkan suatu karakteristik performansi sistem dimana suatu sistem yang handal harus dapat menunjukkan performansi yang memuaskan jika dioperasikan.

- Kondisi Saat Operasi (*Operating Condition*)

Perlakuan yang diterima oleh suatu sistem dalam menjalankan fungsinya dalam arti bahwa dua sistem dengan tingkat mutu yang sama dapat memberikan tingkat keandalan yang berbeda dalam kondisi operasionalnya. Contohnya kondisi temperatur, keadaan atmosfer dan tingkat kebisingan dimana sistem dioperasikan.

Konsep keandalan akan digunakan sebagai dasar penerapan *reliability centered maintenance* pada penjadwalan pemeliharaan yang dilakukan. Pada penelitian ini, penerapan RCM diharapkan dapat meningkatkan keandalan dari sistem dan fasilitas yang ada dalam dok apung (*floating dock*)

### 2.3. Karakteristik Kegagalan

Laju kegagalan dalam beberapa kasus dapat ditunjukkan sebagai penambahan (IFR), penurunan (DFR), atau konstan ketika  $\lambda(t)$  adalah fungsi penambahan, penurunan atau konstan.

Konsep laju kegagalan dilatar belakangi oleh banyak komponen, perangkat atau sistem rekayasa yang ternyata menunjukkan perilaku  $\lambda(t)$  mengikuti sebuah kurva, yaitu kurva bak mandi (*bath-tub curve*) seperti pada Gambar dibawah ini:



**Gambar 2.1.** Kurva *Bath-Tub*

Berdasarkan Gambar 2.1 diatas, sebuah komponen, perangkat atau sistem akan bekerja dengan sejarah hidup yang terbagi dalam tiga fase dalam kurva bak mandi (Ebiling,1997) yaitu:

- Fase *Burn-in / Decreasing Failure Rate*

Pada periode 0 sampai dengan  $t_1$  (permulaan bekerjanya peralatan). Kurva menunjukkan bahwa laju kerusakan menurun dengan bertambahnya waktu atau disebut dengan *DFR (Decreasing Failure Rate)*  $\lambda(t)$  menunjukkan gejala menurun (DFR) akibat kegagalan dini (*early failure*). Kegagalan tersebut diakibatkan kerusakan dalam manufaktur, retak saat pengelasan, patah pengendalian terhadap kualitas rendah, kontaminasi, kualitas pengendalian rendah. Pada fase ini *preventive maintenance* akan bersifat kontra-produktif karena mengembalikan sistem atau komponen ke kondisi awal (*as good as new condition*) dengan *preventive maintenance* akan menyebabkan mode kegagalan baru seperti cacat sebagai akibat manufaktur, dsb (Ebilling, 1997)

- Fase *Useful / Constant Failure Rate*

Pada periode  $t_1$  dan  $t_2$  laju kerusakan cenderung konstan atau tetap dan disebut *CFR (Constant Failure Rate)*. Pada periode ini biasanya dikenal sebagai *useful life period*. Komponen menunjukkan  $\lambda(t)$  yang kurang lebih konstan (CFR). Pada fase ini, *preventive maintenance* tidak mempunyai efek apa-apa terhadap keandalan (Ebilling, 1997)

- Fase *Wear Out / Increasing Failure Rate*

Pada periode setelah  $t_2$  menunjukkan laju kerusakan dengan bertambahnya waktu yang disebut dengan *IFR (Increasing Failure Rate)*.  $\lambda(t)$  menunjukkan peningkatan IFR, dimana peluang kegagalan komponen selama interval waktu yang sama berikutnya bertambah besar. Kegagalan diakibatkan oleh penuaan, korosi, gesekan sehingga disebut fase pengausan (*wear out*) untuk mengurangi pengaruh keausan yang biasanya dilakukan penggantian (*replacement*) beberapa bagian alat atau bahkan seluruhnya dengan baru. Pada fase ini, tindakan *preventive maintenance* dapat meningkatkan keandalan pada komponen (Ebilling, 1997)

Hal – hal perlu diperhatikan di dalam perancangan aplikasi adalah tipe struktur data yang didefinisikan di dalam sistem atau metode yang diberikan untuk menjalankan aplikasi. Sistem di dalam aplikasi diklasifikasikan tergantung pada formulasi yang dibangun untuk dapat menggambarkan model data yang diterapkan.

#### **2.4. Reliability Centered Maintenance (RCM)**

*Reliability Centered Maintenance (RCM)* merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar suatu asset fisik dapat berlangsung terus memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini atau

suatu pendekatan pemeliharaan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari *preventive maintenance* dan *corective maintenance* untuk memaksimalkan umur (*life time*) dan fungsi asset/sistem /*equipment* dengan biaya minimal (*minimum cost*).

Dhillon (1995) menyebutkan bahwa *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah sistematis proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilaksanakan untuk memastikan setiap fasilitas dapat terus menjalankan fungsinya dalam operasionalnya. Sedangkan, menurut Moubray (1997) *Reliability Centered maintenance* (RCM) yaitu suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan agar setiap asset fisik dapat terus melakukan apa yang diinginkan oleh penggunanya dalam konteks operasionalnya.

Teknik RCM difokuskan pada aktivitas yang dapat memastikan sistem dan komponennya dapat melakukan fungsinya pada berbagai kondisi pengoperasian. Oleh karena itu, untuk mempertahankan fungsi suatu sistem ketujuh pertanyaan (*seven basic question*) berikut harus dijawab.

1. Apakah fungsi dan hubungan performansi standar dari item dalam konteks pada saat ini (*system function*)?
2. Bagaimana item/peralatan tersebut rusak dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*)?
3. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure mode*)?
4. Apakah yang terjadi pada saat terjadi kerusakan (*failure effect*)?
5. Bagaimana masing – masing kerusakan tersebut terjadi (*failure consequence*)?
6. Apakah yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing – masing kegagalan tersebut (*proactive task and task interval*)?
7. Apakah yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak berhasil ditemukan?

#### **2.4.1. Sejarah RCM**

Teknik RCM pada awalnya dikembangkan oleh kelompok perusahaan pesawat terbang dan pemerintah Amerika Serikat. Mereka membentuk kelompok kerja bernama *maintenance steering group* (MSG-1). Tugas kelompok ini adalah untuk menentukan prosedur perawatan yang tepat untuk pesawat Boeing 747 dan Lockheed. Tujuan utama dari tugas ini adalah untuk mengurangi *down time* karena perawatan pesawat, mengurangi biaya perawatan, serta untuk meningkatkan keselamatan penerbangan. Kelompok MSG-1 menghasilkan *maintenance program planning document*. Dokumen ini merupakan cikal bakal dari RCM.

Setelah aplikasi MSG-1 di Amerika Serikat, kelompok kerja ini memodifikasi dan memperbaiki dokumen MSG-1 dan menghasilkan MSG-2: *airline manufacturer maintenance program planning document*.

Pada pertengahan tahun 70-an departemen pertahanan Amerika Serikat menugaskan Stanley Nowlan dan Horward Heap untuk menulis *technical paper* dengan subyek yang berdasarkan pada dokumen MSG-1 dan MSG-2. Judul laporan itu adalah *Reability Centered Maintenance*.

RCM diaplikasikan pada pertambangan dan manufaktur pada awal tahun 80-an oleh Moubray bersama asosiasinya. Mereka memodifikasi versi diagram Nowlan dan Heap antara tahun 1983-1990. Hasil modifikasi tersebut bernama RCM-2, RCM-2 diluncurkan pertama kali pada bulan September 1990 dan telah diaplikasikan pada lebih dari 1000 tempat di 41 negara. Sektor-sektor yang telah disentuh RCM-2 meliputi, pertambangan, manufaktur, petrokimia, *utilitas (electricity, gas and water)*, transportasi, bangunan dan angkatan bersenjata (darat, laut dan udara)

#### **2.4.2. Tujuan Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*)**

Tujuan utama dari RCM menurut (Anthony M. Smith, 1992) adalah mengoptimalkan *preventive maintenance* untuk:

1. Mempertahankan fungsi sistem
2. Mengidentifikasi mode kerusakan (*failure mode*)
3. Memprioritaskan kepentingan dari mode kerusakan
4. Memilih tindakan perawatan pencegahan yang efektif dan dapat diterapkan.

Sejalan dengan Smith menurut pendapat (Moubray, 1997) tujuan utama RCM adalah :

1. Untuk mengembangkan desain yang sifat mampu dipeliharanya (*maintainability*) baik.
2. Untuk memperoleh informasi yang penting dalam melakukan improvement pada desain awal yang kurang baik.
3. Untuk mengembangkan sistem maintenance yang dapat mengembalikan kepada *reliability* dan *safety* seperti awal mula peralatan dari deteriorasi yang terjadi setelah sekian lama dioperasikan.

#### **2.4.3. Prinsip – Prinsip RCM (*Reliability Centered Maintenance*)**

Dalam *Reliability Centered Maintenance* memiliki prinsip – prinsip yang diantaranya adalah:

1. RCM difokuskan pada sistem atau peralatan. RCM berhubungan dengan fungsi sistem perawatan sebagai perlawanan pada perawatan dari fungsi komponen secara *individual*.
2. *Safety and economics drive* RCM. Keamanan adalah faktor yang sangat penting, hal itu harus dipastikan pada berbagai harga / pengeluaran dan efektifitas pengeluaran menjadi kriteria.
3. *RCM is function-oriented*. RCM memainkan sebuah peranan penting dalam pemeliharaan fungsi sistem atau peralatan.
4. *Design limitation are acknowledged by* RCM. Tujuan dari RCM adalah untuk merawat berdasarkan *reliability* dari desain peralatan atau sistem dan pada saat yang bersamaan mengetahui bahwa perubahan berdasarkan *reliability* hanya dapat dibuat melalui desain dari pada perawatan. Perawatan pada saat yang terbaik hanya mendapatkan dan merawat tingkat *reliability* yang telah didesain.
5. *RCM is reability-centered*. RCM tidak hanya meliputi tingkat kerusakan yang sederhana, tetapi menempati peranan penting dalam hubungan antara umur pengoperasian dan kerusakan yang dialami. RCM mendapatkan statistik kerusakan pada kenyataan yang terjadi.
6. *RCM is a living system*. RCM mengumpulkan informasi dari hasil yang diterima dan mengembalikannya kembali untuk meningkatkan desain dan perawatan yang akan datang.

#### **2.4.4. Proses RCM (*Reliability Centered Maintenance*)**

Analisa proses RCM (*Reliability Centered Maintenance*) berdasarkan “*seven basic question*”. Ketujuh itu pertanyaan itu diterjemahkan ke dalam analisa proses RCM yang dibagi menjadi tiga tahap meliputi pertama identifikasi fungsi, kedua analisa kegagalan fungsional dan ketiga seleksi kegiatan.

##### **1. Identifikasi fungsi**

Sebagaimana telah diuraikan bahwa tujuan dari RCM (*Reliability Centered Maintenance*) adalah untuk mempertahankan fungsi dari sebuah sistem. Oleh karena itu, pengidentifikasian fungsi-fungsi dari suatu sistem perlu dilakukan untuk membentuk hirarki fungsi sistem yang ada dengan membaginya menjadi elemen-elemen kecil sampai pada elemen kecil yang ingin dicapai. Dengan terbentuknya hirarki fungsional maka fungsi sistem yang ada secara logika akan terkait dalam satu sistem hirarki. Hirarki fungsi ini akan menunjukkan secara jelas fungsi utama mana yang mungkin tidak beroperasi jika fungsi tertentu mengalami kegagalan.

Identifikasi hirarki fungsional meliputi penggambaran *functional block diagram*, dan deskripsi fungsi

- Sistem mempunyai kontribusi yang besar terhadap terjadinya full atau partial outage (*shutdown*).

a. Diagram Block Functional

*Diagram block functional* merupakan representasi tertinggi dari fungsi-fungsi utama sistem, yang dibuat dalam bentuk blok-blok, dengan kata lain blok diagram terbentuk oleh fungsi-fungsi. Pada dasarnya diagram dibuat untuk memberi gambaran bagaimana interaksi satu blok dengan blok lain.

b. Deskripsi Fungsi dan Kegagalan

Deskripsi fungsi sistem dilakukan untuk mendefinisikan fungsi operasional setiap sistem bersama dengan standar performasinya. Deskripsi fungsi dibuat dalam bentuk kalimat (*frasa*) yang terdiri dari “sebuah kata kerja, sebuah tujuan dan standar performa yang diinginkan” (Moubray,1997). Oleh karena itu sangat penting untuk mendefinisikan terlebih dahulu fungsi-fungsi sistem sebelum proses analisa secara lebih lanjut dilakukan.

## 2. Analisa Kegagalan Fungsional

Dalam dunia RCM, sebuah kegagalan dikenal sebagai kegagalan fungsional karena terjadi ketika sistem tidak mampu memenuhi fungsinya sesuai standar performa yang diinginkan pemakai.

Analisa kegagalan fungsional meliputi, deskripsi kegagalan fungsional, identifikasi komponen MSI analisis FMEA, FTA dan analisis LTA.

a. Deskripsi Kegagalan Fungsional

Seperti yang telah dijelaskan di atas, bahwa kegagalan fungsional didefinisikan sebagai ketidakmampuan item (sistem, sub sistem dan komponen) memenuhi fungsinya terhadap suatu standar performa yang bisa diterima oleh pemakai. Oleh karena itu, dalam mendefinisikan kegagalan harus dicatat semua kegagalan fungsional yang bisa memengaruhi masing-masing fungsi.

b. Identifikasi Komponen MSI (*Maintenance Significant Item*)

Identifikasi MSI dimaksudkan untuk melakukan pemilihan komponen yang layak untuk dilakukan perawatan atau tetap pada perencanaan perawatan yang sudah ada. Pemilihan dilakukan berdasarkan jenis kategori kekritisitas (*criticality categories*) dari dampak kegagalan

fungsiional dari komponen yang secara fungsional diidentifikasi dalam hirarki fungsional sistem.

Moubray (1997) meninjau kekritisan dari beberapa aspek antara lain:

- Keamanan pekerja (*personal safety*)
- Polusi terhadap lingkungan (*pollution to the environment*)
- Ketersediaan sistem (*system availability*)

Pada Tabel 2.1 dibawah ini diperlihatkan bobot nilai dan koefisien kekritisan berdasarkan dampak kegagalan.

**Tabel 2.1.** Kategori Kekritisan

NO	DAMPAK KEGAGALAN	BOBOT NILAI	KATEGORI KEKRITISAN	KOEFISIEN
1	<i>Safety (S)</i>	1	Tidak menimbulkan kecelakaan	0.3
		2	Kemungkinan menimbulkan kecelakaan	
		3	Kemungkinan mengakibatkan kematian	
2	<i>Enviroment (E)</i>	1	Tidak menimbulkan polusi	0.15
		2	Polusi yang ditimbulkan tidak parah	
		3	Polusi yang ditimbulkan parah	
3	<i>Availability (A)</i>	1	Sistem tidak berfungsi kurang dari 4 jam	0.3
		2	Sistem tidak berfungsi 4-8 jam	
		3	Sistem tidak berfungsi lebih dari 8 jam	
4	<i>Cost (C)</i>	1	Total biaya perbaikan tanpa melakukan PM akan lebih kecil dibanding total biaya perbaikan ditambah biaya PM	0.25
		2	Total biaya perbaikan tanpa melakukan PM akan 1 s/d 5 kali lebih besar dibanding total biaya perbaikan ditambah biaya PM	
		3	Total biaya perbaikan tanpa melakukan PM akan 5 kali lebih besar dibanding total biaya perbaikan ditambah biaya PM	

Berdasarkan pada Tabel 2.1 diatas, dapat diketahui kategori kekritisan beserta koefisiennya. Formula pendekatan yang digunakan untuk menentukan indeks kekritisan suatu komponen adalah:

$$MSI = [(S*0.3) + (E*0.15) + (A*0.3)+(C*0.25)] \quad (2.6)$$

Jika nilai MSI > 1.5 maka analisa dan dampak kegagalan (FMEA) dilakukan

c. Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah sebuah teknik yang sistematis untuk menganalisa kegagalan secara kualitatif (Moubray,1997). FMEA adalah salah satu alat untuk melakukan analisa dasar dari konsep RCM sebagaimana telah dilakukan oleh *Nowlab and Heap* (1978), *Anderson and Neri* (1990) dan *Sandro and Rausand* (1991). FMEA dimulai dengan mendefinisikan mode kegagalan, selanjutnya mengidentifikasi dampak dari setiap mode kegagalan yang terjadi, rekomendasi tindakan dari kegagalan yang terjadi ,serta nilai RPN.

- Mode Kegagalan

Setiap kali kegagalan fungsional telah diidentifikasi, langkah berikutnya adalah mencoba mengidentifikasi semua kejadian yang besar kemungkinannya menjadi penyebab setiap kegagalan. Kejadian ini dikenal sebagai mode-mode kegagalan (*failure mode*)

Mode kegagalan didefinisikan sebagai kejadian yang besar kemungkinannya menjadi penyebab sebuah sistem/peralatan menjadi gagal. Jadi, mode kegagalan adalah kejadian yang menjadi penyebab sebuah kegagalan fungsional.

Mode kegagalan dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok yaitu:

1. Ketika kemampuan sistem berada dibawah *performa* yang diinginkan
2. Ketika *performa* yang diinginkan berada diatas *initial capability*
3. Ketika aset tidak mampu melakukan fungsi yang diinginkan

- Dampak Kegagalan

Dampak kegagalan menggambarkan apa yang terjadi ketika mode kegagalan terjadi (Moubray,1997). Gambaran ini harus memuat seluruh informasi yang dibutuhkan untuk mendukung evaluasi terhadap konsekuensi terjadinya kegagalan, seperti:

1. Apa bukti (jika ada) bahwa kegagalan telah terjadi?
2. Dalam cara apa (jika ada) bentuk ancaman terhadap keselamatan atau lingkungan?
3. Dalam cara apa (jika ada) dia mempengaruhi produksi atau operasional?
4. Apa bentuk kerusakan fisik (jika ada) yang disebabkan oleh kegagalan?
5. Apa yang harus dilakukan untuk memperbaiki kegagalan?

- Rekomendasi Tindakan

Rekomendasi tindakan dibutuhkan dalam FMEA untuk mengetahui cara apa yang bisa dilakukan untuk mengatasi dan mengurangi kegagalan berdasarkan pada mode kegagalan yang terjadi.

## Analisis RPN

Penentuan nilai prioritas dari kegagalan dan akibatnya ditentukan oleh tiga faktor, yaitu:

- Keseriusan atau keparahan (*Severity*) :konsekuensi dari kegagalan yang seharusnya terjadi padanya
- Kejadian (*occurance*) : kemungkinan atau frekuensi terjadinya kegagalan
- Deteksi (*detection*) : kemungkinan dari kegagalan terdeteksi sebelum pengaruh dari akibat terjadi.

Nilai prioritas resiko berdasarkan perkalian nilai (*rating*) dari ketiga faktor tersebut yaitu (*severity x occurance x detection*) untuk masing-masing mode dan akibat kegagalan potential. Mode-mode yang mempunyai *Risk Priority Number* tertinggi harus mendapatkan perhatian pertama, perhatian khusus jika mode mempunyai *rating severity* tinggi yaitu ( 9 atau 10), tanpa memandang *rating risk number*-nya. Tabel 2.2, 2.3 dan 2.4 dibawah ini merupakan nilai *rating scale* untuk *severity*, *occurance* dan *detection*.

**Tabel 2.2.** Skala Peringkat Keparahan

<i>Severity</i>	
1	Kegagalan tidak berakibat apapun
2	Kegagalan tidak begitu terlihat
3	Kegagalan kecil dan dapat diatasi
4	Kegagalan menyebabkan penurunan kinerja
5	Kegagalan menyebabkan kerugian
6	Kegagalan menyebabkan tidak berfungsinya sistem
7	Kegagalan tinggi
8	Kegagalan menyebabkan tidak layak digunakan
9	Kegagalan menyebabkan tidak sesuai peraturan
10	Kegagalan sangat berbahaya

**Tabel 2.3.** Skala Peringkat Kejadian

<i>Occurance</i>	
1	Kejadian lebih dari 5 tahun
2	Kejadian setiap 3-5 tahun
3	Kejadian setiap 1-3 tahun
4	Kejadian setiap satu tahun
5	Kejadian setiap 6 bulam
6	Kejadian setiap 3 bulan
7	Kejadian setiap bulan
8	Kejadian setiap minggu
9	Kejadian setiap 3-4 hari
10	Kejadian setiap hari

Pada Tabel 2.2 diatas dapat dilihat skala peringkat keparahan mulai dari 1-10 dengan peringkat satu merupakan peringkat kegagalan yang tidak berakibat pada apapun. Sedangkan, pada Tabel 2.3 diatas, dapat dilihat skala peringkat kejadian terdiri dari peringkat 1-10. Peringkat-peringkat tersebut menunjukkan tingkat kejadian pada masing-masing periode.

**Tabel 2.4.** Skala Peringkat Deteksi

<i>Detection</i>	
1	Potensi kerusakan selalu bisa terdeteksi
2	Potensi kerusakan sangat tinggi dan terkontrol selalu
3	Potensi kerusakan terdeteksi tinggi, dan sering terkontrol
4	Potensi kerusakan kemungkinan akan terdeteksi tinggi
5	Potensi kerusakan terdeteksi sedang dan terkontrol berkala
6	Potensi kerusakan terdeteksi sedang dan jarang terkontrol
7	Potensi kerusakan kemungkinan kecil terdeteksi
8	Potensi kerusakan kemungkinan akan terdeteksi kecil
9	Potensi kerusakan kemungkinan akan terdeteksi kecil sekali
10	Potensi kerusakan tidak akan terdeteksi sama sekali

Pada Tabel 2.4 diatas, dapat dilihat bahwa skala peringkat deteksi sama dengan skala peringkat kejadian dan keparahan yang terdiri dari 1-10 peringkat. Skala 10 menunjukkan peringkat deteksi yang tidak akan terdeteksi sama sekali (sulit terdeteksi)

d. Analisis *Fault Tree Analysis (FTA)*

Analisis FTA (*Fault Tree Analysis*) merupakan salah satu alat penting yang dikenal di dunia untuk mengevaluasi keamanan dan reliabilitas dalam desain sistem, proses pengembangan, dan operasi. Dalam penyusunan suatu model FTA, pendekatan yang digunakan adalah pendekatan dari atas ke bawah (*a top-down approach*), dimana kejadian yang tidak diinginkan diletakkan sebagai kejadian teratas (*top event*) dan kejadian terbawah yang dicari melalui FTA dikatakan sebagai *basic event*.

Tujuan FTA sendiri yaitu untuk mengidentifikasi terjadinya suatu kegagalan dari berbagai cara, baik dari faktor fisik maupun manusia, yang dapat mengarah pada penyebab dari terjadinya kegagalan / kesalahan tersebut.

FTA digunakan setelah kita memperoleh pengertian secara menyeluruh dari sistem yang menjadi studi / penelitian, dimana :

- FMEA merupakan *tools* awal
- FTA digunakan untuk menganalisis sistem menjadi lebih detail

- FMEA sangat membantu dalam menetapkan “ *top event* ” dari FTA

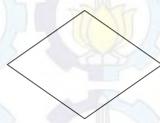
Beberapa simbol yang umum digunakan dalam model FTA yaitu:

a. Simbol Kejadian

Simbol kejadian adalah simbol yang menyatakan berisi event/ kejadian pada sistem.

Simbol-simbol kejadian dapat dilihat pada Tabel 2.5 dibawah ini:

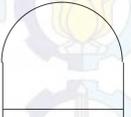
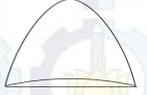
**Tabel 2.5.** Simbol Kejadian

NO	Simbol	Keterangan Simbol
1	 <p><i>Conditioning event</i></p>	Conditioning event menyatakan suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang logika (biasanya gerbang INHIBIT dan PRIORITY AND).
2	 <p><i>Basic event</i></p>	Basic event menyatakan kegagalan mendasar yang tidak perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari penyebab dari event tersebut.
3	 <p><i>External event</i></p>	External event menyatakan sebuah event yang diharapkan muncul secara normal, tidak termasuk dalam kejadian gagal.
4	 <p><i>Intermediate event</i></p>	Intermediate event menyatakan event yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian masukan gagal/input gagal yang masuk ke gerbang.
5	 <p><i>Undeveloped event</i></p>	Undeveloped event menyatakan sebuah event yang tidak diteliti lebih lanjut karena tidak tersedianya/cukupnya informasi atau karena konsekuensi dari event ini tidak terlalu penting

b. Simbol Gerbang

Symbol gerbang digunakan untuk menyatakan hubungan kejadian *input* yang mengarah pada kejadian *output*. Simbol-simbol gerbang dalam model FTA (*Fault Tree Analysis*) dapat dilihat pada Tabel 2.6 dibawah ini:

**Tabel 2.6.** Simbol Gerbang

NO	Simbol	Keterangan Simbol
1	<p>Gerbang OR</p> 	Gerbang OR menyatakan event yang muncul/output terjadi jika setidaknya salah satu masukan/input terjadi.
2	<p>Gerbang AND</p> 	Gerbang AND menyatakan event output muncul jika semua masukan/input terjadi.
3	<p>Priority AND</p> 	Priority AND adalah gerbang AND dengan kasus tertentu yaitu event muncul/output terjadi jika semua kejadian input terjadi dengan urutan tertentu (urutan diwakili oleh conditioning event).
4	<p>Exclusive OR</p> 	Exclusive OR adalah gerbang OR dengan kasus tertentu yaitu event yang muncul/output terjadi jika tepat satu dari input/masukan terjadi.

e. Analisis Logic Tree Analysis (LTA)

Analisis LTA (*Logic Tree Analysis*) merupakan analisa kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode* yang telah didapatkan pada tahap analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

Tujuan LTA adalah untuk mengklasifikasikan *failure mode* kedalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan prioritas dalam penanganan masing-masing *failre mode* berdasarkan kategorinya.

Terdapat tiga pertanyaan dalam pengklasifikasian *failure mode* tersebut. Tiga pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. **Evident** yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?
2. **Safety** yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
3. **Outage** yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan seluruh atau sebagian mesin berhenti?

Berdasarkan tiga pertanyaan tersebut *failre mode* dapat digolongkan kedalam empat kategori yaitu.

1. **Kategori A** jika *failure mode* mempunyai konsekuensi *safety* terhadap personel maupun lingkungan.

2. **Kategori B** jika *failre mode* mempunyai konsekuensi terhadap operasional *plant* (memengaruhi kualitas maupun kuantitas output) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan
3. **Kategori C** jika *failure mode* tidak berdampak pada *safety* maupun operasional *plant* dan hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil untuk perbaikan.
4. **Kategori D** jika *failure mode* tergolong sebagai *hidden failure*.

### 3. Seleksi Kegiatan

Pada dasarnya seleksi kegiatan dilakukan untuk mendapatkan kandidat jenis kegiatan sehingga bisa dibuatkan sebuah perencanaan perawatan yang menyeluruh.

Proses seleksi kegiatan meliputi pemilihan jenis kegiatan, dan prediksi waktu kegiatan.

#### a. Pemilihan Jenis Kegiatan

Setiap kegagalan berpengaruh pada sistem dalam berbagai cara, tetapi dalam setiap kasus dampaknya berlainan. Mungkin berdampak pada operasional, keselamatan atau lingkungan. Kesemuanya itu akan membutuhkan biaya dan waktu untuk memperbaikinya. Konsekuensi inilah yang sangat mempengaruhi kita untuk mencoba mencegah setiap kegagalan. Dengan kata lain, jika sebuah kegagalan memiliki konsekuensi yang serius, kita mungkin akan berbuat apa saja untuk mencoba mencegahnya. Dilain pihak, jika efeknya kecil atau tidak ada sama sekali, kita mungkin memilih untuk melakukan perawatan tidak rutin selain pembersihan mendasar dan pelumasan (Moubray,1997)

Proses RCM mengklasifikasikan konsekuensi dalam empat kelompok yaitu:

- Konsekuensi kegagalan yang tersembunyi: kegagalan tersembunyi yang tidak berpengaruh langsung, tetapi bila terkumpul akan berkonsekuensi serius.
- Konsekuensi terhadap keselamatan dan lingkungan: sebuah kegagalan memiliki konsekuensi terhadap keselamatan jika dapat melukai atau mematikan seseorang, dia memiliki konsekuensi terhadap lingkungan, jika dapat melanggar sebuah standar peraturan terhadap lingkungan, baik regional, nasional ataupun internasional.
- Konsekuensi terhadap operasional: sebuah kegagalan memiliki konsekuensi terhadap operasional, jika mempengaruhi produktivitas sistem
- Konsekuensi non- operasional: kegagalan yang terjadi pada kategori ini hanya berpengaruh langsung pada biaya perbaikan.

Kelebihan dari proses RCM adalah memberikan jalan yang sederhana, tepat dan tergolong mudah dipahami untuk menentukan berapa kali mereka harus melakukan kegiatan perawatan. Proses penentuan kegiatan perawatan dilakukan melalui sebuah diagram

keputusan RCM atau biasa disebut analisa pohon keputusan (*Decision Tree Analysis –DTA*) seperti terlihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



**Gambar 2.2.** Analisa Pohon Keputusan

Pada Gambar 2.2 diatas, dapat diketahui bahwa analisa pohon keputusan atau DTA digunakan untuk menentukan jenis kegiatan yang sesuai untuk menghilangkan atau mengurangi konsekuensi dari kegagalan fungsional. Setiap kegagalan fungsional memiliki satu atau lebih mode kegagalan, dimana jika terjadi akan menyebabkan hilangnya fungsi sistem. Setiap mode kegagalan ini harus diproses dalam DTA (*Decision Tree Analysis*) untuk menentukan sebuah kegiatan pencegahan atau kegiatan proaktif yang harus dilakukan atau kegiatan lainnya yang bisa menjamin terpenuhinya fungsi dari sistem tersebut.

Apakah kegiatan proaktif secara teknis layak digunakan atau tidak, ditentukan oleh karakteristik teknik dari kegiatan tersebut dan kegagalan mana yang akan dicegah. Apakah itu patut dilakukan atau tidak ditentukan oleh bagaimana konsekuensi yang ditimbulkan oleh kegagalan itu. Jika tidak dapat ditemukan sebuah kegiatan proaktif yang secara teknis mudah

dan baik, maka harus diambil sebuah kegiatan yang sesuai. Proses untuk memilih kegiatan/tugas tersebut pada intinya adalah meliputi:

- Untuk kegagalan yang tersembunyi, tugas proaktif adalah langkah yang tepat jika akan mengurangi resiko dari kumpulan beberapa kegagalan dan cocok untuk fungsi pada level rendah. Jika langkah demikian tidak dapat ditentukan maka harus dibuat jadwal pencarian kegagalan. Jika tugas pencarian kegagalan yang sesuai tidak dapat ditemukan, maka langkah kedua diputuskan adalah item tersebut mungkin perlu di desain ulang.
- Untuk kegagalan yang konsekuensinya terhadap keselamatan dan lingkungan, tugas proaktif hanya teat dilakukan untuk mengurangi resiko kegagalan yang levelnya rendah, jika tidak bisa dikurangi secara bersamaan. Jika tidak dapat ditemukan sebuah tugas untuk mengurangi resiko kegagalan yang sesuai untuk level rendah, maka harus dilakukan desain ulang atau prosesnya yang harus dirubah.
- Jika kegagalan memiliki konsekuensi terhadap operasional, tugas proaktif hanya tepat dilakukan jika pada sebuah periode waktu tertentu total biaya pelaksanaannya kurang dari biaya konsekuensi operasionalnya dan biaya reparasi pada periode yang sama. Dengan kata lain, langkah tersebut harus ekonomis. Jika tidak, keputusan awal yang ditempuh adalah perawatan tak terencana. Jika ini masih terjadi dan konsekuensinya terhadap operasional tetap tidak dapat diterima maka langkah kedua yang ditempuh adalah melakukan desain ulang.
- Jika kegagalan memiliki konsekuensi terhadap *non-operational* ,tugas proaktif hanya tepat diambil jika biaya tugas tersebut pada sebuah periode waktu tertentu kurang dari biaya reparasi pada periode yang sama. Dengan demikian, tugas ini juga harus memerhatikan faktor ekonomis. Jika tidak, keputusan awal yang ditempuh adalah perawatan tidak terencana dan jika biaya reparasi sangat tinggi, langkah berikutnya yang diambil adalah melakukan desain ulang sekali lagi.

Sebuah kegiatan secara teknis layak dilakukan jika tugas tersebut secara nyata memungkinkan untuk mengurangi, atau memungkinkan untuk mengambil tindakan guna mengurangi tingkat konsekuensi dari mode kegagalan yang terjadi pada level yang dapat diterima oleh pemilik atau pemakai.

Kegiatan yang dapat dilakukan untuk menghilangkan kegagalan-kegagalan dapat dikategorikan dalam dua jenis yaitu (Moubray,1997):

- *Proactive task*: kegiatan dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan item. Kegiatan ini dikenal sebagai *preventive* dan *predictive maintenance*, akan tetapi dalam

analisis RCM dikenal sebagai *tasks (scheduled restoration task & scheduled discharge task)* dan *on-condition task*

- *Default action*: kegiatan ini dilakukan jika kegagalan telah terjadi dan dipilih ketika tidak memungkinkan untuk mengidentifikasi sebuah kegiatan proaktif yang efektif. *Failure finding, redesign, dan run-to-failure (no-scheduled maintenance)* termasuk dalam *default action*

### 1. Kegiatan *On-Condition*

Kegiatan *on-condition* meliputi pengecekan terhadap kegagalan potensial (*potential failure*), sehingga dapat diambil langkah untuk mencegah kegagalan fungsional atau untuk menghindari konsekuensi dari kegagalan fungsional.

*Potential Failure (PF)* didefinisikan sebagai kondisi fisik yang dapat teridentifikasi dan terukur yang mengindikasikan bahwa sebuah kegagalan fungsional dengan segera akan terjadi, akan tetapi hanya menunjukkan bahwa kegagalan akan datang. Kegagalan potensial ditandai oleh menurunnya performance sistem, tetapi fungsi-fungsi masih berada pada batasan yang diberikan.

Empat kategori utama dari kegiatan *on-condition* yaitu:

1. Teknik *condition monitoring*, meliputi kegiatan yang menggunakan alat khusus untuk memantau kondisi peralatan lainnya.
2. Teknik yang berdasarkan variasi mutu produk
3. Teknik memonitor dampak utama, meliputi kegiatan yang menggunakan alat ukur dan proses monitoring peralatan.
4. Teknik inspeksi berdasarkan indera manusia.

Jika kegiatan proaktif yang secara teknis layak dan patut dilakukan untuk beberapa bentuk kegagalan tidak dapat ditemukan, maka *default action* yang harus diambil berdasarkan konsekuensi kegagalan yaitu:

1. Jika tidak dapat ditemukan kegiatan proaktif yang mengurangi resiko dari beberapa kegagalan dalam bentuk fungsi tersembunyi maka kegiatan pencarian kegagalan periodeik harus dilakukan. Jika kegiatan pencarian kegagalan yang sesuai tidak dapat ditemukan, keputusan selanjutnya adalah bahwa item tersebut mungkin perlu di desain ulang.
2. Jika tidak dapat ditemukan kegiatan proaktif untuk mengurangi resiko kegagalan yang mempengaruhi keselamatan dan lingkungan, item tersebut harus di desain ulang atau prosesnya yang harus diganti.

3. Jika tidak dapat ditemukan kegiatan proaktif yang lebih murah hingga kegagalan yang berkonsekuensi pada operasional berakhir, keputusan yang diambil adalah perawatan yang tidak terjadwal. Jika sudah ditempuh dan konsekuensi operasional tetap tak dapat diterima, keputusan selanjutnya adalah di desain ulang lagi.
4. Jika tidak dapat ditemukan kegiatan proaktif yang lebih murah hingga kegagalan yang berkonsekuensi pada non-operasional berakhir, keputusan yang diambil adalah perawatan tak terjadwal dan jika biaya-biaya perbaikan sangat tinggi, keputusan selanjutnya adalah di desain ulang sekali lagi.

## **2. Kegiatan *Hard Time***

Kegiatan *hard time* didefinisikan sebagai perbaikan terjadwal (*scheduled restoration task*) atau tindakan penggantian terjadwal (*scheduled discard task*) dari suatu item untuk mencegah kegagalan fungsional. Suatu kegiatan *hard time* mungkin sesuai dilakukan ketika suatu mode kegagalan tidak memperlihatkan karakteristik yang cukup untuk melakukan suatu kegiatan *on-condition* yang efektif.

Kegiatan perbaikan terjadwal meliputi perbaikan kemampuan dari item atau komponen pada saat atau sebelum mencapai batasan umurnya dan menjaga kondisinya pada saat itu. Kegiatan penggantian terjadwal meliputi penggantian sebuah item atau komponen pada saat atau sebelum mencapai batasan umurnya dan menjaga kondisinya pada saat itu.

Frekuensi dari jadwal kegiatan perbaikan atau jadwal kegiatan penggantian ditentukan oleh umur dari item atau komponen yang menunjukkan peningkatan secara cepat kondisi kemungkinan terjadinya kegagalan.

## **3. Kegiatan *Failure Finding***

Kegiatan pencarian kegagalan (*failure finding*) memerlukan pengecekan sebuah fungsi yang tersembunyi pada interval biasa untuk menemukan apakah dia telah gagal. Tujuan dari *failure finding* adalah untuk meyakinkan kita bahwa langkah pencegahan yang diambil akan menghasilkan sebuah tindakan pencegahan. Dengan kata lain, kita tidak memeriksa apakah peralatan kelihatannya baik, tetapi kita memeriksa apakah dia tetap bekerja dengan baik.

## **4. *Redesign***

Jika kegiatan *failure-finding* yang sesuai tidak dapat ditemukan, maka desain ulang wajib dilakukan jika beberapa kegagalan memiliki konsekuensi terhadap keselamatan atau lingkungan. Desain ulang adalah perubahan spesifikasi beberapa item sebuah peralatan

termasuk perubahan spesifikasi komponen, penambahan item baru, penggantian seluruh mesin dengan sebuah perubahan merk atau tipe, atau pemindahan mesin. Hal ini juga berarti sebuah perubahan proses atau prosedur yang berdampak pada pengoperasian peralatan.

Untuk kegagalan yang berdampak pada keselamatan atau lingkungan, desain ulang dilakukan dengan tujuan untuk:

- a. Mengurangi kemungkinan terjadinya mode kegagalan pada level yang dapat dipertahankan. Biasanya, dilakukan penggantian komponen yang berpengaruh dengan sebuah komponen yang lebih kuat atau handal
- b. Mengganti peralatan atau proses kerjanya sehingga betul-betul kegagalan tidak lagi memiliki konsekuensi terhadap keselamatan atau lingkungan
- c. Untuk kegagalan yang tersembunyi, risiko beberapa kegagalan dapat dikurangi dengan memodifikasi peralatan seperti:
  - Membuat fungsi yang tersembunyi menjadi tampak dengan menambahkan alat lain
  - Mengganti fungsi tersembunyi dengan sebuah fungsi yang tampak jelas
  - Untuk kegagalan yang berkonsekuensi terhadap operasional dan non operasional, peralatan dapat dimodifikasi untuk mengurangi jumlah waktu terjadinya kegagalan, atau mungkin menghilangkannya secara keseluruhan, membuat komponen menjadi lebih kuat atau lebih handal. Serta mengurangi atau menghilangkan konsekuensi kegagalan

##### **5. Perawatan Tak Terjadwal (*No scheduled maintenance*)**

Keputusan untuk melakukan perawatan yang tidak terjadwal (*no scheduled maintenance*) yang lebih dikenal sebagai *run to failure* dipilih jika kegagalan yang terjadi jelas atau nampak dan tidak berdampak pada keselamatan atau lingkungan, atau jika kegagalan terjadi secara tersembunyi (*hidden failure*)

###### **a. Interval Kegiatan**

Interval kegiatan adalah jarak waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan berdasarkan jenis kegiatan terpilih. *Task interval* ditentukan dengan dua pendekatan yaitu secara kualitatif, dan kuantitatif.

###### **1. Analisa Kualitatif**

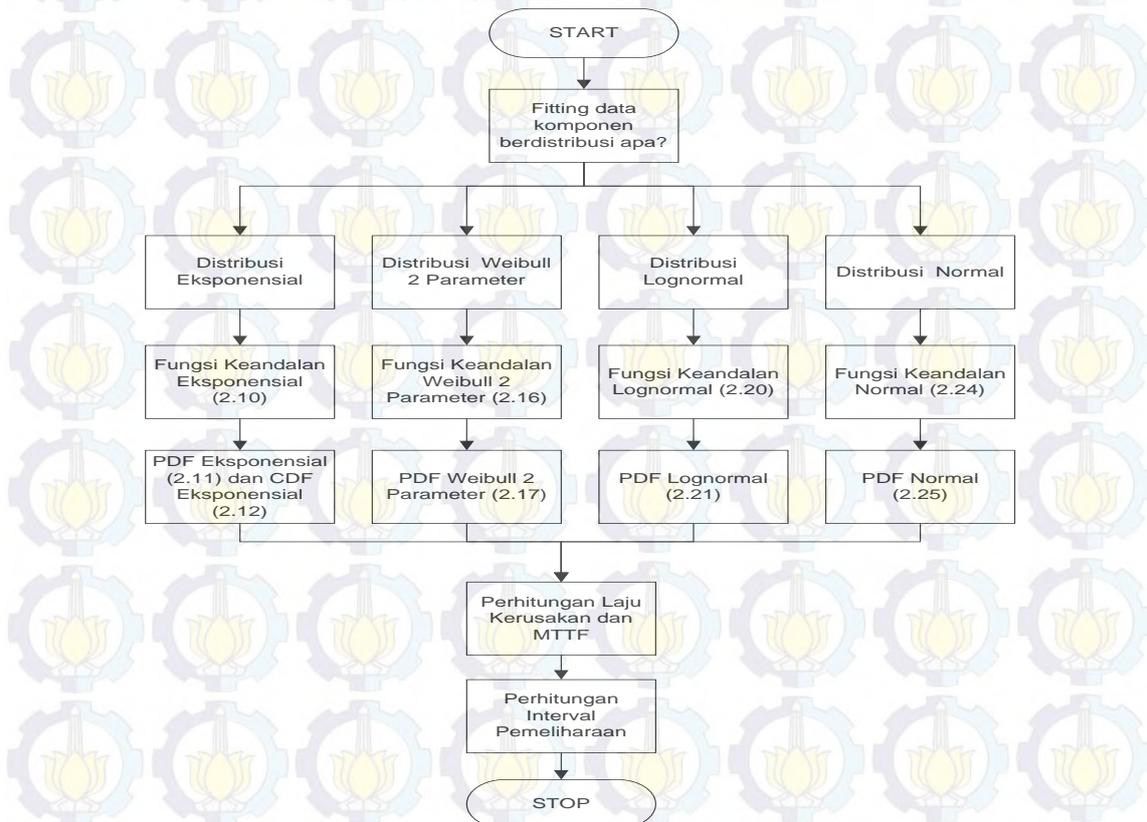
Analisa kualitatif dilakukan dengan mengadopsi rencana perawatan dari buku petunjuk perawatan (*manual book*) atau perencanaan perawatan yang ada selain itu juga berdasarkan pada analisa kualitatif pada tahapan analisa kegagalan.

## 2. Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif dilakukan bergantung dari hasil dari hasil distribusi waktu kegagalan (*time to failure*) dari masing-masing komponen dok apung (*floating dock*).

### 2.4.5. Model Distribusi Probabilitas Keandalan

Langkah awal dalam perhitungan keandalan suatu komponen atau peralatan adalah menentukan model distribusi probabilitas suatu komponen atau peralatan yang dinyatakan secara statistik. Gambar 2.3 dibawah ini adalah gambaran penggunaan rumus-rumus model distribusi yang digunakan dalam penelitian ini:



**Gambar 2.3.** Penggunaan Model Rumus Distribusi

Gambar 2.3 diatas merupakan distribusi probabilitas yang umumnya digunakan untuk perhitungan keandalan suatu komponen atau peralatan. Dibawah ini merupakan penjelasan dan rumus pada distribusi-distribusi diatas.

#### 1. Distribusi eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan distribusi yang banyak dipakai di dalam mengevaluasi keandalan sistem. Ciri utama dari distribusi ini adalah laju kegagalannya adalah konstan.

Distribusi eksponensial sering digunakan untuk kerusakan peralatan yang diakibatkan oleh kerusakan komponen penyusun peralatan tersebut. Persamaan yang digunakan dalam distribusi ini (Lewis E., 1987) adalah sebagai berikut :

- ❖ Fungsi keandalan distribusi eksponensial adalah

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2.7)$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.8)$$

- ❖ Laju kegagalan distribusi eksponensial adalah

$$h(t) = \lambda \quad (2.9)$$

- ❖ *Mean Time to Failure* distribusi eksponensial adalah

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2.10)$$

$$MTTF = 1/\lambda \quad (2.11)$$

## 2. Distribusi Weibull

Distribusi weibull merupakan distribusi yang sering digunakan pada perhitungan keandalan. Menurut Lewis (1987), distribusi weibull sering digunakan dalam perhitungan keandalan karena kemampuannya untuk dapat memodelkan berbagai perilaku kegagalan. Distribusi weibull terdiri atas 2 jenis parameter yaitu weibull 2 parameter dan weibull 3 parameter. Parameter dari weibull 2 adalah parameter kemiringan ( $\beta$ ) dan parameter skala ( $\alpha$ ).

Sementara parameter weibull 3 adalah parameter kemiringan ( $\beta$ ), parameter skala ( $\alpha$ ) dan parameter lokasi ( $\gamma$ ). Menurut Lewis E. (1987), persamaan yang digunakan dalam distribusi weibull 2 parameter antara lain :

- ❖ Fungsi Keandalan distribusi weibull 2 parameter:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}} \quad (2.12)$$

- ❖ Laju kerusakan distribusi weibull 2 parameter:

$$h(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (2.13)$$

- ❖ *Mean Time to Failure* (MTTF) distribusi weibull 2 parameter:

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \int_0^{\infty} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}} dt \\ &= \text{MTTF} = \alpha \times \exp\left(\text{GAMMALN}\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right) \end{aligned} \quad (2.14)$$

Selain weibull 2 parameter, juga ada weibull dengan 3 parameter. Menurut Lewis E. (1987), persamaan yang digunakan dalam weibull 3 parameter antara lain :

- ❖ Fungsi keandalan distribusi weibull 3 parameter:

$$R(t) = \begin{cases} 0, & t < \gamma \\ \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta}\right] & t \geq \gamma \end{cases} \quad (2.15)$$

- ❖ Laju kerusakan distribusi weibull 3 parameter:

$$h(t) = \lambda(t) = \begin{cases} 0, & t < \gamma \\ \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1} & t \geq \gamma \end{cases} \quad (2.16)$$

- ❖ *Mean Time to Failure* (MTTF) distribusi weibull 3 parameter:

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \int_0^{\infty} \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta}\right] dt \\ &= \alpha \times \exp\left(\text{GAMMALN}\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right) + \gamma \end{aligned} \quad (2.17)$$

### 3. Distribusi log normal

Suatu komponen memiliki *time to failure* (t) yang diasumsikan berdistribusi lognormal apabila  $y=\ln(t)$ , mengikuti distribusi normal dengan rata-rata  $t_0$  dan variansinya adalah s. Menurut Lewis E. (1987), persamaan yang digunakan pada distribusi ini adalah sebagai berikut

Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu komponen, subsistem, atau sistem mengikuti distribusi lognormal, maka:

- ❖ Fungsi keandalan distribusi lognormal adalah

$$R(t) = 1 - \theta \left[ \frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_0} \right] \quad (2.18)$$

- ❖ Laju kegagalan distribusi log normal adalah

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.19)$$

❖ *MTBF (Mean Time To Failure)* distribusi log normal adalah

$$MTBF = \exp(t_0 + (0.5 \times s^2)) \quad (2.20)$$

#### 4. Distribusi normal

Distribusi normal banyak digunakan dalam pemodelan probabilitas yang juga dikenal sebagai distribusi Gaussian. Distribusi normal memiliki dua parameter, yaitu *mean* ( $\mu$ ) dan *standard deviation* ( $\sigma$ ) dari data *time to failure*. Distribusi normal berguna dalam penggambaran keandalan suatu komponen.

Jika distribusi suatu komponen, subsistem, atau sistem mengikuti distribusi normal, maka:

❖ Fungsi keandalan distribusi normal adalah

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \quad (2.21)$$

❖ Laju kegagalan distribusi normal adalah

$$h(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \left[1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)\right]^{-1} \quad (2.22)$$

#### 2.4.6. Keuntungan Penerapan RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

Keuntungan dari penerapan metode *Reability Centered Maintenance* (RCM) yaitu:

1. Proteksi terhadap lingkungan dan keselamatan yang lebih baik.
2. Peningkatan *performance* operasi.
3. *Maintenance cost effectiveness* lebih baik.
4. Motivasi setiap individu lebih baik.
5. Kerja tim lebih baik.
6. *Data base* perawatan yang komprehensi

#### 2.5. Pengertian Dok

Dok merupakan suatu bangunan konstruksi yang dipasang dari sebuah atau beberapa kompartemen yang kedap air pada sisi-sisinya dan terbuka pada kedua ujungnya. Dapat ditenggelamkan dengan mengisi kompartemen tersebut dengan air dan kapal akan memasukinya pada saat bangunan tersebut tenggelam, dan akan ke permukaan air lagi

(timbul) dengan jalan memompa air keluar dari kompartemen-kompartemen (Henry, 1968). Pada umumnya dok apung dibuat dengan konstruksi baja, yang berupa bangunan berbentuk ponton, sehingga dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain dengan ditarik menggunakan *tug boat*. Kedudukan dok apung terhadap permukaan air dapat berubah sesuai kebutuhan. Hal ini berarti ada sistem ponton yang merupakan ciri khusus dari setiap dok apung. Ukuran bervariasi dengan dok gali/ kolam, biaya pembuatan dok apung relative lebih rendah, tetapi biaya operasi dan pemeliharaan lebih tinggi. Pada prinsipnya, menurut *Cornick, Henry* (1968) ada dua jenis konstruksi dari dok apung, yaitu:

➤ Jenis *Box Dock*

Jenis *Box dock* yaitu sebuah konstruksi ponton yang tidak terpisah-pisah menjadi beberapa ponton sampai kedua sisi dinding *floating dock*.

➤ Jenis *self dock*

Jenis *self dock* yaitu konstruksi ponton yang dipisah-pisahkan menjadi beberapa bagian ponton, sehingga salah satu ponton bisa diangkat apabila membutuhkan perawatan/perbaikan.

## 2.6. Pengertian Produktivitas

Produktivitas dapat digambarkan dalam dua pengertian yaitu secara teknis dan finansial. Pengertian produktivitas secara teknis adalah pengefesiansian produksi terutamadalam pemakaian ilmu dan teknologi. Sedangkan pengertian produktivitas secara finansial adalah pengukuran produktivitas atas output dan *input* yang telah dikuantifikasi. Suatu perusahaan industri merupakan unit proses yang mengolah sumber daya (*input*) menjadi *output* dengan suatu transformasi tertentu.

### 2.6.1 Konsep Produktivitas

Produktivitas seringkali disamakan dengan istilah “produksi”. Pengertian produktivitas sangat berbeda dengan produksi. Tetapi produksi merupakan salah satu komponen dari usaha produktivitas, selain kualitas dan hasil keluarannya. Produksi adalah suatu kegiatan yang berhubungan dengan hasil keluaran dan umumnya dinyatakan dengan volume produksi, sedangkan produktivitas berhubungan dengan efisiensi penggunaan sumber daya (masukan dalam menghasilkan tingkat perbandingan antara keluaran dan masukan). Dari definisi-definisi di atas juga dapat dipisahkan dua pengertian. Pengertian pertama menyatakan bahwa produktivitas berhubungan dengan kumpulan hasil-hasil. Di dalam pengertian ini menunjukkan bahwa jumlah, tipe, dan tingkat sumber daya yang dibutuhkan atau juga

menunjukkan efisiensi dalam menggunakan sumber daya yang dibutuhkan, sehingga produktivitas dapat diukur berdasarkan pengukuran berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output yang dihasilkan}}{\text{Input yang dipergunakan}}$$

## 2.7. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu yang membahas perancangan aktivitas pemeliharaan dengan *Reliability Centered Maintenance*. Beberapa diantaranya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Dewi Novita di pabrik urea Kalimantan Timur-3 tepatnya di subsistem *waste water treatment*. Penelitian didasarkan pada permasalahan aktivitas pemeliharaan yang berupa *turn around* setiap 2 tahun sekali yang kurang efisien karena biaya pemeliharaan yang dikeluarkan oleh perusahaan semakin besar. Perancangan aktivitas pemeliharaan dengan menggunakan RCM II akan menghasilkan aktivitas pemeliharaan yang paling tepat berdasarkan fungsi dari peralatan atau komponen yang digunakan, baik berupa fungsi primer maupun fungsi sekunder. Selain itu penggunaan RCM pada penelitian ini juga akan menghasilkan interval pemeliharaan yang optimum yang dapat diaplikasikan pada peralatan yang ada pada sub sistem *waste water treatment*.

Penelitian selanjutnya, Annisa Lathifani membuat penentuan interval waktu perawatan yang optimum dan analisis perbandingan finansial untuk komponen *auxiliary* di sistem gas turbin PLTGU PT. PJB UP Gresik. Analisis perbandingan finansial dilakukan untuk mengetahui alternatif interval pemeliharaan yang tepat untuk diaplikasikan. Perbandingan finansial dilakukan dengan menggunakan *Net Present Value*. Hasil dari penelitian ini adalah adanya lima alternatif interval perawatan yang dapat digunakan oleh PLTGU yaitu PM setiap 8000 jam atau *do nothing*, PM setiap 5794 jam, PM setiap 603 jam, PM setiap 3836 jam dan PM setiap 4915 jam. Dari perbandingan finansial yang dilakukan maka didapatkan bahwa alternatif terbaik adalah melakukan PM setiap 5794 jam.

Penelitian yang dilakukan oleh Nizar itu merupakan perbaikan dari penelitian yang dilakukan oleh Annisa. Dimana pada penelitian sebelumnya tidak dilakukan analisa perbandingan biaya pemeliharaan sebagai uji kelayakan. Nizar melakukan penelitian pada unit 4 PLTU PT. PJB UP Gresik untuk mengetahui tindakan *maintenance*, dan efisiensi biaya yang telah melalui uji kelayakan.

Penelitian selanjutnya, dari Weny Yuliana yang melakukan penelitian pada sub sistem Evaporasi Pabrik Urea Kaltim-3 PT.Pupuk Kalimantan Timur. Pada penelitiannya aktivitas perencanaan yang dilakukan di PKT masih menunjukkan adanya *over* dan *under maintenance*, oleh karena itu penggunaan RCM untuk mengetahui fungsi, kegagalan

fungsi, dan FMEA. Dari penelitiannya tersebut dihasilkan kebijakan perawatan dan pelaksana teknis. Serta, perhitungan persediaan *spare part* dengan memerhatikan *lead time* pemesanan komponen.

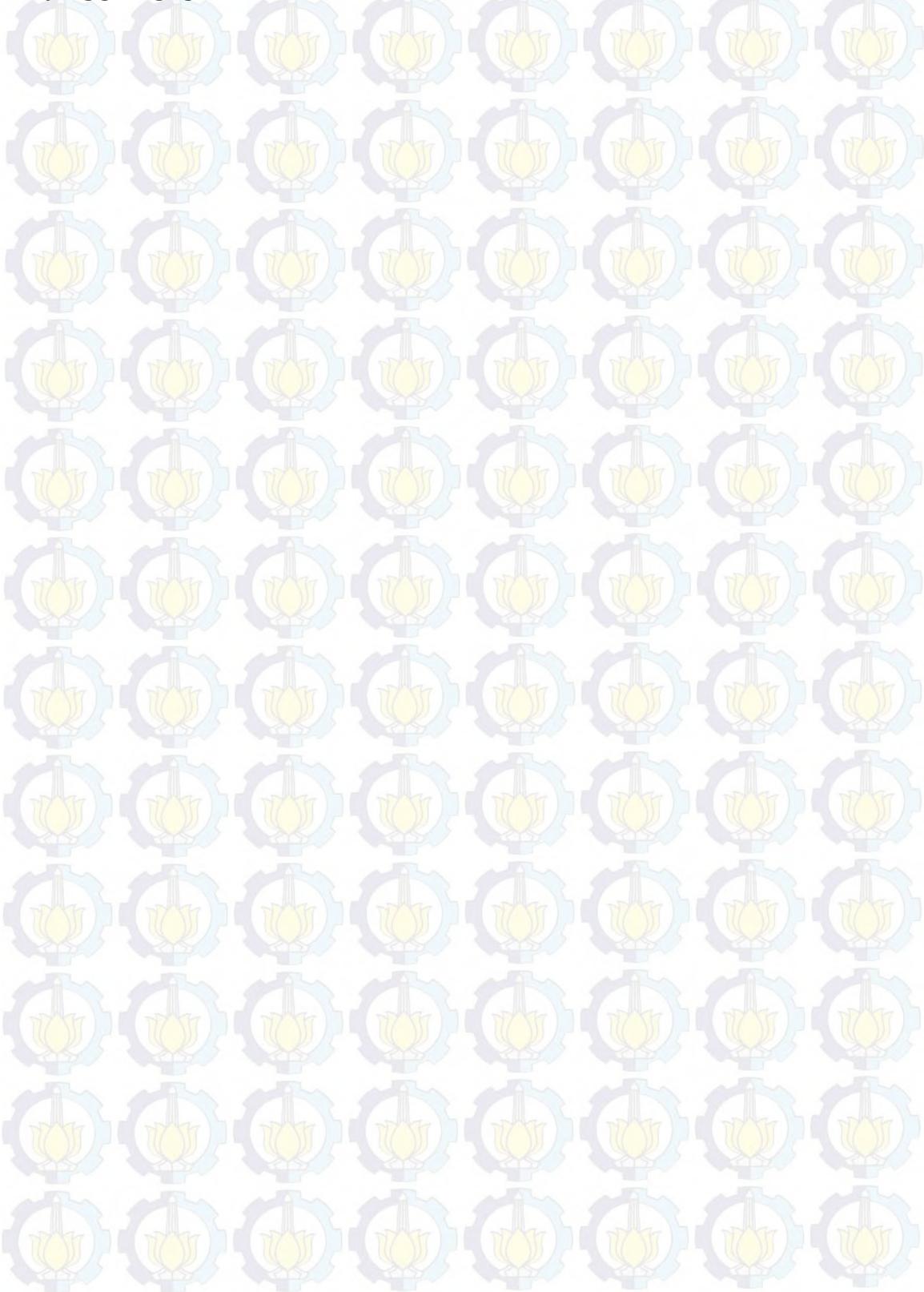
Penelitian yang dilakukan oleh Wayuf Amiin pada CV Bina Teknik, permasalahan yang dihadapi adalah kerusakan yang terjadi sewaktu waktu sebelum interval perawatan menyebabkan adanya kegiatan *overhaul* dan *replacement* atau *corrective maintenance* yang menimbulkan adanya *downtime* dan kemacetan atau berhentinya proses produksi. Oleh karena itu perlu didukung dengan aktivitas perawatan mesin-mesin produksi yang teratur dan terencana. Dengan menggunakan metode RCM didapatkan tindakan *maintenance* beserta interval kegiatan yang optimal dan komponen-komponen kritisnya. Tabel 2.7 dibawah ini merupakan perbandingan penelitian-penelitian terdahulu.

**Tabel 2.7.** Perbandingan Penelitian Terdahulu

Tipe	Penulis	Konten		
		Tujuan	Metode Analisis	Objektif Penelitian
Tugas Akhir	Dewi Novita M.	Tindakan dan interval <i>maintenance</i>	FMEA, LTA, <i>minimum downtime</i>	Tindakan dan interval <i>maintenance</i>
Jurnal Tugas Akhir	Annisa Lathifani	Interval waktu <i>maintenance</i> dan efisiensi biaya	FMEA, NPV, LTA	Interval waktu <i>maintenance</i> dan perbandingan <i>finansial</i>
Jurnal Tugas Akhir	Ahmad Nizar P.	Interval waktu <i>maintenance</i> dan efisiensi biaya	FMEA, NPV, LTA	Interval waktu <i>maintenance</i> dan perbandingan biaya pemeliharaan
Tugas Akhir	Weny Yuliana	Kebijakan perawatan dan persediaan <i>spare part</i>	FMEA, sensitivitas	Kebijakan perawatan dan persediaan <i>spare part</i>
Jurnal Tugas Akhir	Wayuf Amiin	Perencanaan perawatan optimal	FMEA, <i>minimum downtime</i>	Perencanaan perawatan optimal, penentuan komponen kritis

Pada Tabel 2.7 diatas, dapat dilihat bahwa Penelitian terkait dengan penggunaan metode *Reliability Centered Maintenance* dalam perancangan pemeliharaan dan perencanaan interval yang optimal telah banyak dilakukan. Akan tetapi, penelitian hanya sampai pada tindakan dan

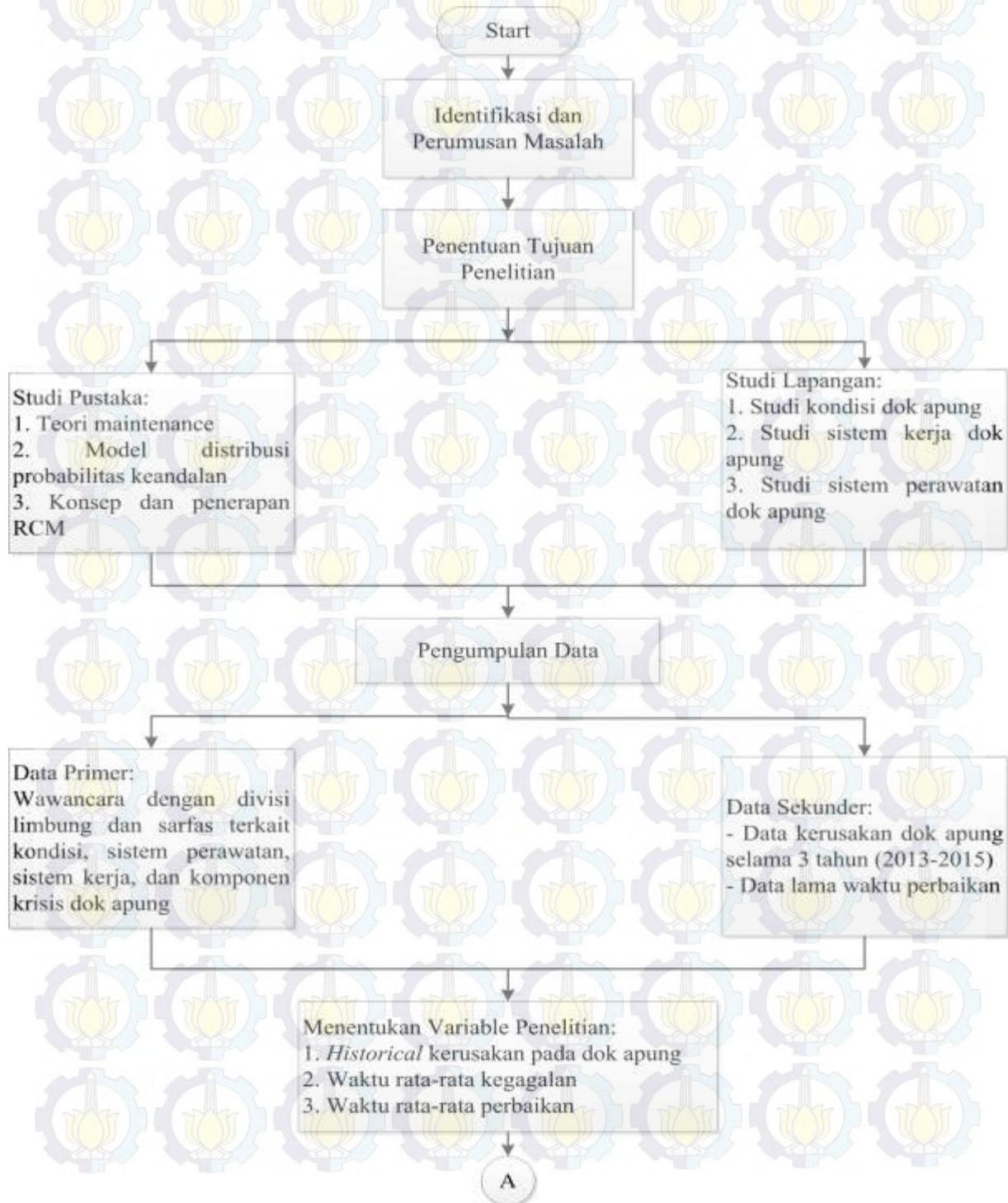
perencanaan interval *maintenance* yang tepat. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan nilai keandalan sebelum dan sesudah tindakan *maintenance* untuk menentukan periode *maintenance*. Dari perhitungan nilai keandalan tersebut perusahaan dapat menafsirkan waktu yang paling optimal untuk dilakukan tindakan *maintenance*.

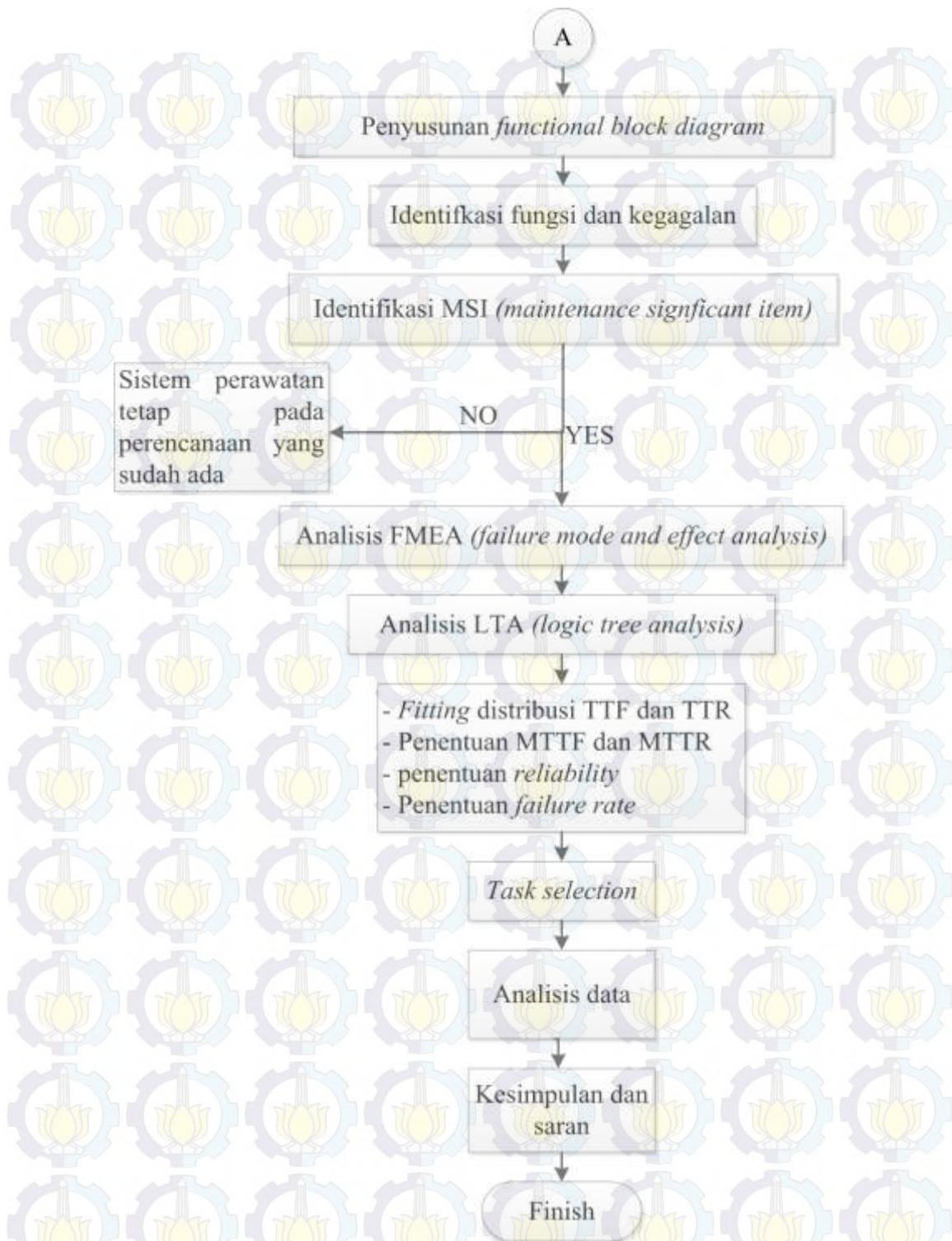


# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab Metodologi Penelitian ini akan dibahas mengenai langkah pengerjaan tugas akhir mulai dari identifikasi masalah hingga menghasilkan kesimpulan penelitian. Gambar 3.1 di bawah ini menggambarkan diagram alir pengerjaan tugas akhir.





**Gambar 3.1.** Alur Pengerjaan Tugas Akhir

Secara garis besar, penelitian tugas akhir ini dibagi menjadi 5 tahapan yaitu tahapan yang pertama dilakukan adalah tahapan pendahuluan penelitian, tahapan yang kedua adalah tahapan pengumpulan data, tahapan yang ketiga adalah tahapan pengolahan data dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), tahapan yang keempat adalah tahapan analisis data,

dan tahapan kelima adalah tahapan penarikan kesimpulan dan saran. Berikut ini merupakan penjelasan dari masing-masing tahapan dari metodologi penelitian:

### **3.1. Tahapan Pendahuluan Penelitian**

Pada tahapan ini berupa pembahasan mengenai identifikasi dan perumusan masalah, penentuan tujuan penelitian, tahapan studi lapangan secara langsung dan studi pustaka yang digunakan dalam penelitian.

#### **3.1.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Tahapan pertama dalam penelitian tugas akhir ini adalah melakukan identifikasi dan perumusan masalah dari objek yang akan diteliti. Identifikasi masalah dilakukan dengan mencari permasalahan yang ada di sebuah perusahaan.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana tindakan dan rencana perawatan yang tepat untuk meningkatkan produktivitas dok apung (*floating dock*) yang efektif dan optimal dengan menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*)?

#### **3.1.2. Tujuan Penelitian**

Setelah melakukan identifikasi dan perumusan masalah, langkah selanjutnya yaitu menentukan tujuan penelitian. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi sistem perawatan dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya serta merencanakan perawatan yang tepat untuk meningkatkan produktivitas dok apung (*floating dock*)

#### **3.1.3. Studi Lapangan**

Pada tahap ini observasi lapangan dilakukan secara langsung guna mengetahui kondisi *real* yang terjadi pada dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya. Observasi lapangan berupa pengamatan proses pemeliharaan secara langsung, diskusi dengan beberapa divisi PT.Dok dan Perkapalan Surabaya terkait dengan dok apung (*floating dock*), dan peninjauan ke dok apung secara langsung untuk mengetahui kondisi dan sistem dok apung. Observasi lapangan secara langsung dapat memberikan pemahaman yang jelas kepada penulis terkait dengan permasalahan pemeliharaan dan kondisi dok apung.

#### **3.1.4. Studi Pustaka**

Tahapan studi pustaka dalam tugas akhir ini didapatkan dari sumber-sumber informasi seperti jurnal, buku, *website* dan lain-lain yang berkaitan dengan pemecahan masalah dari permasalahan yang dihadapi. Konsep-konsep pendukung penelitian yang digunakan dalam studi pustaka adalah pengertian dok apung secara umum, *maintenance*, konsep keandalan, karakteristik kegagalan, konsep RCM (*Reliability Centered Maintenance*) dan perbandingan dengan penelitian terdahulu

### **3.2. Tahapan Pengumpulan Data**

Tahapan pengumpulan data pada tugas akhir ini dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yang nantinya akan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode yang sudah ditetapkan sebelumnya. Data-data yang berhasil dikumpulkan oleh penulis didapatkan dari Divisi Sarfas (Sarana dan Fasilitas) dan Divisi Limbung. Metode pengumpulan data yang dilakukan penulis terdiri dari dua yaitu:

#### **3.2.1. Data Primer**

Pengumpulan data primer berupa wawancara dengan Divisi Limbung dan Divisi Sarfas serta melakukan observasi langsung yang dapat mendukung penelitian untuk mengidentifikasi sistem atau cara kerja dok apung, kondisi dok apung, komponen yang berpengaruh pada kinerja dok apung, dampak kerusakan komponen, dan cara mengatasi kerusakan tersebut.

#### **3.2.2. Data Sekunder**

Pengumpulan data sekunder diperoleh dari Divisi Sarfas, data sekunder yang di dapat berupa data waktu kegagalan, waktu perbaikan dan gambar dok apung (*floating dock*) untuk digunakan dalam pengolahan data.

### **3.3. Tahapan Pengolahan Data dengan RCM (*Reliability Centered Maintenance*)**

Pada tahapan ini berupa pengolahan data terhadap data-data terkait yang telah dikumpulkan pada tahap sebelumnya dengan menggunakan metode RCM. Tahapan ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu penyusunan *functional block diagram*, identifikasi fungsi dan kegagalan, identifikasi MSI (*Maintenance Significant Item*), analisis FMEA dan penilaian RPN (*Risk Priority Number*), analisis FTA (*Fault Tree Analysis*), analisis LTA (*Logic Tree Analysis*), penentuan distribusi, penentuan MTTF dan MTTR, penentuan *reliability*, penentuan *failure rate*, dan pemilihan kegiatan (*task selection*).

#### **3.3.1. Penyusunan *Functional Block Diagram***

Tahap penyusunan *functional block diagram*, berupa sebuah susunan diagram yang dapat digunakan untuk mengetahui serta mampu menjelaskan hubungan antara fungsi satu dengan yang lainnya serta untuk menunjukkan urutan, dan ketergantungan antar yang lainnya.

#### **3.3.2. Identifikasi Fungsi dan Kegagalan**

Setelah melakukan penyusunan *functional block diagram*, langkah selanjutnya yaitu melakukan identifikasi fungsi dari masing-masing komponen untuk mengetahui *performance* dari komponen tersebut serta mengetahui kegagalan dari masing-masing komponen.

### **3.3.3. Identifikasi MSI (*Maintenance Significant Item*)**

Tahap selanjutnya setelah melakukan identifikasi fungsi dan kegagalan, yaitu melakukan identifikasi MSI (*Maintenance Significant Item*) untuk mengetahui komponen-komponen apa saja yang masuk kedalam MSI ataupun Non MSI. Komponen-komponen yang masuk kedalam MSI yaitu komponen yang memiliki nilai diatas 1.5 dan akan dilakukan analisis selanjutnya. Sedangkan, untuk komponen-komponen yang Non MSI memiliki nilai dibawah 1.5 komponen tetap pada sistem perawatan yang sudah ada (tidak ada perubahan penjadwalan *maintenance*)

### **3.3.4. Analisa FMEA dan Penilaian RPN (*Risk Priority Number*)**

Tahap selanjutnya, setelah identifikasi MSI (*Maintenance Significant Item*) yaitu melakukan analisis FMEA dan penilaian RPN (*Risk Priority Number*). Dimana dari analisa FMEA dapat diketahui mode-mode kegagalan serta dapat diketahui nilai RPN dari masing-masing mode kegagalan tersebut. Selanjutnya, mengidentifikasi dampak dari setiap mode kegagalan yang terjadi, rekomendasi tindakan dari kegagalan yang terjadi.

### **3.3.5. Analisis FTA (*Fault Tree Analysis*)**

Setelah melakukan analisa FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), langkah selanjutnya yaitu melakukan analisa FTA berdasarkan hasil dari FMEA. Analisis FTA ini akan menghasilkan beberapa penyebab (*basic event*) dari *top event* (puncak kegagalan), sehingga dapat diketahui jenis-jenis kejadian yang menyebabkan kegagalan (*top event*)

### **3.3.6. Analisis LTA (*Logic Tree Analysis*)**

Setelah melakukan analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan FTA (*Fault Tree Analysis*) langkah selanjutnya melakukan analisis LTA (*Logic Tree Analysis*). Pada analisis LTA (*Logic Tree Analysis*), akan didapatkan konsekuensi dan klasifikasi *failure mode* kedalam beberapa kategori. Sehingga, dapat diketahui tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya. *Failure mode* tersebut yang telah didapat pada tahap analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

### **3.3.7. Penentuan Distribusi**

Penentuan waktu distribusi antar kegagalan didasarkan pada *failure history* dengan menggunakan *software* weibull ++ versi 6. Setiap distribusi yang terpilih akan memiliki nilai yang berbeda-beda antar distribusi yang lain.

### **3.3.8. Penentuan Nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) dan MTTR (*Mean Time to Repair*)**

Setelah melakukan penentuan distribusi, maka akan didapatkan distribusi yang sesuai dengan *failure rate*. Untuk mendapatkan angka dalam perhitungan MTTF dan MTTR, maka

data yang dibutuhkan yaitu data waktu antar kegagalan dan data waktu perbaikan komponen. Dari penilaian distribusi tersebut akan mendapatkan suatu variable yang bisa digunakan untuk menentukan nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) dan MTTR (*Mean Time to Repair*).

### **3.3.9. Penentuan Grafik *Reliability***

Berdasarkan penentuan parameter uji yang didapatkan dari *software* weibull ++ versi 6, maka dengan menggunakan persamaan yang telah disebutkan pada bab 2. Dapat ditentukan nilai *reliability* tergantung pada distribusinya. Kemudian, hasil perhitungan di plot dalam sebuah grafik hubungan antara nilai *reliability* dengan waktu operasional.

### **3.3.10. Penentuan Grafik *Failure Rate***

Berdasarkan penentuan parameter uji yang didapatkan dari *software* weibull ++ versi 6, maka dengan menggunakan persamaan yang telah disebutkan pada bab 2. Dapat ditentukan nilai *failure rate* tergantung pada distribusinya. Kemudian, hasil perhitungan di plot dalam sebuah grafik hubungan antara nilai *failure rate* dengan waktu operasional.

### **3.3.11. Pemilihan kegiatan *Maintenance***

Setelah melakukan penentuan distribusi sampai pada penentuan *failure rate*, langkah selanjutnya yaitu melakukan pemilihan kegiatan *maintenance* (*task selection*). Dimana pemilihan kegiatan *maintenance* ini tergantung dari kondisi komponen tersebut. Secara umum, fungsi pemilihan kegiatan ini adalah untuk mengurangi terjadinya kerusakan atau kegagalan dan mempertahankan komponen agar tetap beroperasi sesuai dengan fungsinya. Setelah mengetahui jenis kegiatan (*task selection*) yang sesuai maka dilakukan perhitungan untuk mengetahui interval *maintenance* yang sesuai dan optimal.

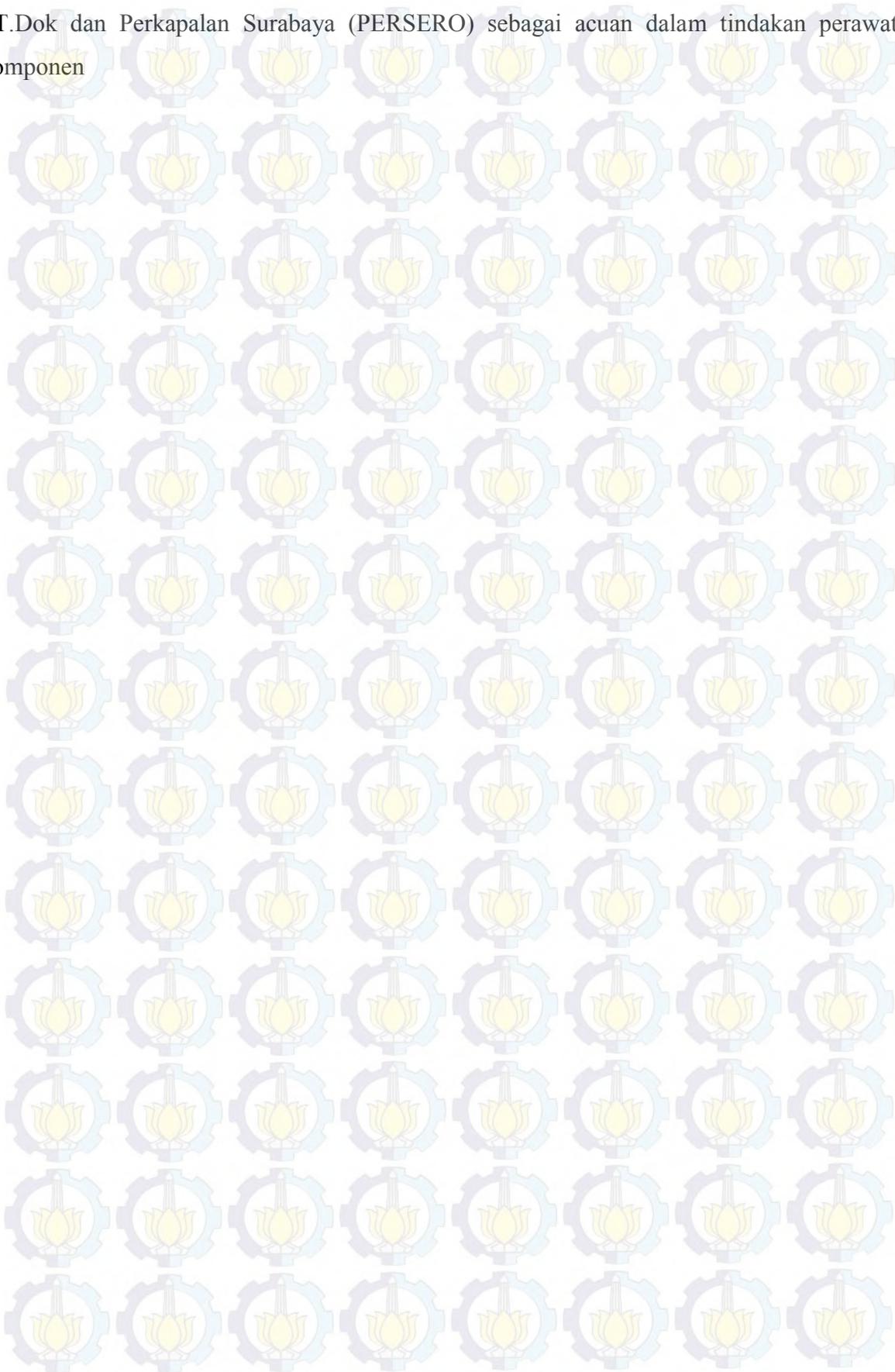
## **3.4. Tahapan Analisis Data**

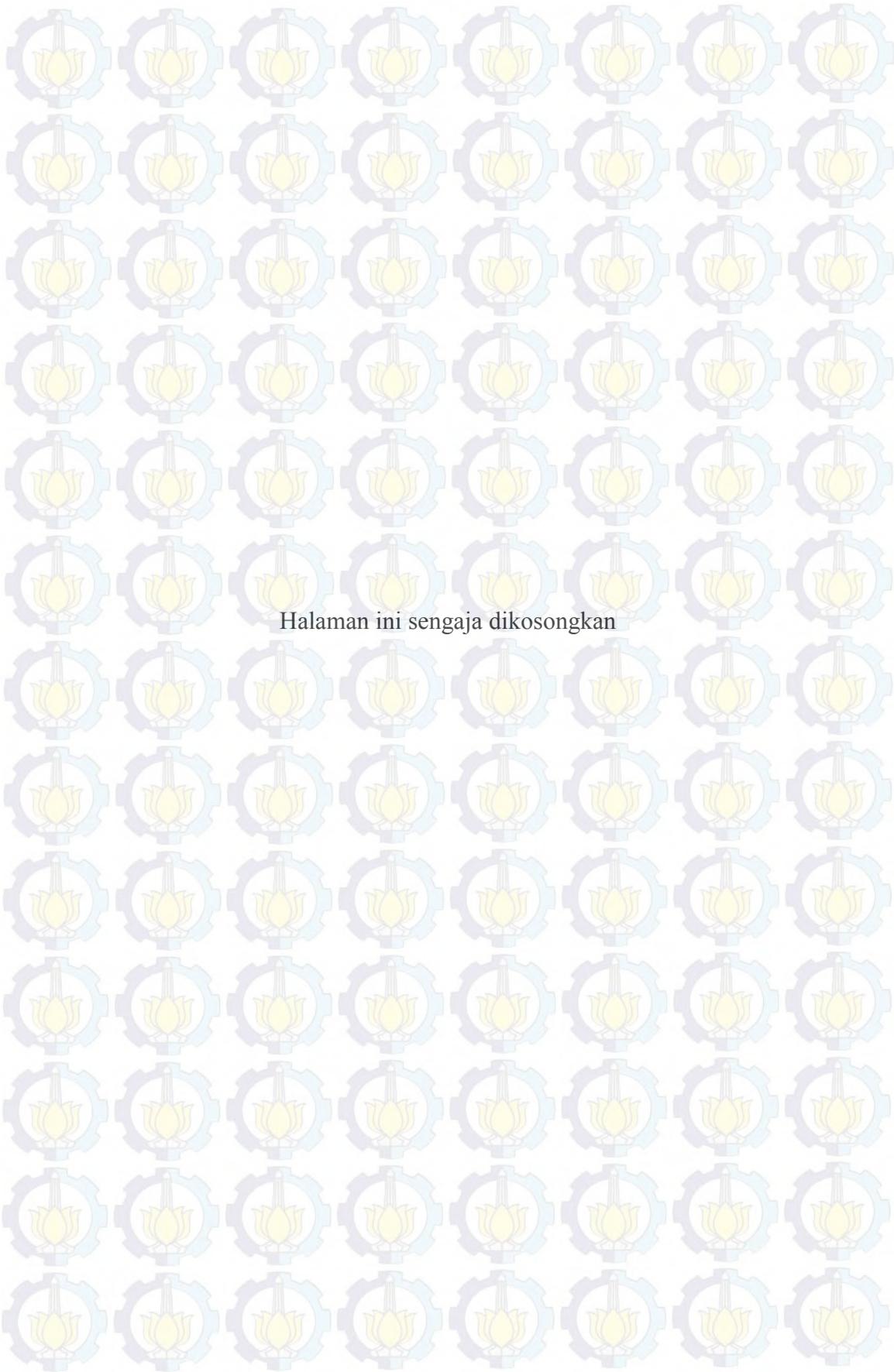
Tahap selanjutnya, yaitu analisis data berdasarkan pada data yang telah diperoleh dari studi lapangan. Data primer berupa kegagalan yang terjadi pada suatu komponen, dampak kegagalan dari suatu komponen, dan cara mengatasi kegagalan tersebut, selanjutnya dianalisa bagaimana cara untuk meminimalkan kegagalan tersebut serta penerapan RCM untuk tindakan perawatan pada komponen tersebut. Data sekunder berupa data kegagalan yang terjadi pada komponen selama tiga tahun. Dari data tersebut dapat ditentukan komponen yang akan di analisis dengan menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

## **3.5. Tahapan Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini dilakukan penyusunan laporan berdasarkan dengan perhitungan dengan analisa metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) dan dapat diambil kesimpulan terhadap hasil penelitian yaitu, tindakan perawatan yang tepat untuk dapat meningkatkan

produktivitas komponen tersebut serta interval perawatan yang dapat digunakan oleh pihak PT.Dok dan Perkapalan Surabaya (PERSERO) sebagai acuan dalam tindakan perawatan komponen





Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai gambaran umum dok apung, pengumpulan dan pengolahan terhadap data yang telah dikumpulkan. Data-data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif merupakan informasi yang berkaitan dengan kondisi dok apung (*floating dock*), sistem kerja dok apung, dan aktivitas pemeliharaan yang dilakukan di dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, serta informasi kualitatif lainnya. Sementara data kuantitatif yang dikumpulkan berupa data-data *historical* kerusakan, waktu antar kerusakan, waktu perbaikan, dan data-data kuantitatif lainnya. Semua data yang diperoleh akan ditabulasikan dan diolah dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mendapatkan rancangan aktivitas pemeliharaan yang tepat pada dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

#### 4.1. Gambaran Umum Dok Apung (*Floating Dock*) PT.Dok & Perkapalan Surabaya

PT.Dok dan Perkapalan Surabaya memiliki empat dok apung (*floating dock*), yaitu Dok apung I, Dok apung II, Dok apung IV, dan Dok apung V. Dok apung I,II, dan V dibangun pada tahun 1974-1976 oleh Ir.Soejitno dan dok apung IV dibangun pada tahun 1965. Dok apung digunakan untuk proses *docking - un docking* rata-rata membutuhkan waktu 2-3 jam ketika seluruh komponen dok apung dalam keadaan normal (tidak terjadi kerusakan), akan tetapi ketika beberapa komponen dok apung tersebut terjadi kerusakan maka waktu proses *docking-un docking* bisa sampai 4 jam. Keempat dok apung tersebut sudah lebih dari 45 tahun, oleh karena itu komponen dok apung sering terjadi kerusakan dan menyebabkan waktu lebih lama saat proses *docking-un docking*.

Perbaikan dok apung yang sering dilakukan yaitu *replating* pada ponton-pontonnya, karena pelat tipis dan keropos akibat korosi. Untuk Dok IV, pada tahun 2005 dilakukan perbaikan secara menyeluruh (*overhull*) dan mulai beroperasi lagi pada tahun 2008. Oleh karena itu, kerusakan yang terjadi di dok IV lebih sedikit dibandingkan dengan kerusakan yang terjadi di dok lainnya.

a. **Principal Dimension Dok Apung (floating dock) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya**

1. Dok apung Surabaya I



**Gambar 4.1.** Dok Apung Surabaya I

Gambar 4.1 diatas, merupakan dok apung Surabaya I, yang menggunakan sistem elektrik sebagai sistem pengendali yang dioperasikan dari *control house*. Dok apung tersebut dilengkapi dengan *crane* yang terletak di kedua sisi dok apung dengan kapasitas 5 ton. Ukuran dok apung tersebut, dengan panjang 99.24 m; tinggi 9,9 m; dan lebar 22.4 m. Dok apung (*floating dock*) Surabaya I memiliki kapasitas angkat sebesar 3500 TLC.

2. Dok apung Surabaya II



**Gambar 4.2.** Dok Apung Surabaya II

Gambar 4.2 diatas, merupakan dok apung Surabaya II yang diambil ketika proses *undocking* kapal Caraka Jaya III. Berbeda dengan dok apung I, dok apung II masih

menggunakan sistem manual untuk masuknya kapal kedalam dok apung, sehingga memerlukan banyak tenaga kerja. Dok apung II dilengkapi dengan *crane* yang berada di kedua sisi dok apung, mempunyai kapasitas angkat 3500 TLC, dan memiliki ukuran panjang 99.24 m; tinggi 10.4 m; dan lebar 22.4 m.

### 3. Dok apung Surabaya IV



**Gambar 4.3.** Dok Apung Surabaya IV

Gambar 4.3 diatas, merupakan dok apung Surabaya IV yang berada di paling selatan diantara dok yang lain. Dok IV mempunyai kapasitas angkat sebesar 3000 TLC, serta memiliki *crane* yang berada di kedua sisi dok apung. Sistem perpompaan seperti pada Dok I, yaitu sistem elektrik yang dioperasikan pada *control house*. Dok apung IV mempunyai ukuran panjang 94.3 m; tinggi 10.65 m; dan lebar 27 m.

#### 4. Dok apung Surabaya V



**Gambar 4.4.** Dok Apung Surabaya V

Gambar 4.4 di atas, merupakan dok apung Surabaya V yang terletak di sebelah utara. Dok apung V menggunakan sistem perpompaan elektrik seperti pada dok I dan IV yang dioperasikan dari *control house*. Dok V mempunyai fasilitas *crane* dengan kapasitas 6 ton, dan mempunyai kapasitas angkat sebesar 6000 TLC. Dok V merupakan dok apung yang paling besar diantara yang lainnya, dengan panjang 138.52 m; tinggi 14 m; dan lebar 26.4 m. Gambar *transverse section* dari keempat dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dapat dilihat pada lampiran.

#### **b. Sistem Pemeliharaan dan Perawatan Dok Apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya**

Dari hasil survey yang dilakukan di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya tentang kondisi sistem perawatan yang diterapkan adalah sistem perawatan jangka pendek. Perawatan jangka pendek yaitu jenis perawatan yang rutin dilakukan baik direncanakan maupun tidak direncanakan. Perawatan ini dilakukan untuk menjaga keandalan dan ketersediaan komponen-komponen dok apung (*floating dock*) pemeliharaan jangka pendek dapat berupa:

- *Preventive Maintenance*

*Preventive maintenance* dilakukan sesuai dengan anjuran *manual instruction* dan pengalaman tim *maintenance* terhadap jenis-jenis kerusakan komponen. *Preventive maintenance* yang diterapkan di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya ini dilakukan setiap tiga bulan sekali. Tindakan *preventive maintenance* yang diterapkan di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya berupa melihat, pembersihan, dan tindakan *maintenance* lain yang tidak memberikan pengaruh *significant* terhadap keandalan komponen-komponen dok apung.

- *Corrective Maintenance*

*Corrective maintenance* dapat dilakukan saat peralatan sedang beroperasi atau tidak beroperasi. Jenis aktivitas pemeliharaan ini, tidak terjadwal dan dengan cakupan yang tidak terlalu luas. Berikut ini merupakan kriteria dilakukannya *corrective maintenance* di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya:

1. Tindakan perbaikan selalu diawali dengan laporan kerusakan/gangguan pada peralatan.
2. Perbaikan ringan yang dapat langsung ditangani tanpa perlu perencanaan sumber daya (SDM, material, dan waktu pelaksanaan) yang terperinci.

Sedangkan dari hasil survei di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya tentang kondisi alur proses perawatan dok apung adalah seperti yang akan penulis jelaskan berikut. Proses ini adalah proses yang terjadi untuk kerusakan yang penanganannya kuratif atau ditangani saat terjadi kerusakan.

Apabila terjadi suatu kerusakan pada dok apung tersebut, maka bagian dok apung yang ditangani oleh Limbung akan membuat Surat Permintaan Reparasi (SPR). Surat ini dibuat oleh Limbung dan diketahui oleh manajer dan senior manajer Limbung. Surat tersebut berisi tentang kerusakan yang terjadi di dok apung yang perlu dilakukan perbaikan.

Kemudian dari Limbung, surat ditujukan kepada Departemen Sarana dan Fasilitas (SARFAS). Kemudian di departemen SARFAS dibuatkan Kartu Perintah Kerja (KPK), kartu ini berwarna kuning. Dalam KPK dicantumkan kerusakan yang terjadi.

Kartu Perintah Kerja (KPK) kemudian ditujukan kepada Departemen Perencanaan dan Pengendalian (RENDAL). Kemudian di departemen ini dibuatkan Kartu Perintah Kerja lapis tiga dan nomor order. Kemudian nomor order ini berisikan tentang detail kerusakan.

Bagian Limbung setelah menerima nomor order atau perintah kerja langsung melaksanakan pekerjaan dan didampingi dari departemen RENDAL bagian Monitoring dan Pengendalian (MONDAL). Setelah selesai perbaikan, kartu tanda kerja ditanda tangani kepala bengkel bersangkutan kemudian dikembalikan ke departemen RENDAL. Kartu tersebut berisikan laporan pengerjaan material yang dibutuhkan, dengan demikian pekerjaan perbaikan selesai.

## **4.2. Pengumpulan Data**

### **4.2.1. Umum**

Data-data yang digunakan pada penelitian ini sebagian besar diperoleh dari bagian sarfas (sarana dan fasilitas) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, dan sisanya diperoleh dari bagian limbung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya. Data-data ini digunakan untuk menunjang

analisis dalam metode RCM. Data yang digunakan untuk analisis kuantitatif adalah data *time to failure* atau waktu antar kerusakan, data *time to repair* atau waktu perbaikan komponen dok apung yang diperoleh dari *historical* data dibagian sarfas (sarana dan fasilitas) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, sedangkan data yang digunakan untuk analisis kualitatif adalah kondisi dok apung, sistem kerja dok apung, dan aktifitas pemeliharaan dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, yang diperoleh dari bagian limbung.

#### **4.3. Pengolahan Data dengan RCM (*Reliability Centered Maintenance*)**

Pengolahan data dengan RCM terdiri dari beberapa tahap yaitu, penyusunan *Functional Block Diagram (FBD)*, identifikasi fungsi dan kegagalan, identifikasi *Maintenance Significant Item (MSI)*, analisis *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan penilaian *Risk Priority Number (RPN)*, analisis *FTA (Fault Tree Analysis)*, analisis *Logic Tree Analysis (LTA)*, *fitting* distribusi TTF dan TTR, penentuan MTTF dan MTTR, penentuan *reliability*, penentuan *failure rate*, dan *task selection*. Dari beberapa tahap ini hanya dapat dilakukan optimal apabila didukung dengan adanya koleksi data, maka data awal yang memperlihatkan deskripsi sistem sangat diperlukan. Data tersebut diperoleh dari divisi sarfas dan divisi limbung yang telah dijelaskan seperti diatas.

##### **4.3.1. Penyusunan *Functional Block Diagram***

Penyusunan *functional block diagram* pada dok apung (*floating dock*) bertujuan untuk mengetahui urutan proses sistem dan urutan dari sistem, sub sistem dan komponen. Dalam melakukan penyusunan *Functional Block Diagram (FBD)* dok apung (*floating dock*) berdasarkan pada gambar dok apung yang di peroleh dari divisi sarfas, dan berdasarkan dari wawancara dengan manager limbung untuk mendapatkan informasi mengenai sistem kerja, urutan atau level sistem, sub sistem dan komponen dok apung, dari hasil wawancara dan gambar dari divisi sarfas. Sub sistem dari dok apung terdiri dari kontruksi, instalasi listrik, *control house*, dan fasilitas dok apung. Sub sistem-sub sistem tersebut terdiri dari beberapa komponen, misalnya pada kontruksi terdiri dari *inner side wall*, *outer side wall*, *ponton deck*, *horizontal wash bulkhead*, *safety deck*, *upper deck*, *longitudinal watertight bulkhead*, dan *longitudinal centerline wash bulkhead*. Selain melakukan penyusunan *functional block diagram*, juga perlu melakukan penyusunan *Reliability Block Diagram (RBD)* untuk mengetahui hubungan antar sub sistem dok apung (*floating dock*). Untuk *functional block diagram* dan *reliability block diagram* pada dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dapat dilihat pada lampiran.

### 4.3.2. Identifikasi Fungsi dan Kegagalan

Setelah melakukan penyusunan *Functional Block Diagram (FBD)* langkah selanjutnya yaitu melakukan identifikasi fungsi dan kegagalan dari komponen-komponen dok apung (*floating dock*). Identifikasi fungsi dilakukan untuk merinci fungsi-fungsi semua peralatan/item dok apung (*floating dock*), mulai dari level sistem, sub sistem sampai pada level minimum yang ingin dicapai. Identifikasi tersebut berguna untuk menghindari terabaikannya fungsi-fungsi potensial atau menghindari terjadinya tumpang tindih sistem yang berdekatan.

Identifikasi kegagalan digunakan untuk mengetahui kegagalan setiap komponen-komponen dok apung, mulai dari level sistem, sub sistem sampai pada komponen. Semua fungsi dan bentuk kegagalan komponen-komponen dok apung dicatat yang selanjutnya di analisis mode-mode kegagalan yang menyebabkan kegagalan fungsional tersebut, tabel identifikasi fungsi dan kegagalan pada level sistem seperti pada Tabel 4.1 dibawah ini.

**Tabel 4.1.** Identifikasi Fungsi dan Kegagalan Sistem

NO	NAMA SISTEM	FUNGSI SISTEM	KEGAGALAN SISTEM
1	Dok	Untuk melakukan <i>docking</i> <i>un-docking</i> sehingga kapal dapat dilakukan reparasi.	Ponton terjadi kebocoran dan kerusakan impeller pompa oleh karena itu tidak bisa melakukan proses <i>docking</i> <i>undocking</i> dengan maksimal.

**Tabel 4.2.** Identifikasi Fungsi dan Kegagalan Sub sistem

NO	NAMA SUB SISTEM	FUNGSI SUB SISTEM	KEGAGALAN SUB SISTEM
1	Konstruksi	Geladak untuk tempat kapal dan komponen-komponen pendukung dok	Pelat geladak menipis dan keropos terjadi karena korosi
2	Instalasi listrik	Untuk sumber energi yang dibutuhkan serta penerangan untuk dok	Kerusakan pada instalasi listrik, sehingga tidak bisa menyalurkan sumber energi dan menerangi dengan sempurna

NO	NAMA SUB SISTEM	FUNGSI SUB SISTEM	KEGAGALAN SUB SISTEM
3	Fasilitas <i>floating dock</i>	Untuk mendukung fungsi dok apung sebagai tempat reparasi kapal	Kerusakan pada komponen-komponen fasilitas dok apung, sehingga tidak dapat beroperasi .

**Tabel 4.3.** Identifikasi Fungsi dan Kegagalan Komponen

NO	NAMA KOMPONEN	FUNGSI KOMPONEN	KEGAGALAN KOMPONEN
1	<i>Inner side wall</i>	Geladak bagian dalam ponton untuk melindungi bagian dalam <i>side wall</i>	Pelat menipis dan keropos karena korosi dan umur
2	Penerangan	Untuk penerangan di seluruh bagian dan ruangan dok apung	Terjadi kerusakan pada komponen penerangan (lampu)
3	Panel induk	Sebagai sumber energi yang disalurkan ke semua sistem dan ruangan dok apung	Terjadi kerusakan atau tidak dapat menyalurkan energi dengan maksimal

Tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 diatas, merupakan identifikasi fungsi dan kegagalan dari sistem (dok), sub sistem, dan komponen. Dari pendeskripsian fungsi dan kegagalan fungsi maka data diketahui kriteria kegagalan atau kerusakannya. Untuk tabel identifikasi fungsi dan kegagalan sub sistem dan komponen dapat dilihat pada lampiran

#### 4.3.3. Identifikasi *Maintenance Significant Item* (MSI)

Tahap selanjutnya setelah melakukan identifikasi fungsi dan kegagalan yaitu penentuan komponen *Maintenance Significant Item* (MSI) berdasarkan harga kekritisannya terhadap indeks keselamatan (*safety*), polusi terhadap lingkungan (*environment*), ketersediaan (*availability*), dan biaya (*cost*).

Identifikasi kekritisan dibuat untuk mengidentifikasi kegagalan komponen dalam sistem. Nilai indeks kekritisan dari tiap kategori adalah 1 sampai 3. Semakin besar nilai indeks kekritisannya, semakin besar pula pengaruh komponen tersebut terhadap kategori

kekritisannya. Harga kekritisannya diperoleh dengan menjumlahkan perkalian 0.3 indeks kekritisannya untuk kategori *safety*, 0.15 untuk kategori *environment*, 0.3 untuk kategori *availability*, dan 0.25 untuk kategori *cost*. Dari semua komponen-komponen dok apung (*floating dock*) dilakukan analisa *Maintenance Significant Item* (MSI), untuk komponen-komponen yang memiliki nilai kekritisannya >1.5 maka termasuk kedalam komponen MSI, sedangkan untuk komponen-komponen yang memiliki nilai kekritisannya kurang dari 1.5 termasuk kedalam komponen non MSI. Komponen-komponen dari dok apung (*floating dock*) yang akan dilakukan analisis selanjutnya yaitu komponen-komponen MSI. Hasil dari penentuan *Maintenance Significant Item* (MSI) dapat dilihat pada bab V.

#### **4.3.4. Identifikasi FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan Penilaian RPN**

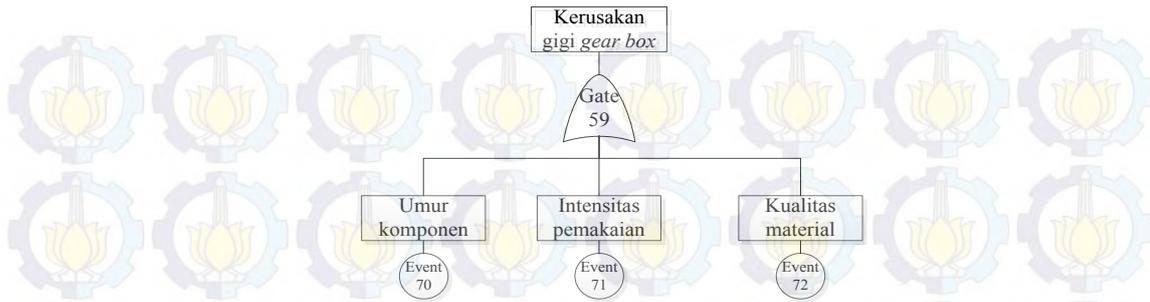
FMEA merupakan teknik analisa yang sistematis untuk menganalisa kegagalan fungsional yang berkaitan dengan fungsi sistem. Proses analisa FMEA dilakukan pada komponen yang memiliki nilai kekritisannya >1.5 (komponen MSI). Pada tahap ini semua komponen yang termasuk ke dalam komponen MSI di analisa tiap-tiap mode kegagalan yang menjadi kegagalan fungsional, dampak kegagalan dan nilai *Risk Priority Number* (RPN).

Nilai *Risk Priority Number* (RPN) ditentukan oleh tiga faktor yaitu tingkat keseriusan (*severity*), tingkat kejadian (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*). Dari masing-masing faktor diatas mempunyai nilai 1 sampai 10, dimana nilai 1 merupakan nilai yang paling tidak berpengaruh, sedangkan nilai 10 merupakan nilai yang paling berpengaruh. Analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan penilaian RPN (*Risk Priority Number*).

Dari hasil analisa FMEA dok apung (*floating dock*) teridentifikasi mode-mode kegagalan yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsional akibat kegagalan-kegagalan fungsional dari komponen MSI, tingkat *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Serta rekomendasi kegiatan dan penilaian RPN. Untuk hasil FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan penilaian RPN (*Risk Priority Number*) dapat dilihat pada bab V.

#### **4.3.5. Identifikasi FTA (*Fault Tree Analysis*)**

Identifikasi FTA (*Fault Tree Analysis*) digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan yang terjadi pada *top event* yang telah didapat pada identifikasi FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Identifikasi FTA dilakukan dengan menjabarkan penyebab dari kegagalan (*top event*) yang kemudian disebut sebagai “AND GATE” atau “OR GATE” dimana dari AND GATE atau OR GATE tersebut dapat diketahui kegagalan dasarnya (*basic event*).



**Gambar 4.5.** Diagram *Fault Tree Analysis*

Gambar 4.5 diatas, merupakan identifikasi FTA pada kerusakan gigi *gear box*, dapat dilihat bahwa kerusakan tersebut disebabkan oleh tiga faktor yaitu umur komponen, intensitas pemakaian, dan kualitas material. Sehingga, ketiga faktor diatas disebut sebagai *basic event* (kegagalan dasar). Untuk identifikasi FTA dari dok apung dapat dilihat pada Lampiran

#### 4.3.6. Identifikasi LTA (*Logic Tree Analysis*)

Pada tahap analisis LTA (*Logic Tree Analysis*) dilakukan *critically analysis* terhadap konsekuensi dari *failure mode* yang telah di analisis pada tahap FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Pada tahap ini digunakan tiga pertanyaan logis yang sederhana atau struktur keputusan. Tiga pertanyaan tersebut meliputi *evident*, *safety* dan *outage*. Sehingga setelah diketahui secara akurat dan cepat dari ketiga pertanyaan tersebut, langkah selanjutnya *failure mode* dapat dikategorikan berdasarkan ketentuan kategori A,B,C, dan D seperti yang telah dijelaskan pada bab tinjauan pustaka. Dimana dari identifikasi LTA dapat diketahui kategori tiap dok apung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya. Untuk identifikasi LTA dapat dilihat pada bab V.

#### 4.3.7. *Fitting* Distribusi TTF dan TTR

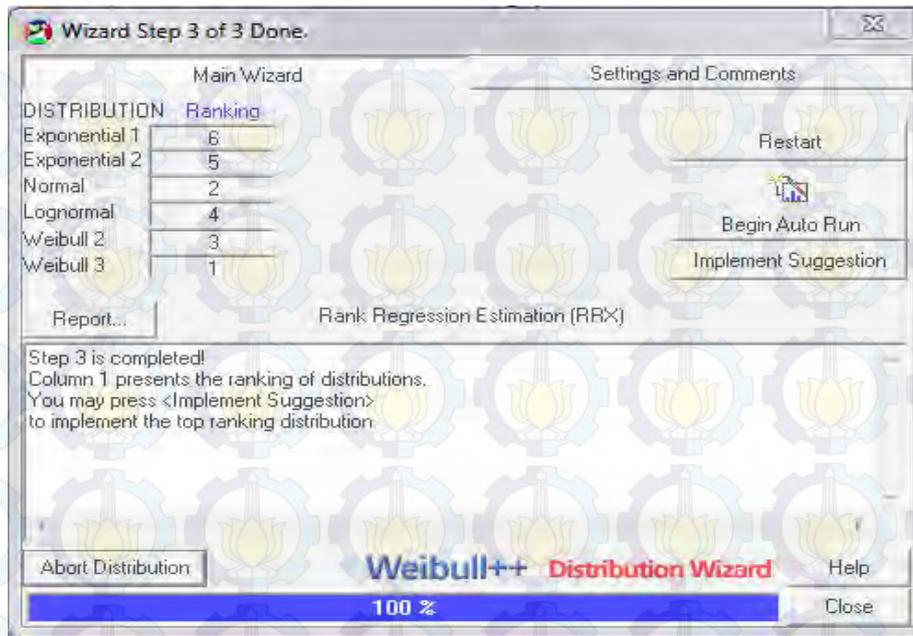
*Fitting* distribusi *time to failure* dan *time to repair* dari setiap komponen yang ada pada dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dilakukan dengan menggunakan *software* weibul ++6. *Fitting* distribusi dilakukan terhadap data *time to failure* dan *time to repair* dari 29 komponen dok apung (*floating dock*) yang termasuk kedalam komponen MSI (*Maintenance Significant Item*) yang telah dilakukan analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan analisis LTA (*Logic Tree Analysis*). Tabel 4.4 dibawah ini merupakan contoh rekapan data *time to failure* dan *time to repair* dari beberapa komponen dok apung (*floating dock*):

**Tabel 4.4. Data TTF dan TTR**

NO	KOMPONEN	TANGGAL KERUSAKAN	TTF (Day)	TTR (Day)
1	crane selatan	2/1/2013		1
2	crane selatan	2/4/2013	90	3
3	crane selatan	15/5/2013	41	3
4	crane selatan	18/6/2013	34	2
5	crane selatan	19/9/2013	93	5
6	crane selatan	19/12/2013	91	5
7	crane selatan	24/2/2014	67	1
8	crane selatan	2/4/2014	59	5
9	crane selatan	3/6/2014	62	2
10	crane selatan	12/9/2014	36	5
11	crane selatan	18/9/2014	6	1
12	crane selatan	30/10/2014	42	4
13	crane selatan	27/11/2014	28	2
14	crane selatan	31/3/2015	124	1
15	crane selatan	10/4/2015	10	3
16	crane selatan	28/5/2015	48	4
17	crane utara	30/1/2013		1
18	crane utara	20/4/2013	80	4
10	crane utara	10/5/2013	14	2
20	crane utara	29/5/2013	50	5
21	crane utara	22/7/2013	54	1
22	crane utara	19/12/2013	150	1
23	crane utara	30/1/2014	42	2

Tabel diatas 4.4 merupakan data TTF dan TTR yang didapat dari divisi sarfas(sarana dan fasilitas) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya. Data TTF tersebut diperoleh dari waktu kegagalan, selisih hari kegagalan dengan hari kegagalan selanjutnya. Sedangkan, nilai TTR di dapat dari lama waktu perbaikan komponen-komponen dok apung (*floating dock*). Langkah awal untuk melakukan *fitting* distribusi TTF dengan *software weibull ++6* adalah dengan memilih “*Time To Failure*” pada kotak dialog *data type* dan data *time to failure* diinputkan pada kolom *time failed*. Kemudian *fitting* distribusi dilakukan dengan memilih *icon distribution wizard* dan selanjutnya memilih *begin auto run*. Secara otomatis, urutan prioritas distribusi yang cocok untuk data *time to failure* tersebut akan diberikan.

Distribusi dengan urutan prioritas 1 adalah distribusi yang paling cocok diimplementasikan untuk data TTF yang telah diinputkan. Berikut ini merupakan salah satu tampilan hasil *fitting ditribution* TTF dari komponen dok apung (*floating dock*) yaitu crane selatan Dok IV dengan menggunakan *software weibull ++6* :



**Gambar 4.6.** *Fitting* Distribusi TTF

Dari Gambar 4.6 diatas, dapat diketahui distribusi yang paling cocok untuk data *time to failure crane* selatan Dok IV adalah distribusi weibull 3 parameter. Untuk menerapkan hasil *fitting* distribusi yang telah dilakukan dan mendapatkan parameter dari distribusi weibull 3 parameter tersebut, dipilih *Implement Suggestion*. Hasil *fitting* distribusi TTF dari komponen Dok IV dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

**Tabel 4.5.** Distribusi dan Parameter TTF

NO	Komponen	Distribusi	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\lambda$	$\mu$	$\sigma$
1	Crane selatan	Weibull 3	79.689	2.165	-13.745			
2	Crane utara	Weibull 3	100.312	2.267	-12.85			
3	Pompa No.1	Eksponensial			14.523	0.004		

Tabel 4.5 diatas, merupakan hasil distribusi dan parameter TTF dari komponen MSI (*Maintenance Significant Item*) pada dok IV. Parameter-parameter  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  yang didapatkan dari *fitting distribution* digunakan untuk mencari nilai *Mean Time to Failure* (MTTF)

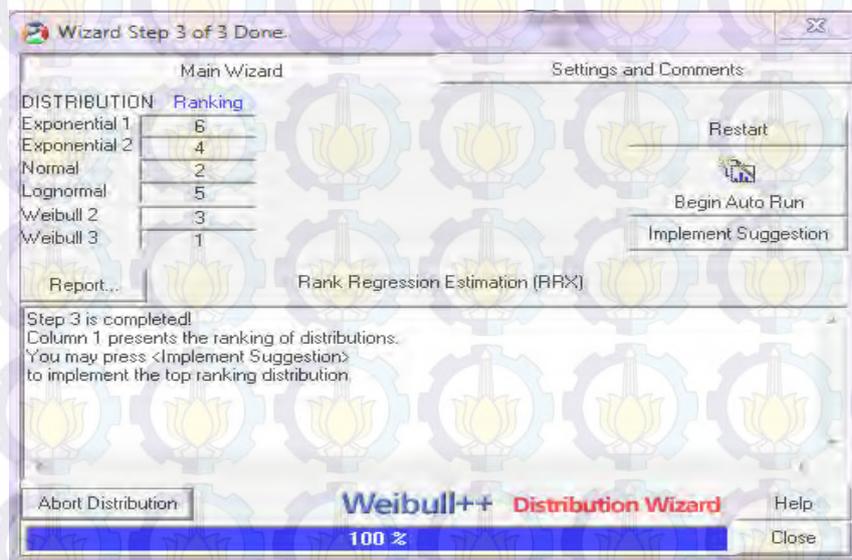
*Fitting* distribusi juga dilakukan pada data *Time to Repair* (TTR). Langkah awal untuk melakukan *fitting* distribusi TTR dengan *software* weibull ++6 adalah dengan memilih “*Time To Repair*” pada kotak dialog *data type* dan data *time to repair* diinputkan pada kolom *time failed*. Kemudian *fitting* distribusi dilakukan dengan memilih *icon distribution wizard* dan

selanjutnya memilih *begin auto run*. Secara otomatis, urutan prioritas distribusi yang cocok untuk data *time to repair* tersebut akan diberikan.

Distribusi dengan urutan prioritas 1 adalah distribusi yang paling cocok diimplementasikan untuk data TTR yang telah diinputkan. Berikut ini merupakan salah satu tampilan hasil *fitting ditribution* TTR dari komponen dok apung (*floating dock*) yaitu crane selatan Dok IV dengan menggunakan *software weibull ++6*.

Berdasarkan pada Gambar 4.7 dapat diketahui distribusi yang paling cocok untuk data *time to repair crane* selatan dok IV adalah distribusi weibull 3 parameter. Untuk menerapkan hasil *fitting* distribusi yang telah dilakukan dan mendapatkan parameter dari distribusi weibull 3 parameter tersebut, dipilih *Implement Suggestion*.

**Gambar 4.7.** *Fitting* Distribusi TTF



Hasil *fitting* distribusi TTR dari komponen dok IV dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

**Tabel 4.6.** Distribusi dan Parameter TTR

NO	Komponen	Distribusi	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\lambda$	$\mu$	$\sigma$
1	Crane selatan	Weibull 3	3.243	1.662	0.143			
2	Crane utara	Weibull 3	3.124	1.506	0.028			
3	Pompa No.1	Weibull 3	2.745	3.959	0.030			

Tabel 4.6 diatas, merupakan distribusi dan parameter TTR dari komponen-komponen dok IV. Dari nilai parameter-parameter diatas, dapat digunakan untuk mencari nilai *Mean*

*Time to Repair* (MTTR). Hasil *fitting* distribusi TTR untuk Dok I,II, dan V dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.3.8. Penentuan MTTF dan MTTR

Nilai parameter dari semua komponen pada dok apung (*floating dock*) digunakan untuk melakukan perhitungan *mean time to failure* yang disesuaikan dengan masing-masing distribusi dari komponen dok apung (*floating dock*). Berikut ini merupakan contoh perhitungan MTTF untuk beberapa komponen dok apung (*floating dock*) dengan distribusi Weibull 3 Parameter dan distribusi Eksponensial 2 parameter:

1. *Crane* selatan (Distribusi weibull 3 parameter)

Eta : 79.689

Beta : 2.165

Gamma : -13.745

Perhitungan MTTF *crane* selatan dengan menggunakan rumus, seperti persamaan 2.22 :

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \int_0^{\infty} \exp \left[ - \left( \frac{t - t_0}{\alpha} \right)^{\beta} \right] dt \\ &= \int_0^{\infty} \exp \left[ - \left( \frac{t - (-13.745)}{79.689} \right)^{2.165} \right] dt = 56.83 \end{aligned}$$

Selain itu, MTTF *crane* selatan juga dapat dihitung dengan menggunakan fungsi yang ada di *excel* dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \alpha \times \exp \left( \text{GAMMALN} \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right) + \gamma \\ &= 79.689 \times \exp \left( \text{GAMMALN} \left( 1 + \frac{1}{2.165} \right) \right) + (-13.745) = 56.83 \end{aligned}$$

Jadi MTTF *crane* selatan adalah 56.83 hari

2. *Crane* utara (Distribusi weibull 3 parameter)

Eta : 100.312

Beta : 2.267

Gamma : -12.85

Perhitungan MTTF *crane* utara dengan menggunakan rumus, seperti pada persamaan 2.22 :

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \int_0^{\infty} \exp \left[ - \left( \frac{t-t_0}{\alpha} \right)^{\beta} \right] dt \\
 &= \int_0^{\infty} \exp \left[ - \left( \frac{t-(-12.85)}{100.312} \right)^{2.267} \right] dt = 76
 \end{aligned}$$

Selain itu, MTTF *crane* utara juga dapat dihitung dengan menggunakan fungsi yang ada di *excel* dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \alpha \times \exp \left( \text{GAMMALN} \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right) + \gamma \\
 &= 100.312 \times \exp \left( \text{GAMMALN} \left( 1 + \frac{1}{2.267} \right) \right) + (-12.85) = 76
 \end{aligned}$$

Jadi MTTF *crane* utara adalah 76 hari

### 3. Pompa No.1 (Distribusi Ekspensial 2 parameter)

Lamda : 0.004

Gamma : 14.523

Perhitungan MTTF pompa No.1 dengan menggunakan rumus, seperti pada persamaan 2.11 :

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= 1/\lambda \\
 &= 250
 \end{aligned}$$

Jadi MTTF pompa No.1 adalah 250 hari

Sedangkan, nilai parameter dari semua komponen pada dok apung (*floating dock*) digunakan untuk melakukan perhitungan *mean time to repair* yang disesuaikan dengan masing-masing distribusi dari komponen dok apung (*floating dock*). Berikut ini merupakan contoh perhitungan MTTR untuk beberapa komponen dok apung (*floating dock*) dengan distribusi Weibull 3 Parameter :

#### 1. *Crane* selatan (Distribusi weibull 3 parameter)

Eta : 3.243

Beta : 1.662

Gamma : 0.143

Perhitungan MTTR *crane* selatan dengan menggunakan rumus, seperti pada persamaan

2.22 :

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \int_0^{\infty} \exp \left[ - \left( \frac{t-t_0}{\alpha} \right)^{\beta} \right] dt \\ &= \int_0^{\infty} \exp \left[ - \left( \frac{t-0.143}{3.243} \right)^{1.662} \right] dt = 3.04 \end{aligned}$$

Selain itu, MTTR *crane* selatan juga dapat dihitung dengan menggunakan fungsi yang ada di *excel* dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \alpha \times \exp \left( \text{GAMMALN} \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right) + \gamma \\ &= 3.243 \times \exp \left( \text{GAMMALN} \left( 1 + \frac{1}{1.662} \right) \right) + (0.143) = 3.04 \end{aligned}$$

Jadi MTTR *crane* selatan adalah 3.04 hari

## 2. *Crane* utara (Distribusi weibull 3 parameter)

Eta : 3.124

Beta : 1.506

Gamma : 0.028

Perhitungan MTTR *crane* utara dengan menggunakan rumus, seperti pada persamaan

2.22 :

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \int_0^{\infty} \exp \left[ - \left( \frac{t-t_0}{\alpha} \right)^{\beta} \right] dt \\ &= \int_0^{\infty} \exp \left[ - \left( \frac{t-0.028}{3.124} \right)^{1.506} \right] dt = 2.85 \end{aligned}$$

Selain itu, MTTR *crane* utara juga dapat dihitung dengan menggunakan fungsi yang ada di *excel* dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \alpha \times \exp \left( \text{GAMMALN} \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right) + \gamma \\ &= 3.124 \times \exp \left( \text{GAMMALN} \left( 1 + \frac{1}{1.506} \right) \right) + (0.028) = 2.85 \end{aligned}$$

Jadi MTTR *crane* utara adalah 2.85 hari

## 3. Pompa No.1 (Distribusi weibull 3 parameter)

Eta : 2.745

Beta : 3.959

Gamma : 0.030

Perhitungan MTTR Pompa No.1 dengan menggunakan rumus, seperti pada persamaan 2.22 :

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \int_0^{\infty} \exp \left[ - \left( \frac{t-t_0}{\alpha} \right)^{\beta} \right] dt \\ &= \int_0^{\infty} \exp \left[ - \left( \frac{t-0.03}{2.745} \right)^{3.959} \right] dt = 2.52 \end{aligned}$$

Selain itu, MTTR Pompa No.1 juga dapat dihitung dengan menggunakan fungsi yang ada di *excel* dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \alpha \times \exp \left( \text{GAMMALN} \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right) + \gamma \\ &= 2.745 \times \exp \left( \text{GAMMALN} \left( 1 + \frac{1}{3.959} \right) \right) + (0.03) = 2.52 \end{aligned}$$

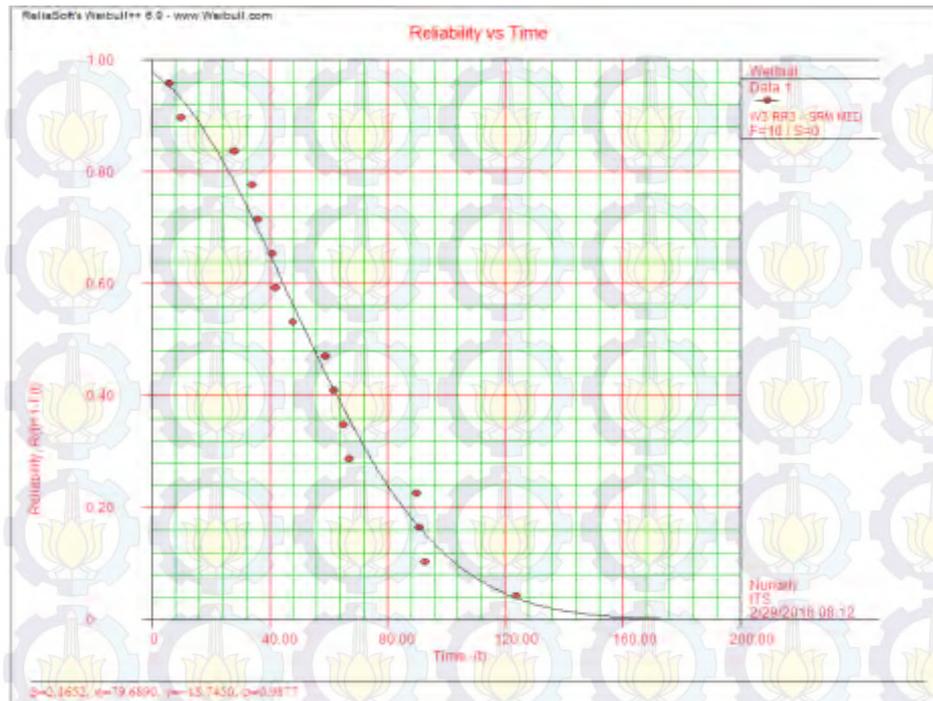
Jadi MTTR Pompa No.1 adalah 2.52 hari

#### 4.3.9. Penentuan *Reliability*

Penentuan *reliability* dari masing-masing komponen dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dilakukan berdasarkan distribusi dari masing-masing komponen tersebut. Berdasarkan distribusi waktu antar kegagalan, maka fungsi *reliability* dapat dirumuskan seperti pada persamaan 2.18 dibawah ini.

$$R(t) = \begin{cases} 0, & t < \gamma \\ \exp \left[ - \left( \frac{t-\gamma}{\alpha} \right)^{\beta} \right] & t \geq \gamma \end{cases}$$

4.3.10. Evaluasi perhitungan diplot dalam sebuah grafik hubungan antara keandalan dengan waktu operasional dan nilai keandalan untuk berbagai nilai t (hari) waktu operasional dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan pada lampiran . Dibawah ini merupakan gambar kurva keandalan dari *crane* selatan dok IV.



**Gambar 4.8.** Kurva *Reliability Crane Selatan*

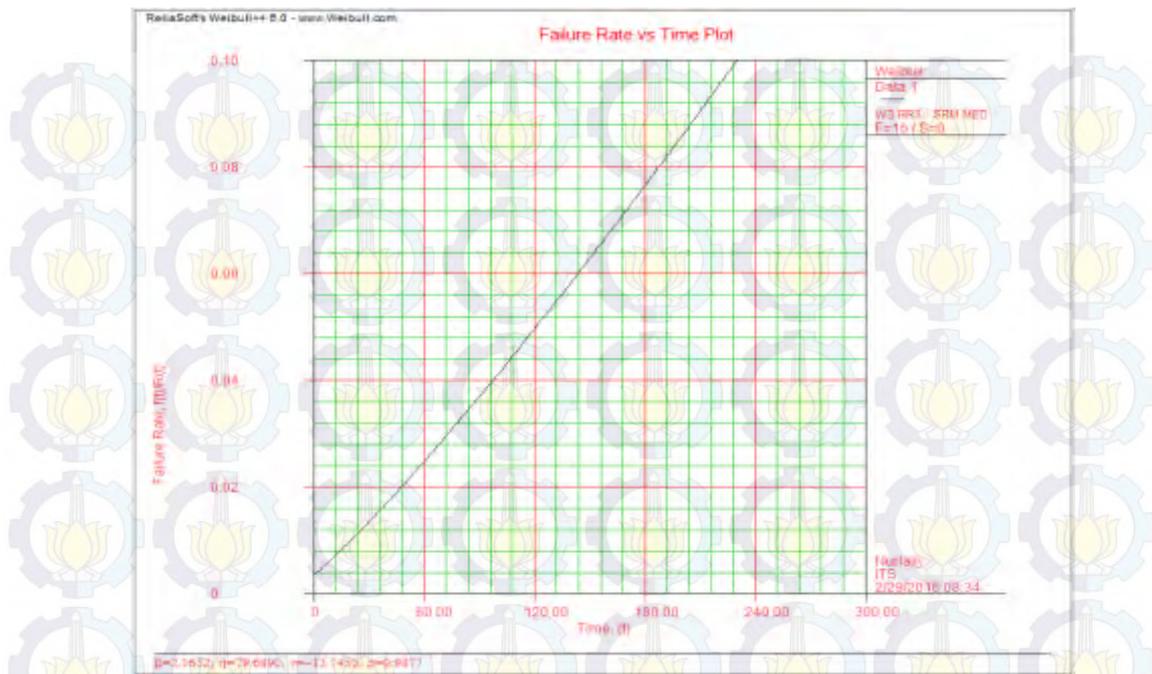
Dari Gambar 4.8 diatas, diketahui bahwa nilai keandalan *crane selatan* semakin hari mengalami penurunan. Nilai keandalan untuk *crane selatan* tidak akan berada dibawah 0.8 sebelum  $t = 26$  hari. Hal ini menunjukkan bahwa selama 26 hari *crane selatan* dalam kondisi baik dan dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diinginkan. Untuk kurva keandalan pada semua komponen Dok I,II,IV, dan V dapat dilihat pada lampiran .

#### 4.3.10. Penentuan *Failure rate*

Dalam penentuan *failure rate* untuk komponen-komponen dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya berdasarkan pada distribusi TTF (*Time to Failure*) atau waktu antar kegagalan. Nilai *failure rate* dari masing-masing distribusi tersebut dapat dilakukan perhitungan seperti pada persamaan 2.21 dibawah ini.

$$h(t) = \lambda(t) = \begin{cases} 0, & t < \gamma \\ \frac{\beta}{\alpha} \left( \frac{t-\gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1}, & t \geq \gamma \end{cases}$$

Evalusi perhitungan diplot dalam sebuah grafik hubungan antara *failure rate* dengan waktu operasional dan nilai *failure rate* untuk berbagai nilai  $t$  (hari) waktu operasional dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan pada lampiran . Dibawah ini merupakan gambar kurva *failure rate* dari *crane selatan* dok IV.



**Gambar 4.9.** Kurva *Failure Rate Crane* Selatan

Berdasarkan pada Gambar 4.9 diatas, dapat diketahui bahwa selama waktu 300 hari, *crane* selatan mempunyai laju kegagalan meningkat seiring waktu operasional karena *crane* selatan mempunyai harga  $\beta > 1$  sehingga *crane* selatan dapat dikategorikan dalam fase *wearout*, dan secara teoritis tindakan *maintenance* akan meningkatkan nilai keandalan pada *crane* selatan. Untuk kurva *failure rate* komponen-komponen lain pada dok I,II,IV, dan V dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.3.11. *Task Selection*

Tahap terakhir dalam metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) adalah menentukan jenis perawatan (*task selection*), penentuan jenis perawatan disini berdasarkan pada diagram DTA (*Decision Tree Analysis*) dan berdasarkan pada penentuan masing-masing distribusi pada komponen dok apung (*floating dock*). Setelah mengetahui jenis perawatan yang paling optimal, dilakukan perhitungan interval kegiatannya dan dihitung perubahan nilai keandalan (*reliability*) setelah dilakukan *maintenance*. Dibawah ini merupakan hasil jenis kegiatannya.

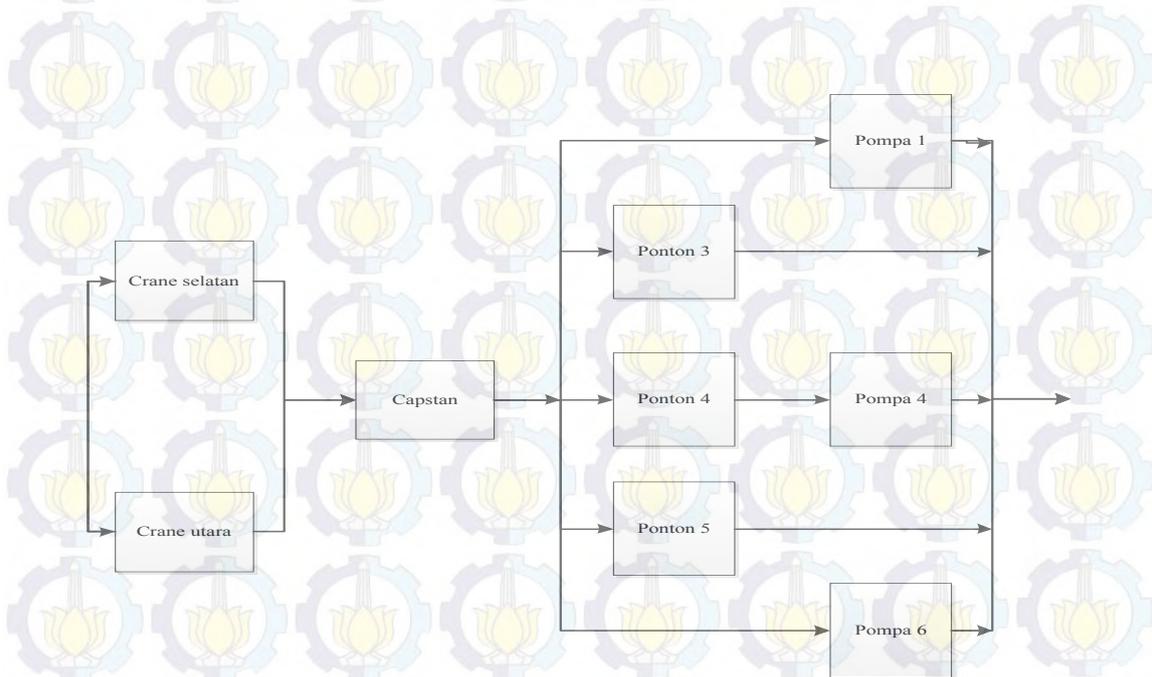
Pada Tabel 4.7 dapat dilihat kebijakan perawatan yang saat ini diterapkan oleh PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dengan kebijakan perawatan berdasarkan ada rekomendasi dari metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Penentuan kebijakan perawatan tersebut berdasarkan pada evaluasi konsekuensi, yang terdiri dari konsekuensi *hidden*, *safety*, *environment* dan *operational* seperti yang telah dijelaskan pada bab tinjauan pustaka.

Tabel 4.7. Task Selection

NO	NAMA KOMPONEN	TASK KEBIJAKAN SAAT INI	EVALUASI KONSEKUENSI				H1	H2	H3	H4	S3	TASK SELECTION	KETERANGAN
			H	S	E	O	S1	S2					
1	Crane selatan Dok I	<i>On condition &amp; hard time</i>	Y	Y	-	Y	Y	-	-	-	-	<i>On condition task</i>	Kegiatan <i>on condition task</i> dipilih dengan pertimbangan bahwa jauh lebih hemat melakukan kegiatan <i>on condition</i> berupa inspeksi melihat, mendengar, merasakan dipadukan dengan penjadwalan kegiatan <i>on condition monitoring</i> dibandingkan dengan kegiatan <i>hard time</i>
2	Crane utara Dok I	<i>On condition &amp; hard time</i>	Y	Y	-	Y	Y	-	-	-	-	<i>On condition task</i>	Kegiatan <i>on condition task</i> dipilih dengan pertimbangan bahwa jauh lebih hemat melakukan kegiatan <i>on condition</i> berupa inspeksi melihat, mendengar, merasakan dipadukan dengan penjadwalan kegiatan <i>on condition monitoring</i> dibandingkan dengan kegiatan <i>hard time</i>

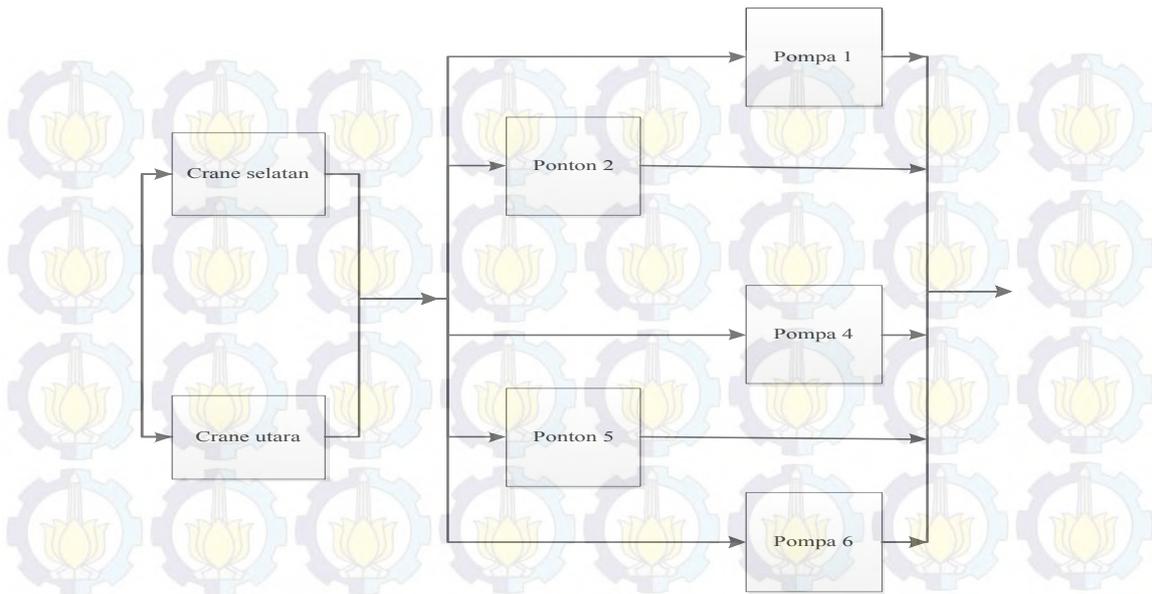
### 4.3.12. Keandalan Sistem

Setelah melakukan *task selection*, tahap selanjutnya yaitu menentukan nilai keandalan sistem (dok apung). Dalam menentukan keandalan sistem dok apung, langkah pertama yang harus dilakukan adalah melakukan penyusunan *reliability block diagram*. *Reliability block diagram* pada dok I,II,IV, dan V disesuaikan dengan komponen-komponen MSI pada masing-masing dok apung (*floating dock*). Dimana komponen MSI (*Maintenance Significant Item*) tersebut yaitu capstan, ponton, pompa dan crane. Dibawah ini merupakan *reliability block diagram* pada masing-masing dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.



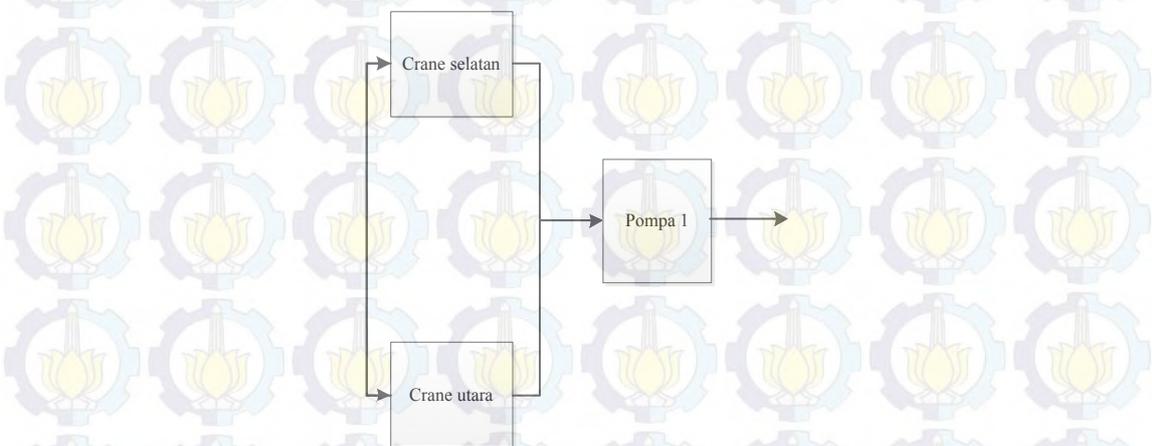
**Gambar 4.10.** *Reliability Block Diagram* Dok I

Berdasarkan pada gambar 4.10 diatas, dapat dilihat bahwa pada dok apung (*floating dock*) I, terdapat 9 komponen MSI yang terdiri dari *crane* selatan, *crane* utara, capstan, pompa No.1, ponton No.3, ponton No.4, pompa No.4, ponton No.5, dan pompa No.6. Untuk komonponen-komponen selain 9 komponen diatas, diasumsikan nilai keandalannya ( $R=1$ ), oleh karena itu perhitungan nilai keandalan lebih difokuskan pada 9 komponen diatas. Dibawah ini merupakan *reliability block diagram* pada dok II Surabaya.



**Gambar 4.11.** *Reliability Block Diagram* Dok II

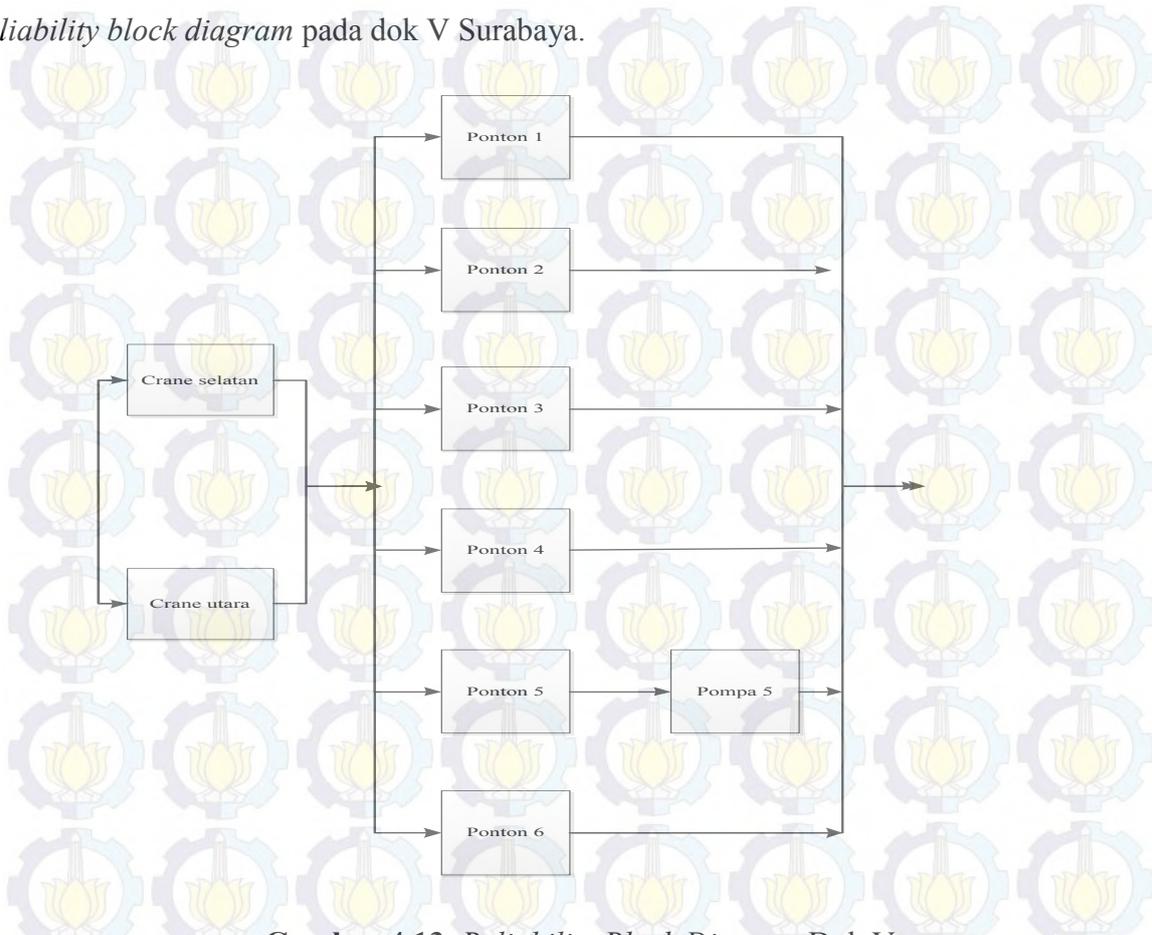
Berdasarkan pada Gambar 4.11 diatas, dapat dilihat terdapat 7 komponen dari dok apung yang dilakukan analisis untuk mengetahui peningkatan keandalan pada sistem (dok apung). Komponen-komponen diatas merupakan komponen MSI dari dok II Surabaya, sedangkan untuk komponen-komponen lain diasumsikan nilai keandalannya ( $R=1$ ). Dibawah ini merupakan *reliability block diagram* dari Dok IV Surabaya.



**Gambar 4.12.** *Reliability Block Diagram* Dok IV

Berdasarkan pada Gambar 4.12 diatas, dapat dilihat bahwa pada dok IV Surabaya terdapat tiga komponen MSI, hal ini karena dok apung (*floating dock*) IV Surabaya telah dilakukan perbaikan secara *overhull* pada tahun 2005, dan mulai beroperasi kembali pada tahun 2008 seperti yang telah dijelaskan diatas. Oleh karena itu, hanya terdapat tiga komponen MSI, sedangkan untuk nilai keandalan pada komponen lain diasumsikan ( $R=1$ )

sehingga analisis lebih difokuskan pada tiga komponen diatas. Dibawah ini merupakan *reliability block diagram* pada dok V Surabaya.



**Gambar 4.13.** *Reliability Block Diagram* Dok V

Berdasarkan pada Gambar 4.13 diatas, dapat dilihat terdapat 9 komponen MSI (*Maintenance Significant Item*). Komponen – komponen MSI dari dok V Surabaya terdiri dari. *Crane* selatan, *crane* utara, ponton No.1, ponton No.2, ponton No.3, ponton No.4, ponton No.5, pompa No.5, dan ponton No.6. Untuk komponen-komponen selain 9 komponen diatas nilai keandalannya diasumsikan ( $R=1$ ), oleh karena itu analisis peningkatan keandalan sistem pada dok V Surabaya hanya difokuskan pada 9 komponen diatas.

Penyusunan *reliability block diagram* pada masing-masing dok apung (*floating dock*) digunakan untuk mengetahui nilai keandalan pada sistem dok apung. Dapat dilihat diatas, bahwa *crane* selatan dan *crane* utara disusun secara parallel, hal ini karena ketika salah satu *crane* rusak atau tidak bisa beroperasi, maka bisa digantikan dengan *floating crane* yang ada di DPS, sedangkan untuk pompa dan ponton dipasang seri karena jika salah satu sistem dari ponton tersebut rusak atau tidak bisa untuk *docking un-docking*, maka masih bisa diangkat oleh sistem disampingnya. Jika beberapa sistem yang gagal maka bisa menggunakan GS.pump dan pompa celup yang ada di DPS. Berdasarkan *reliability block diagram* diatas,

dapat diketahui bahwa terdapat 2 jenis susunan yaitu susunan parallel dan susunan seri.

Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam perhitungan

$$\text{Susunan seri} = R_s = R_1 R_2 \quad (4.1)$$

$$\text{Susunan parallel} = Q_p = Q_1 Q_2 \quad (4.2)$$

$$R_p = 1 - Q_p = 1 - Q_1 Q_2 \quad (4.3)$$

Berdasarkan rumus diatas, maka akan dapat diketahui nilai keandalan dari masing-masing sistem (dok apung) Surabaya. Nilai keandalan serta peningkatan nilai keandalan dapat dilihat pada bab selanjutnya.

## BAB V

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisa dan pembahasan terhadap pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Hasil dari analisa dan pembahasan akan dijadikan sebagai dasar pertimbangan penulis dalam mengambil kesimpulan di akhir penelitian dan memberi rekomendasi berupa saran untuk penelitian selanjutnya. Analisa dan pembahasan pada bab ini meliputi analisa kualitatif, analisa kuantitatif, pembahasan analisa kualitatif dan pembahasan analisa kuantitatif.

#### 5.1. Analisa Kualitatif

Analisa kualitatif pada metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) terdiri dari analisa pemilihan komponen MSI (*Maintenance Significant Item*), FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan analisa LTA (*Logic Tree Analysis*) yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Dibawah ini merupakan analisa kualitatif ketiga tahapan diatas.

##### a. Pemilihan komponen MSI (*Maintenance Significant Item*)

Dalam pemilihan komponen MSI terdapat tiga faktor yang memengaruhi yaitu faktor *safety*, *environment*, *availability*, dan *cost*. Dimana penilaian rangking tersebut diperoleh dari hasil kuisioner yang telah dilakukan di divisi sarfas dan divisi limbung. Dari hasil wawancara dengan 6 responden diperoleh rangking *safety* pada pompa 5 responden menyatakan rangking/tingkat 1, sedangkan 1 responden menyatakan rangking/tingkat 2. Sehingga, penilaian tingkat *safety* pada pompa yaitu rangking/tingkat 1. Dimana tingkat 1 tersebut adalah kerusakan yang terjadi pada pompa tidak menimbulkan kecelakaan. Kemudian dilakukan hal yang sama untuk penilaian tingkat/rangking *safety*, *enviromnet*, *availability* dan *cost* pada ponton, capstan, dan *crane*. Tabel 5.1 dibawah ini dapat dilihat hasil analisa MSI yang telah didapat.

**Tabel 5.1.** Analisa MSI (*Maintenance Significant Item*)

NO	NAMA KOMPONEN	SAFETY (S)	ENVIROMENT (E)	AVAILABILITY (A)	Cost (C)	KEKRITISAN
1	<i>Inner side wall</i>	2	1	1	1	1.3
2	<i>Outer side wall</i>	2	1	1	1	1.3

<b>NO</b>	<b>NAMA KOMPONEN</b>	<b>SAFETY (S)</b>	<b>ENVIROMENT (E)</b>	<b>AVAILABILITY (A)</b>	<b>Cost (C)</b>	<b>KEKRITISAN</b>
3	Ponton deck	2	1	2	2	1.85
4	<i>Horizontal wash bulkhead</i>	2	1	1	1	1.3
5	<i>Safety deck</i>	2	1	1	1	1.3
6	<i>Upper deck</i>	2	1	1	1	1.3
7	<i>Longitudinal watertight bulkhead</i>	2	1	1	1	1.3
8	<i>Longitudinal centerline wash bulkhead</i>	2	1	1	1	1.3
9	Panel induk	1	1	2	1	1.3
10	Ruang akomodasi	1	1	2	1	1.3
11	Penerangan	1	1	1	1	1
12	Panel klep in-out	1	1	1	1	1
13	Panel pembagi	1	1	1	1	1
14	<i>Longitudinal inclinometer</i>	1	1	1	1	1
15	<i>Transverse inclinometer</i>	1	1	1	1	1
16	<i>Capstan</i>	2	1	1	2	1.55
17	WC/ K. Mandi	1	1	1	1	1
18	<i>Crane</i>	2	1	1	2	1.55
19	Pipa pompa	1	1	2	1	1.3
20	Pipa LPG	1	2	1	1	1.15
21	Pipa PMK	1	1	1	1	1
22	Pompa	1	2	2	2	1.7

Dari analisa MSI (*Maintenance Significant Item*) diatas, dapat diketahui komponen komponen yang masuk kedalam komponen MSI, dan yang non MSI. Berdasarkan analisa diatas, dapat diketahui bahwa komponen MSI dari dok apung terdiri dari ponton, pompa, *crane* dan *capstan*.

b. Analisa FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Dalam melakukan analisa FMEA dan penilaian RPN (*Risk Priority Number*) dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut yaitu *severity*, *occurance*, dan juga *detection*. Dalam melakukan penilaian terhadap faktor-faktor diatas juga dilakukan dengan penyebaran kuisisioner yang dilakukan pada divisi sarfas dan divisi limbung. Dari 6 responden untuk penilaian skala *severity* pada *capstan*, 4 responden menyatakan peringkat 6, sedangkan 1 responden menyatakan peringkat 4, dan 1 responden menyatakan peringkat 5. Dimana peringkat 6 yaitu kegagalan yang terjadi pada sistem menyebabkan tidak berfungsinya sistem. Peringkat 5 yaitu kegagalan yang terjadi pada *capstan* akan menyebabkan kerugian (waktu), sedangkan peringkat 4 merupakan kegagalan yang terjadi pada *capstan* akan menyebabkan penurunan kinerja dari dok apung. Dari ketiga penilaian diatas, memang benar ketika terjadi kerusakan pasti akan meyebabkan kerugian-kerugian seperti diatas, akan tetapi disini responden lebih banyak menilai peringkat 6, sehingga nilai yang diambil untuk skala *severity* pada *capstan* yaitu skala atau peringkat 6. Kemudian dilakukan hal yang sama untuk penilaian pada pompa, ponton, dan juga *crane*. Dibawah ini merupakan hasil dari penilaian RPN berdasarkan hasil penyebaran kuisisioner di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

**Tabel 5.2.** Analisa FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

<b>Nama Komponen</b>	<b>Function</b>	<b>Function Failure</b>	<b>Failure Cause</b>	<b>Failure Effect</b>	<b>Rekomendasi Kegiatan</b>	<b>Severity (S)</b>	<b>Occurance (O)</b>	<b>Detection (D)</b>	<b>RPN</b>
Ponton	Sebagai tempat keluar masuknya air sesuai dengan aktivitas yang dilakukan ( <i>docking/ un-docking</i> )	Tidak dapat secara maksimal memasukkan dan mengeluarkan air sesuai aktivitasnya	Pelat korosi dan keropos	Pelat tipis dan terjadi kebocoran pada ponton	Dilakukan <i>replating</i> atau penggantian ponton baru	4	6	5	120
Pompa	Untuk mensirkulasikan fluida (air) dari inlet valve ke katup pembagi	Tidak dapat menyalurkan air dengan maksimal	Kerusakan pada impeller, kerusakan pada katup pembagi, dan as kocak	As pompa macet, getaran berlebih dan timbul bising, pompa tidak beroperasi dengan maksimal	Selalu memonitor keadaan as dan kelurusan, memonitor katup-katup pompa, memeriksa apakah ada benda asing yang menghambat bagian pompa	6	8	7	336
Capstan	Untuk menarik kapal saat kapal masuk ke dok apung	Tidak dapat digunakan untuk menarik kapal ke dok	Panel capstan rusak, <i>control emergency</i> rusak	Panel tidak dapat digunakan, capstan tidak dapat beroperasi dengan maksimal	Melakukan perbaikan pada capstan, memonitor keadaan capstan	6	5	7	210
Crane utara	Untuk memindahkan <i>keel block</i> ketempat yang telah ditentukan, serta membantu mengangkut material-material yang dibutuhkan saat proses reparasi kapal	Tidak dapat berfungsi dengan baik, berhenti beroperasi, terjadi kerusakan pada komponen-komponennya	Kabel crane rusak, rantai crane rusak, motor crane rusak, gigi gear box rusak	Terjadi kerusakan pada komponen-komponen crane, crane berhenti beroperasi	Dilakukan perbaikan pada crane, tidak memaksa crane bekerja dibatas kapasitas crane	4	8	5	160

Berdasarkan pada analisa FMEA diatas, dapat dilihat bahwa, nilai RPN tertinggi yaitu pada pompa dengan nilai RPN sebesar 336.

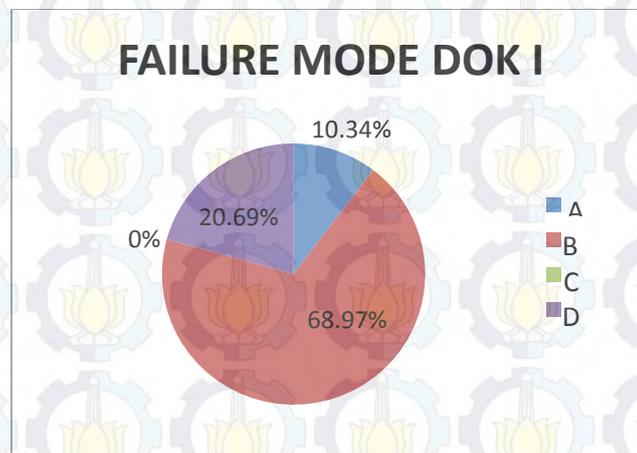
### 5.1.1. Analisa Kualitatif Dok I

Dok apung (*floating dock*) I PT.Dok dan Perkapalan Surabaya merupakan salah satu dok apung yang kritis diantara yang lainnya berdasarkan informasi dari manager limbung. Komponen-komponen dok apung I yang paling sering terjadi kerusakan yaitu *crane*, ponton, dan pompa.

Berdasarkan pada analisa MSI (*Maintenance Significant Item*) terdapat 9 komponen pada dok I yang termasuk kedalam komponen MSI, komponen-komponen tersebut yaitu *crane* selatan, *crane* utara, pompa no.1, pompa no.4, pompa no.6, ponton no.3, ponton no.4, ponton no.5, dan *capstan*. Komponen-komponen tersebut kemudian dilakukan analisa FMEA dan analisa LTA dibawah ini merupakan hasil dari analisa FMEA pada Dok I

- Untuk komponen *crane* selatan, memiliki nilai RPN 140. Sedangkan *crane* utara, memiliki nilai RPN 160. Nilai RPN (*Risk Priority Number*) tersebut diperoleh dari nilai *severity* yang menyatakan tingkat keparahan, nilai *occurance* yang menyatakan tingkat kejadian, dan nilai *detection* yang menyatakan tingkat deteksi. Nilai RPN *crane* selatan lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai RPN *crane* utara, hal ini karena crane utara periode kerusakannya lebih sering dibandingkan dengan crane selatan. Mode kerusakan yang sering terjadi pada *crane* yaitu kerusakan pada kabel *crane*, gigi *gear box*, rantai *crane*, motor *crane* dsb.
- Untuk komponen pompa no.1, memiliki RPN sebesar 288. Pompa No. 4 nilai RPN sebesar 336, pompa No.6 nilai RPN sebesar 288, dan nilai RPN pompa No.7 yaitu 288. Dari nilai RPN tersebut, dapat diketahui dari dok I, pompa yang paling sering terjadi kerusakan yaitu pada pompa No. 4. Jenis-jenis kerusakan yang terjadi pada pompa-pompa dok apung yaitu as kocak dan ketidak lurusan as, kerusakan pada katup pembagi, kerusakan pada impeller dsb.
- Untuk komponen ponton no.3, memiliki nilai RPN sebesar 120, ponton No.4 memiliki nilai RPN 100, dan nilai RPN ponton No.5 sebesar 120. Dari penilaian RPN tersebut dapat dilihat bahwa kondisi ponton-pontin dok I, sama kritisnya. Jadi ketika dilakukan pemeriksaan pada ponton 1, juga harus dilakukan pemeriksaan ada ponton lainnya. Jenis kerusakan yang terjadi pada ponton yaitu pelat korosi, dan keropos sehingga menyebabkan kebocoran pada ponton tersebut.
- Untuk komponen *capstan*, memiliki RPN sebesar 210. Jenis-jenis kerusakan yang sering terjadi pada *capstan* yaitu kerusakan pada *control emergency*, kerusakan pada *capstan* dsb.

Mode kegagalan diatas, digunakan sebagai input untuk analisa LTA (*Logic Tree Analysis*). Dalam analisa LTA terdapat empat kategori, yaitu kategori A,B,C, dan D seperti yang telah dijelaskan pada bab tinjauan pustaka. Gambar 5.1 dibawah ini dapat dilihat hasil pengolahan analisa LTA komponen Dok I.



**Gambar 5.1.** *Failure Mode* Dok I

Berdasarkan pada Gambar 5.1 diatas, dapat dilihat bahwa komponen Dok I mempunyai konsekuensi terhadap personel maupun lingkungan (kategori A) sebesar 10.34%, yang mempunyai konsekuensi terhadap operasional *plant* (memengaruhi kualitas maupun kuantitas output) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan (kategori B) sebesar 68.97%, yang tidak berdampak pada *safety* maupun operasional *plant* dan hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil untuk perbaikan (kategori C) sebesar 0%, dan yang tergolong sebagai *hidden failure* sebesar 20.69%.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sebagian besar komponen Dok I kegagalan atau rusaknya memengaruhi kualitas atau kuantitas *output*, hal ini sesuai dengan pernyataan dari manager limbung bahwa Dok I DPS ketika digunakan untuk beroperasi (*docking-un docking*) membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu 3-4 jam, yang biasa hanya membutuhkan waktu 2 jam.

### 5.1.2. Analisa Kualitatif Dok II

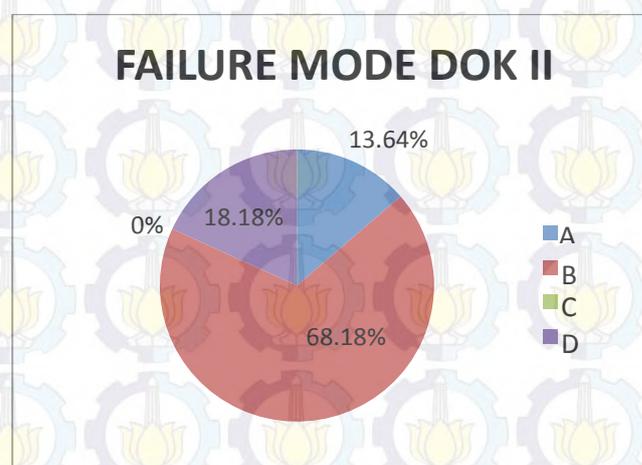
Dok apung II (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya merupakan salah satu dok apung yang sedang (tidak kritis) diantara yang lainnya berdasarkan informasi dari manager limbung. Komponen-komponen dok apung II yang paling sering terjadi kerusakan yaitu crane, ponton, dan pompa.

Berdasarkan pada analisa komponen MSI (*Maintenance Significant Item*) terdapat 7 komponen pada dok II yang termasuk kedalam komponen MSI. Komponen-komponen tersebut diantaranya yaitu, *crane* selatan, *crane* utara, pompa no.1, pompa no.4, pompa no.6,

ponton no.2, dan ponton no.5. Dari ketujuh komponen tersebut kemudian dilakukan analisa FMEA dan analisa LTA, dibawah ini merupakan hasil dari analisa FMEA yang telah dilakukan pada bab 4.

- Untuk komponen *crane* selatan, memiliki nilai RPN sebesar 140, *crane* utara memiliki nilai RPN 140. Nilai RPN (*Risk Priority Number*) tersebut diperoleh dari nilai *severity* yang menyatakan tingkat keparahan, nilai *occurance* yang menyatakan tingkat kejadian, dan nilai *detection* yang menyatakan tingkat deteksi. Nilai RPN pada *crane* selatan dan *crane* utara sama, hal ini berarti kondisi pada *crane* selatan dan *crane* utara dok II sama. Jadi ketika dilakukan pengecekan pada *crane* selatan, juga harus dilakukan pengecekan pada *crane* utara. Beberapa jenis kerusakan yang sering terjadi pada crane yaitu kerusakan pada kabel *crane*, gigi *gear box*, motor *crane*, dynamo *crane*, dan kompas *crane*.
- Untuk komponen pompa No.1, pompa No.4, dan pompa No.6 memiliki nilai RPN sebesar 288. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pompa 1,4 dan 6 pada kondisi yang sama. Kesamaan kondisi ini terjadi karena telah dilakukan perbaikan pada waktu yang sama. Jenis kerusakan yang terjadi pada pompa diantaranya yaitu as kocak sehingga menimbulkan bunyi yang sangat keras, ketidak lurusan as pompa, kerusakan pada katup pembagi, kerusakan pada impeller, dsb.
- Untuk komponen ponton No.2, dan ponton No.5 memiliki RPN sebesar 120. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada ponton yaitu terjadi korosi pada ponton sehingga menyebabkan keropos dan terjadi kebocoran pada ponton-ponton dok apung.

Mode kegagalan diatas, digunakan sebagai input untuk analisa LTA (*Logic Tree Analysis*). Dalam analisa LTA terdapat empat kategori, yaitu kategori A,B,C, dan D seperti yang telah dijelaskan pada bab tinjauan pustaka. Pada Gambar 5.2 dibawah ini dapat dilihat hasil pengolahan analisa LTA komponen Dok II.



**Gambar 5.2.** *Failure Mode* Dok II

Berdasarkan Gambar 5.2 diatas, dapat dilihat bahwa komponen Dok II mempunyai konsekuensi terhadap personel maupun lingkungan (kategori A) sebesar 13.64%, yang mempunyai konsekuensi terhadap operasional *plant* (memengaruhi kualitas maupun kuantitas output) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan (kategori B) sebesar 68.19%, yang tidak berdampak pada *safety* maupun operasional *plant* dan hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil untuk perbaikan (kategori C) sebesar 0%, dan yang tergolong sebagai *hidden failure* sebesar 18.18%.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sebagian besar komponen Dok II kegagalan atau rusaknya memengaruhi kualitas atau kuantitas *output*, hal ini sesuai dengan pernyataan dari manager limbung bahwa Dok II DPS ketika digunakan untuk beroperasi (*docking-un docking*) membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu 3-4 jam yang biasanya hanya membutuhkan waktu 2 jam. Perubahan lama waktu proses *docking un-docking* disebabkan oleh kerusakan pada komponen-komponen dok apung.

### 5.1.3. Analisa Kualitatif Dok IV

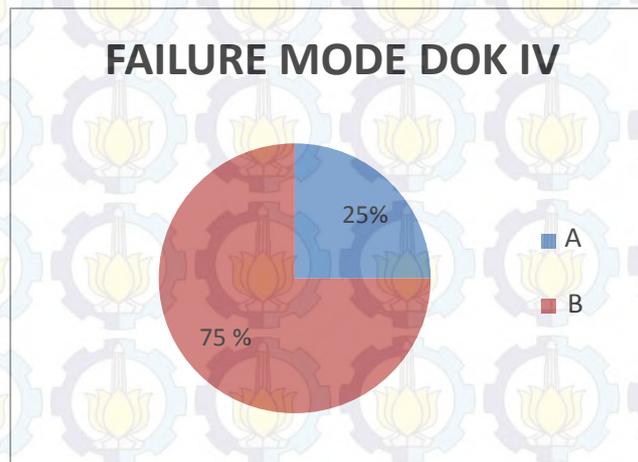
Dok apung IV (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya merupakan salah satu dok apung yang telah dilakukan *maintenance* secara keseluruhan pada tahun 2005 dan mulai beroperasi kembali pada tahun 2008. Jadi, komponen yang sering rusak pada dok I tidak sebanyak pada dok lainnya. Dimana komponen yang sering rusak pada dok IV yaitu crane.

Berdasarkan pada analisa MSI, terdapat tiga komponen dok IV yang termasuk kedalam komponen MSI, komponen-komponen tersebut diantaranya yaitu crane selatan, crane utara, dan pompa no.1. Ketiga komponen tersebut kemudian dilakukan analisa FMEA, dibawah ini merupakan analisa FMEA pada Dok IV.

- Untuk komponen *crane* selatan, memiliki nilai RPN sebesar 168, sedangkan *crane* utara memiliki nilai RPN sebesar 192. Nilai RPN (*Risk Priority Number*) tersebut diperoleh dari nilai *severity* yang menyatakan tingkat keparahan, nilai *occurance* yang menyatakan tingkat kejadian, dan nilai *detection* yang menyatakan tingkat deteksi. Dari nilai RPN diatas, dapat dilihat bahwa kondisi crane utara lebih kritis dibandingkan dengan *crane* selatan. Hal ini sama dengan yang dikatakan oleh manager limbung, bahwa *crane-crane* pada dok apung merupakan peninggalan belanda yang umurnya sudah tua, dan banyak komponen yang rusak. Jenis-jenis kerusakan yang terjadi pada *crane* diantaranya yaitu kerusakan pada kabel *crane*, gigi *gear box*, motor *crane*, dynamo *crane*, dan kompas *crane*.

- Untuk komponen pompa no.1, memiliki nilai RPN sebesar 288. Jenis-jenis kerusakan yang sering terjadi pada pompa yaitu as kocak, ketidaklurusan as, kerusakan katup pembagi, kerusakan impeller, dsb.

Mode kegagalan diatas, digunakan sebagai input untuk analisa LTA (*Logic Tree Analysis*). Dalam analisa LTA terdapat empat kategori, yaitu kategori A,B,C, dan D seperti yang telah dijelaskan pada bab tinjauan pustaka. Pada Gambar 5.3 dibawah ini dapat dilihat hasil pengolahan analisa LTA komponen Dok IV.



**Gambar 5.3.** *Failure Mode* Dok IV

Berdasarkan pada Gambar 5.3 diatas, dapat dilihat bahwa komponen Dok IV yang mempunyai konsekuensi terhadap personel maupun lingkungan (kategori A) sebesar 25%, yang mempunyai konsekuensi terhadap operasional *plant* (memengaruhi kualitas maupun kuantitas *output*) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan (kategori B) sebesar 75%.

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa sebagian besar komponen Dok IV kegagalan atau kerusakannya memengaruhi kualitas atau kuantitas *output*, hal ini sesuai dengan pernyataan dari manager limbung bahwa Dok IV DPS ketika digunakan untuk beroperasi (*docking-un docking*) membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu 3-4 jam, yang biasanya hanya membutuhkan waktu 2 jam untuk proses *docking un-docking*.

#### 5.1.4. Analisa Kualitatif Dok V

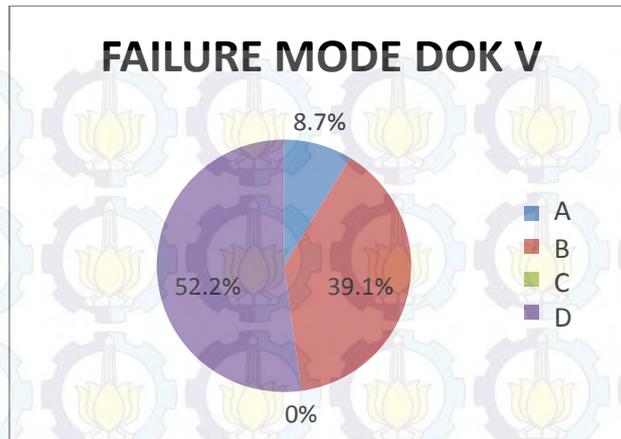
Dok apung V (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya merupakan salah satu dok apung yang sedang (tidak kritis) diantara yang lainnya berdasarkan informasi dari manager limbung. Komponen-komponen dok apung V yang paling sering terjadi kerusakan yaitu ponton.

Berdasarkan pada analisa MSI (*Maintenance Significant Item*) terdapat 9 komponen yang termasuk dalam komponen MSI. Komponen-komponen tersebut yaitu crane selatan,

crane utara, pompa No.5, ponton No.1, ponton No.2, ponton No.3, ponton No.4, ponton No.5, dan ponton No.6. Komponen-komponen tersebut kemudian dilakukan analisa FMEA, dibawah ini merupakan hasil analisa FMEA pada dok V.

- Untuk komponen *crane* selatan, dan *crane* utara memiliki nilai RPN sebesar 140. Nilai RPN (*Risk Priority Number*) tersebut diperoleh dari nilai *severity* yang menyatakan tingkat keparahan, nilai *occurance* yang menyatakan tingkat kejadian, dan nilai *detection* yang menyatakan tingkat deteksi. Nilai RPN pada *crane* selatan dan *crane* utara sama, hal ini berarti kondisi pada *crane* selatan dan *crane* utara dok II sama. Jadi ketika dilakukan pengecekan pada *crane* selatan, juga harus dilakukan pengecekan pada *crane* utara. Beberapa jenis kerusakan yang sering terjadi pada *crane* yaitu kerusakan pada kabel *crane*, gigi *gear box*, motor *crane*, dynamo *crane*, dan kompas *crane*.
- Untuk komponen pompa No.5, nilai RPN sebesar 288. Nilai RPN (*Risk Priority Number*) tersebut diperoleh dari nilai *severity* yang menyatakan tingkat keparahan, nilai *occurance* yang menyatakan tingkat kejadian, dan nilai *detection* yang menyatakan tingkat deteksi. Jenis-jenis kerusakan yang sering terjadi pada pompa yaitu as kocak, ketidaklurusan pada as, kerusakan pada katup pembagi, dan kerusakan pada impeller.
- Untuk komponen ponton No.1, ponton No.3, ponton No.4, ponton No.6 memiliki nilai RPN sebesar 140, ponton No.2 memiliki nilai RPN 144, dan ponton No. 5 memiliki nilai RPN 120. Berdasarkan pada nilai RPN diatas, terjadi perbedaan nilai RPN yang disebabkan oleh perbedaan waktu terakhir perbaikan. Jenis-jenis kerusakan yang terjadi pada ponton yaitu pelat tipis dan keropos sehingga akan terjadi kebocoran pada ponton-ponton dok apung.

Mode kegagalan diatas, digunakan sebagai input untuk analisa LTA (*Logic Tree Analysis*). Dalam analisa LTA terdapat empat kategori, yaitu kategori A,B,C, dan D seperti yang telah dijelaskan pada bab tinjauan pustaka. Pada Gambar 5.4 dibawah ini dapat dilihat hasil pengolahan analisa LTA komponen Dok IV.



**Gambar 5.4.** *Failure Mode Dok V*

Berdasarkan pada Gambar 5.4 diatas, dapat dilihat bahwa komponen Dok V yang mempunyai konsekuensi terhadap personel maupun lingkungan (kategori A) sebesar 8.7%, yang mempunyai konsekuensi terhadap operasional *plant* (memengaruhi kualitas maupun kuantitas output) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan (kategori B) sebesar 39.1%, yang tidak berdampak pada *safety* maupun operasional *plant* dan hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil untuk perbaikan (kategori C) sebesar 0%, dan yang tergolong sebagai *hidden failure* sebesar 52.2%.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sebagian besar komponen Dok V kegagalan atau rusaknya tersembunyi (*hidden failure*). Hal ini sesuai dengan pernyataan dari manager limbung, bahwa Dok V ponton-pontonnya sering terjadi kerusakan. Kerusakan pada ponton-ponton dok apung (*floating dock*) tidak dapat diketahui secara langsung. Pihak DPS biasanya melakukan penyelaman untuk mengetahui kebocoran pada ponton-ponton dok apung. Beberapa tanda yang biasanya dirasakan pada saat dilakukan *docking un-docking* jika membutuhkan waktu yang lama, maka kemungkinan besar terjadi kerusakan pada pontonnya, setelah itu baru dilakukan penyelaman untuk mengetahui kebocoran dok apung

## 5.2. Analisa Kuantitatif

Setelah dilakukan analisa kualitatif, juga dilakukan analisa kuantitatif untuk mengetahui interval perawatan, dan peningkatan keandalan setelah dilakukan tindakan *maintenance*. Dibawah ini merupakan analisa kuantitatif yang dilakukan di dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

### 5.2.1. Analisa Kuantitatif Dok I

Dari bab sebelumnya pada pengolahan data TTF (*Time to Failure*) dilakukan perhitungan nilai MTTF (*Mean Time to Failure*), untuk mengetahui waktu rata-rata kegagalan

komponen-komponen dok apung (*floating dock*). Pada bab 4 dijelaskan bahwa sistem perawatan dok apung DPS, yaitu *maintenance* yang dilakukan setiap 3 bulan sekali, dan perawatan *corrective maintenance*, dimana *corrective maintenance* dilakukan saat komponen terjadi kerusakan.

Pada analisa kuantitatif ini, akan dilakukan perhitungan nilai keandalan pada waktu MTTF (*corrective maintenance*), dan keandalan setelah dilakukan perbaikan

#### 1. Crane selatan

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \text{Exp} \left\{ - \left( \frac{55.62 - 3.195}{56.262} \right)^{1.248} \right\}$$

$$= 0.4003$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \text{Exp} \left\{ - \left( \frac{90 - 3.195}{56.262} \right)^{1.248} \right\}$$

$$= 0.1794$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* ketika *corrective maintenance* nilai keandalannya 0.4003, sedangkan ketika dilakukan perbaikan dengan interval 3 bulan nilai keandalannya 0.1794, jadi dapat dikatakan bahwa komponen sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen crane selatan akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

#### 2. Crane utara

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{63.57 - 5.325}{61.313} \right)^{1.157} \right\}$$

$$= 0.3897$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - 5.325}{61.313} \right)^{1.157} \right\}$$

$$= 0.2339$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen crane utara akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

### 3. Pompa No.1

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{169.45 - (-25.910)}{214.578} \right)^{1.410} \right\}$$

$$= 0.4164$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (-25.910)}{214.578} \right)^{1.410} \right\}$$

$$= 0.6573$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen pompa No.1 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

### 4. Pompa No.4

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{174.3 - 27.100}{106.248} \right)^{0.642} \right\}$$

$$= 0.2915$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - 27.100}{106.248} \right)^{0.642} \right\}$$

$$= 0.4896$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung

yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen pompa No.4 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

#### 5. Pompa No.6

Ketika terjadi kerusakan

$$\begin{aligned} R(t) &= e^{-0.007(142.86-28.428)} \\ &= 0.448 \end{aligned}$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$\begin{aligned} R(t) &= e^{-0.007(90-28.428)} \\ &= 0.6499 \end{aligned}$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui nilai keandalan komponen saat terjadi kerusakan (MTTF) sebesar 0.448, sedangkan nilai keandalan setelah dilakukan perbaikan dengan interval 3 bulan sekali sebesar 0.6499. Nilai keandalan tersebut masih dbawah yang diharapkan oleh DPS, nilai yang diharapkan sebesar 0.8. Oleh karena itu, pompa No.6 akan dilakukan penjadwalan ulang seperti yang diharapkan oleh PT.Dok dan Perkapalan Surabaya khususnya divisi limbung.

#### 6. Ponton No.3

Ketika terjadi kerusakan

$$\begin{aligned} R(t) &= e^{-0.011(90.91-2.705)} \\ &= 0.3790 \end{aligned}$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$\begin{aligned} R(t) &= e^{-0.011(90-2.705)} \\ &= 0.3828 \end{aligned}$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Nilai keandalan ketika perbaikan saat terjadi kerusakan (MTTF) dan dengan interval perbaikan setiap 3 bulan sekali, nilai keandalan komponen sangat kecil yaitu 0.3. Nilai keandalan ini sangat jauh dibandingkan dengan nilai keandalan yang diharapkan oleh DPS. Oleh karena itu, akan dilakukan penjadwalan ulang terhadap ponton No.3

## 7. Ponton No.4

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{40.3 - (-2.630)}{47.282} \right)^{1.436} \right\}$$
$$= 0.419$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (-2.630)}{47.282} \right)^{1.436} \right\}$$
$$= 0.072$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen ponton No.4 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

## 8. Ponton No.5

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{322.25 - 16.600}{160.060} \right)^{0.513} \right\}$$
$$= 0.2482$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - 16.600}{160.060} \right)^{0.513} \right\}$$
$$= 0.5115$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen ponton No.5 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

## 9. Capstan

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{109.85 - 19.420}{72.968} \right)^{0.7161} \right\}$$
$$= 0.3116$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - 19.420}{72.968} \right)^{0.7161} \right\}$$
$$= 0.3766$$

Dari komponen-komponen diatas diketahui bahwa tindakan *maintenance* PT.Dok dan Perkapalan dilakukan saat komponen sudah kritis, sehingga tindakan yang dilakukan kurang optimal. Keandalan yang diharapkan oleh DPS 0.8. Oleh karena itu dilakukan perhitungan interval *maintenance* yang sesuai dengan apa yang diharapkan oleh perusahaan.

### 5.2.2. Analisa Kuantitatif Dok II

Pada analisa kuantitatif ini akan dilakukan perhitungan nilai keandalan pada waktu MTTF (*corrective maintenance*), dan keandalan setelah dilakukan perbaikan

#### 1. Crane selatan

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = e^{-0.022(45.45-5.631)}$$
$$= 0.4164$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = e^{-0.022(90-5.631)}$$
$$= 0.1563$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu, komponen diatas akan dilakukan penjadwalan ulang dengan nilai keandalan seperti yang diharapkan oleh PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

## 2. Crane utara

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{72.06 - (-19.31)}{103.130} \right)^{2.044} \right\}$$
$$= 0.4581$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (-19.31)}{103.130} \right)^{2.044} \right\}$$
$$= 0.3242$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu, komponen diatas akan dilakukan penjadwalan ulang dengan nilai keandalan seperti yang diharapkan oleh PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

## 3. Pompa No.1

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{116 - (71.88)}{40.096} \right)^{0.835} \right\}$$
$$= 0.3385$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (71.88)}{40.096} \right)^{0.835} \right\}$$
$$= 0.5974$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen pompa No.1 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

#### 4. Pompa No.4

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = e^{-0.010(100-8.768)}$$
$$= 0.4016$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = e^{-0.010(90-8.768)}$$
$$= 0.4438$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen pompa No.4 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

#### 5. Pompa No.6

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{69.02 - (19.190)}{47.754} \right)^{0.914} \right\}$$
$$= 0.3536$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (19.190)}{47.754} \right)^{0.914} \right\}$$
$$= 0.2385$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen pompa No.6 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

## 6. Ponton No.2

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{180.02 - (20.835)}{89.228} \right)^{0.534} \right\}$$
$$= 0.2561$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (20.835)}{89.228} \right)^{0.534} \right\}$$
$$= 0.4178$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen ponton No.2 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

## 7. Ponton No.5

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = e^{-0.016(62.5-18.869)}$$
$$= 0.4975$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = e^{-0.016(90-18.869)}$$
$$= 0.3204$$

Dari komponen-komponen diatas diketahui bahwa tindakan *maintenance* PT.Dok dan Perkapalan dilakukan saat komponen sudah kritis, sehingga tindakan yang dilakukan kurang optimal. Permintaan keandalan yang diminta adalah 0.8. Oleh karena itu dilakukan perhitungan interval *maintenance* yang sesuai dengan apa yang diharapkan oleh PT.Dok dan Perkapalan Surabaya

### 5.2.3. Analisa Kuantitatif Dok IV

Pada analisa kuantitatif ini akan dilakukan perhitungan nilai keandalan pada waktu MTTF (*corrective maintenance*), dan keandalan saat telah dilakukan perbaikan

## 1. Crane selatan

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{56.83 - (-13.745)}{79.689} \right)^{2.165} \right\}$$
$$= 0.4636$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (-13.745)}{79.689} \right)^{2.165} \right\}$$
$$= 0.1703$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen crane selatan akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

## 2. Crane utara

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{76 - (-12.85)}{100.312} \right)^{2.267} \right\}$$
$$= 0.4679$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (-12.85)}{100.312} \right)^{2.267} \right\}$$
$$= 0.3471$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen crane utara akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

### 3. Pompa No.1

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{324.06 - 22.500}{212.147} \right)^{0.628} \right\}$$
$$= 0.2873$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - 22.500}{212.147} \right)^{0.628} \right\}$$
$$= 0.6144$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen pompa No.1 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

Dari komponen-komponen diatas diketahui bahwa tindakan *maintenance* PT.Dok dan Perkapalan dilakukan saat komponen sudah kritis, sehingga tindakan yang dilakukan kurang optimal. Permintaan keandalan yang diminta adalah 0.8. Oleh karena itu dilakukan perhitungan interval *maintenance* yang sesuai dengan apa yang diharapkan oleh perusahaan.

#### 5.2.4. Analisa Kuantitatif Dok V

Pada analisa kuantitatif ini akan dilakukan perhitungan nilai keandalan pada waktu MTTF (*corrective maintenance*), dan keandalan saat telah dilakukan perbaikan.

##### 1. Crane selatan

Ketika telah terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{85.86 - (-3.653)}{89.167} \right)^{0.991} \right\}$$
$$= 0.3665$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (-3.653)}{89.167} \right)^{0.991} \right\}$$
$$= 0.3500$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen crane selatan akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

## 2. Crane utara

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = e^{-0.019(52.63 - (-1.271))}$$
$$= 0.3591$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = e^{-0.019(90 - (-1.271))}$$
$$= 0.1766$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen crane utara akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

## 3. Pompa No.5

Ketika telah terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{151.45 - (-3.985)}{153.294} \right)^{0.969} \right\}$$
$$= 0.3629$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (-3.985)}{153.294} \right)^{0.969} \right\}$$

$$= 0.5366$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen pompa No.5 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

#### 4. Ponton No.1

Ketika telah terjadi kerusakan

$$R(t) = e^{-0.01(100 - (-7.225))}$$

$$= 0.3422$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = e^{-0.01(90 - (-7.225))}$$

$$= 0.3782$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen ponton No.1 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

#### 5. Ponton No.2

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90.84 - 2.140}{99.184} \right)^{3.100} \right\}$$

$$= 0.4930$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - 2.140}{99.184} \right)^{3.100} \right\}$$

$$= 0.5032$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen ponton No.2 akan dilakukan perubahan waktu perawatan

berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

6. Ponton No.3

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{126.19 - (-3.275)}{146.182} \right)^{2.208} \right\}$$
$$= 0.4654$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (-3.275)}{146.182} \right)^{2.208} \right\}$$
$$= 0.6902$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen ponton No.3 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

7. Ponton No.4

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{121.49 - (-34.933)}{176.628} \right)^{2.139} \right\}$$
$$= 0.4625$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (-34.933)}{176.628} \right)^{2.139} \right\}$$
$$= 0.6208$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen ponton No.4 akan dilakukan perubahan waktu perawatan

berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

8. Ponton No.5

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{103.5 - (-55.180)}{177.302} \right)^{3.148} \right\}$$
$$= 0.4940$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (-55.180)}{177.302} \right)^{3.148} \right\}$$
$$= 0.5868$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen ponton No.5 akan dilakukan perubahan waktu perawatan berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

9. Ponton No.6

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{86.57 - (3.423)}{71.253} \right)^{0.769} \right\}$$
$$= 0.3243$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \exp \left\{ - \left( \frac{90 - (3.423)}{71.253} \right)^{0.769} \right\}$$
$$= 0.3130$$

Dari nilai keandalan diatas diketahui bahwa komponen saat dilakukan *maintenance* sudah kritis. Sedangkan keandalan yang diminta oleh pihak DPS khususnya divisi limbung yaitu 0.8. Oleh karena itu komponen ponton No.6 akan dilakukan perubahan waktu perawatan

berdasarkan pada perhitungan interval *maintenance* menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

Dari komponen-komponen diatas diketahui bahwa tindakan *maintenance* PT.Dok dan Perkapalan dilakukan saat komponen sudah kritis, sehingga tindakan yang dilakukan kurang optimal. Permintaan keandalan yang diminta adalah 0.8. Oleh karena itu dilakukan perhitungan interval *maintenance* yang sesuai dengan apa yang diharapkan oleh perusahaan.

### **5.3. Pembahasan Hasil Analisa Kualitatif**

Berdasarkan nilai RPN dari komponen-komponen dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dapat diketahui jenis-jenis mode kegagalannya. Dimana nilai RPN tertinggi yaitu pompa, crane, ponton dan capstan.

Mode kegagalan yang sering terjadi pada pompa adalah as kocak. Berdasarkan keterangan yang didapat dari manager limbung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, mode kegagalan tersebut disebabkan oleh *adjusting* (penge-setan) as yang kurang baik (tidak lurus) dan as yang sudah aus, tindakan *preventive maintenance* yang disarankan untuk mode kegagalan ini yaitu selalu mengecek kondisi as pompa terutama *adjustingnya*. Selain mode kegagalan as kocak, mode kegagalan yang terjadi pada komponen ini yaitu kerusakan pada katup pembagi, yang disebabkan oleh katup yang sudah lama (umur komponen) dan perlu dilakukan penggantian. Tindakan *preventive maintenance* yang disarankan untuk mode kegagalan ini yaitu melakukan pengecekan terhadap katup-katup pipa pembagi. Mode kegagalan lainnya yaitu, mode kegagalan kerusakan pada impeller pompa, yang disebabkan oleh pemakaian pompa diatas daya maksimumnya, hal ini terpaksa dilakukan karena berdasarkan keterangan manager limbung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya air yang dihisap oleh pompa kebanyakan berlumpur, sehingga memaksa pompa untuk bekerja lebih keras karena ada kemungkinan lumpur tersebut menghambat bagian pompa yang berputar, hal ini dapat diantisipasi dengan menggunakan pompa tidak diatas dayanya.

Mode kegagalan yang sering terjadi pada *crane* yaitu kabel *crane* rusak, yang disebabkan ketika *crane* beroperasi kabel tidak terpasang dengan baik sehingga kabel akan putus ketika *crane* berjalan maju mundur. Tindakan *preventive maintenance* yang disarankan pada mode kegagalan ini yaitu selalu menata dengan rapi kabel *crane* nya. Selain mode kegagalan kabel *crane* rusak, mode kegagalan lainnya yaitu gigi *gear box* rusak, motor *crane* rusak, dynamo *crane* rusak, dan kompas *crane* rusak. Beberapa mode kegagalan tersebut, berdasarkan dari informasi manager limbung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, mode kegagalan tersebut disebabkan oleh umur *crane* yang sudah tua. Oleh karena itu bagian-bagian *crane* banyak yang rusak, selain itu juga karena perawatan yang kurang baik,

kesalahan saat perbaikan karena dilakukan oleh orang yang tidak mengerti perawatan *crane*, dan kesalahan pada saat operasional *crane*. Tindakan *preventive maintenance* yang disarankan untuk mode kegagalan ini yaitu melakukan pengecekan komponen-komponen crane sebelum digunakan dan tindakan *maintenance* serta pengoperasian *crane* dilakukan oleh orang profesional.

Mode kegagalan yang sering terjadi pada ponton yaitu, pelat keropos dan korosi, sehingga menyebabkan ponton tersebut tipis dan ketika tidak diketahui dengan cepat akan menyebabkan kebocoran pada ponton tersebut. Mode kegagalan tersebut terjadi karena umur ponton yang sudah tua, dan kerusakan pada ponton susah diketahui. Beberapa cara yang dilakukan pihak limbung untuk mengetahui kebocoran pada ponton yaitu dengan penyelaman. Tindakan *preventive maintenance* yang disarankan untuk mode kegagalan ini yaitu melakukan penyelaman secara berkala, dan mengganti ponton yang sudah benar-benar rusak (bocor).

Mode kegagalan yang sering terjadi pada capstan yaitu panel *capstan* rusak dan *control emergency* rusak. Penyebab mode kegagalan tersebut dikarenakan oleh umur *capstan* yang sudah tua (lama) sehingga bagian-bagian *capstan* sering rusak. Tindakan *maintenance* yang disarankan untuk mode kegagalan ini yaitu melakukan perawatan yang lebih intensif lagi.

#### **5.4. Pembahasan Hasil Analisa Kuantitatif**

Dalam pembahasan analisa kuantitatif, ada empat yaitu pembahasan hasil pemilihan distribusi keandalan dan laju kegagalan, hasil penentuan periode perbaikan, dan hasil keandalan sistem.

##### **5.4.1. Pembahasan Hasil Pemilihan Distribusi**

Dalam melakukan penentuan nilai MTTF dan MTTR, dengan menggunakan *software weibull* maka harus mengetahui jenis distribusi probabilitas yang mendekati komponen-komponen dok apung terlebih dahulu. Berdasarkan hasil *fitting* distribusi dengan menggunakan *software weibull*, komponen-komponen dok apung mendekati 2 distribusi yaitu distribusi eksponensial dan distribusi weibull. Tabel 5.3 dibawah ini merupakan persamaan dan perbedaan diantara kedua distribusi tersebut.

**Tabel 5.3.** Parameter Distribusi Weibul dan Eksponensial

Parameter	Keterangan
$\beta < 1$	Mengikuti distribusi eksponensial dengan laju kegagalan tetap
$\beta = 1$	Mengikuti distribusi eksponensial dengan laju kegagalan tetap
$0 < \beta < 1$	Mengikuti distribusi weibull dengan laju kegagalan berkurang seiring bertambahnya waktu
$\beta = 1$	Mengikuti distribusi weibul dengan laju kegagalan tetap
$\beta < 1$	Mengikuti distribusi weibul dengan laju kegagalan meningkat seiring bertambahnya waktu

Berdasarkan pada Tabel 5.3 diatas, dapat disimpulkan bahwa komponen dok apung yang mempunyai distribusi eksponensial laju keagalannya akan konstan, dan tidak terjadi perubahan. Sedangkan komponen yang mempunyai distribusi weibull, mempunyai tiga kemungkinan yaitu laju keagalannya akan naik seiring bertambahnya waktu, laju kegagalan konstan, dan laju kegagalan menurun seiring bertambahnya waktu. Beberapa komponen dari dok apung (*floating dock*) yang memiliki distribusi eksponensial yaitu pompa No.4, pompa No.6 dok I serta beberapa komponen lain. Secara teoritis, tindakan *maintenance* pada komponen-komponen yang memiliki distribusi eksponensial akan sama atau tidak memberikan pengaruh terhadap nilai keandalannya, dibawah ini akan dijelaskan dengan menggunakan persamaan rumus. Sedangkan untuk komponen-komponen yang memiliki distribusi weibul, seperti pada pompa No.1, *crane* utara, ponton No.5 dan beberapa komponen lain tindakan *maintenance* akan memberikan peningkatan keandalan.

Berdasarkan pada hasil distribusi pada masing-masing komponen dok apung, maka komponen-komponen dok apung tetap dilakukan *maintenance* dengan interval yang telah direncanakan berdasarkan pada nilai keandalannya. Hal ini karena, pada pompa No.4 Dok I mempunyai distribusi eksponensial, akan tetapi distribusi komponen pompa pada dok apung (*floating dock*) lain memiliki distribusi weibull. Perbedaan distribusi tersebut dipengaruhi oleh tingkat perawatan dan perbaikan, serta kemampuan teknisi dalam melakukan perbaikan maupun perawatan pada komponen-komponen tersebut.

#### **5.4.2. Pembahasan Hasil Analisa Keandalan dan Laju Kegagalan**

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, setelah jenis distribusi dan parameter tiap-tiap komponen didapatkan maka fungsi keandalan dan fungsi laju kegagalan setiap komponen dapat digambarkan dalam bentuk kurva setiap satuan waktu. Dari bentuk kurva keandalan dapat dilihat bahwa keandalan setiap komponen dok apung (*floating dock*)

PT.Dok dan Perkapalan Surabaya berbeda-beda. Dibawah ini merupakan komponen-komponen MSI dari dok apung (*floating dock*) kurva *reliability*, *failure rate*, serta nilai keandalan saat terjadi kerusakan (MTTF) dan ketika dilakukan perbaikan setiap 3 bulan sekali seperti pada Tabel dibawah ini.

**Tabel 5.4.** Nilai *Reliability* dan *Failure Rate*

NO	KOMPONEN	RELIABILITY	FAILURE RATE	NILAI RELIABILITY	
				PM	CM
1	Crane selatan dok I	Menurun	<i>Wear out</i>	0.1794	0.4003
2	Crane utara dok I	Menurun	<i>Wear out</i>	0.2339	0.3897
3	Pompa No.1 dok I	Menurun	<i>Wear out</i>	0.6573	0.4164
4	Pompa No.4 dok I	Menurun	<i>Wear out</i>	0.4896	0.2915
5	Pompa No.6 dok I	Menurun	<i>Constant</i>	0.6499	0.4489
6	Ponton No.3 Dok I	Menurun	<i>Constant</i>	0.3828	0.379
7	Ponton No.4 Dok I	Menurun	<i>Wear out</i>	0.072	0.419
8	Ponton No.5 Dok I	Menurun	<i>Wear out</i>	0.5115	0.2482
9	Capstan dok I	Menurun	<i>Wear out</i>	0.3766	0.3116
10	Crane utara dok II	Menurun	<i>Wear out</i>	0.4581	0.3242
11	Crane selatan dok II	Menurun	<i>Constant</i>	0.1563	0.4164
12	Pompa No.1 dok II	Menurun	<i>Wear out</i>	0.3385	0.5974
13	Pompa No.4 dok II	Menurun	<i>Constant</i>	0.4016	0.4438
14	Pompa No.6 dok II	Menurun	<i>Wear out</i>	0.2385	0.3536
15	Ponton No.2 Dok II	Menurun	<i>Wear out</i>	0.4178	0.2561
16	Ponton No.5 Dok II	Menurun	<i>Constant</i>	0.3204	0.4975
17	Crane utara dok IV	Menurun	<i>Wear out</i>	0.1703	0.4636
18	Crane selatan dok IV	Menurun	<i>Wear out</i>	0.3471	0.4679
19	Pompa No.1 dok IV	Menurun	<i>Wear out</i>	0.6144	0.2873
20	Ponton No.1 Dok V	Menurun	<i>Constant</i>	0.3782	0.3422
21	Ponton No.2 Dok V	Menurun	<i>Wear out</i>	0.5032	0.493
22	Ponton No.3 Dok V	Menurun	<i>Wear out</i>	0.6902	0.4654
23	Ponton No.4 Dok V	Menurun	<i>Wear out</i>	0.6208	0.4625
24	Ponton No.5 Dok V	Menurun	<i>Wear out</i>	0.5868	0.494
25	Ponton No.6 Dok V	Menurun	<i>Burn-in</i>	0.313	0.3243
26	Crane utara dok V	Menurun	<i>Constant</i>	0.1766	0.3591
27	Crane selatan dok V	Menurun	<i>Wear out</i>	0.35	0.3665
28	Pompa No.5 dok V	Menurun	<i>Wear out</i>	0.5366	0.3629

Berdasarkan pada Tabel 5.4 diatas, dapat dilihat bahwa *reliability* dari komponen-komponen MSI dok apung (*floating dock*) terjadi penurunan, hal ini terjadi karena komponen-komponen tersebut beroperasi terus-menerus.

Dari hasil kurva *failure rate* atau laju kegagalan, dapat dilihat bahwa komponen-komponen dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya mengikuti kurva bak

mandi seperti yang telah dijelaskan pada bab tinjauan pustaka. Dimana dalam kurva bak mandi (*bath-tub curve*) terbagi dalam tiga fase, yaitu fase *burn-in*, dimana fase ini laju kerusakan menurun seiring bertambahnya waktu, fase *constant*, dimana fase ini laju kerusakan tetap konstan seiring bertambahnya waktu, dan fase *wear out*, dimana fase ini laju kerusakan naik seiring bertambahnya waktu.

Berdasarkan pada perhitungan nilai keandalan dapat dilihat pada tabel 5.4 bahwa nilai keandalan ketika terjadi kerusakan (diambil dari MTTF) mempunyai nilai keandalan dibawah 80%, sedangkan nilai keandalan ketika dilakukan perbaikan yang dilakukan di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya setiap 3 bulan sekali mempunyai nilai keandalannya juga dibawah 80% sedangkan nilai keandalan yang diharapkan oleh divisi limbung agar dok apung dapat beroperasi dengan maksimal yaitu memiliki nilai keandalan 80%. Oleh karena itu komponen-komponen diatas akan dilakukan penjadwalan ulang sesuai dengan keandalan yang diharapkan oleh divisi limbung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

Laju kegagalan atau *failure rate* pada komponen-komponen dok apung berbeda-beda. Dimana, komponen yang memiliki laju kegagalan *wear out* maka tindakan perbaikan akan dapat meningkatkan nilai keandalan komponen tersebut. komponen-komponen yang memiliki laju kegagalan *constant*, dimana laju keagalannya *constant* seiring bertambahnya waktu, maka tindakan perbaikan tidak akan berpengaruh pada nilai keandalan komponen. Dibawah ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai tindakan perbaikan terhadap komponen-komponen diatas.

### **5.4.3. Pembahasan Penentuan Periode Perbaikan**

Berdasarkan hasil analisis keandalan secara kuantitatif, setelah mendapatkan distribusi dan parameter-parameter penentu fungsi keandalan tiap-tiap komponen maka periode *maintenance* berdasarkan pada RCM yang disarankan dapat ditentukan. Penentuan periode *maintenance* tersebut didasarkan pada pernyataan manager limbung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya yang menginginkan nilai keandalan komponen-komponen dok apung (*floating dock*) sebesar 0.8 atau 80%. Kondisi tersebut dapat dikalkulasi dengan memasukkan parameter-parameter distribusi komponen ke dalam suatu rumus yang telah dijelaskan pada bab tinjauan pustaka, sehingga didapatkan periode waktu yang disarankan.

Sebelum membahas pengaruh tindakan *maintenance* dengan periode waktu yang disarankan pada keandalan komponen, pembahasan lebih lanjut tentang komponen-komponen yang tidak dilakukan *maintenance*. Seperti yang telah diketahui pada bab tinjauan pustaka bahwa komponen-komponen yang memiliki laju kerusakan konstan tidak disarankan untuk

dilakukan *maintenance* karena tidak akan berpengaruh apa-apa terhadap nilai keandalan komponen. Pernyataan tersebut akan dibuktikan secara matematis seperti dibawah ini:

$$R_m(t) = R(T)^n R(t-nT)$$

Untuk *constant failure rate* model fungsi keandalan dinyatakan sebagai berikut.

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

Dengan mensubstitusi fungsi diatas kedalam persamaan diatasnya didapat.

$$\begin{aligned} R_m(t) &= (e^{-\lambda t})^n e^{-\lambda(t-nT)} \\ &= e^{-\lambda nT} e^{-\lambda t} e^{\lambda nT} \\ &= R(t) \end{aligned}$$

Berdasarkan pembuktian secara matematis diatas cukup jelas bahwa tindakan *maintenance* tidak berpengaruh pada keandalan komponen, oleh karena itu disarankan untuk tidak dilakukan karena hanya akan membuang tenaga, waktu dan biaya, tindakan *corrective maintenance* seperti pengecekan secara rutin lebih disarankan untuk komponen ini.

Komponen yang memiliki laju kegagalan *constant* yaitu pompa No.6 dok I, ponton No.3 dok I, *crane* selatan dok II, pompa No.4 dok II, ponton No.5 dok II, ponton No.1 dok V, dan *crane* utara dok V. Akan tetapi komponen yang sama seperti komponen-komponen tersebut pada dok yang berbeda mempunyai laju kegagalan *wear out* dan *burn-in*, oleh karena itu berdasarkan analisa tindakan *maintenance* tetap dilakukan pada komponen-komponen tersebut, meskipun memiliki laju kegagalan *constant*. Tindakan *corrective maintenance* akan digunakan ketika komponen-komponen tersebut hanya memiliki laju kegagalan *constant* dan tidak memiliki laju kegagalan yang lain pada dok yang berbeda.

Dalam menentukan apakah perlu dilakukan tindakan *maintenance* berdasarkan pada RCM atau tidak, didasarkan pada nilai keandalannya. Untuk mengetahui nilai keandalan yang selama ini diterapkan oleh DPS, dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.18. Keandalan saat tindakan *maintenance* dan dijalankan setiap 3 bulan sekali dan saat tindakan *corrective maintenance* yang berdasarkan pada nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) dilakukan perhitungan pada persamaan 2.18 tersebut. Dari hasil perhitungan, diketahui nilai keandalan masih dibawah 0.8 saat dilakukan tindakan *maintenance*. Dari hasil tersebut, maka langkah yang terbaik yaitu melakukan penjadwalan ulang sesuai dengan nilai keandalan yang diharapkan oleh PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

Untuk menghitung interval tindakan *maintenance*, dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.1. Dari perhitungan tersebut dapat diketahui interval masing-masing komponen

dengan keandalan 0.8 seperti yang diharapkan DPS. Dimana, interval *maintenance* tersebut berbeda-beda antar komponen. Akan tetapi, penjadwalan yang disarankan nanti berdasarkan pada rata-rata waktu (hari) yang telah didapatkan pada hasil perhitungan.

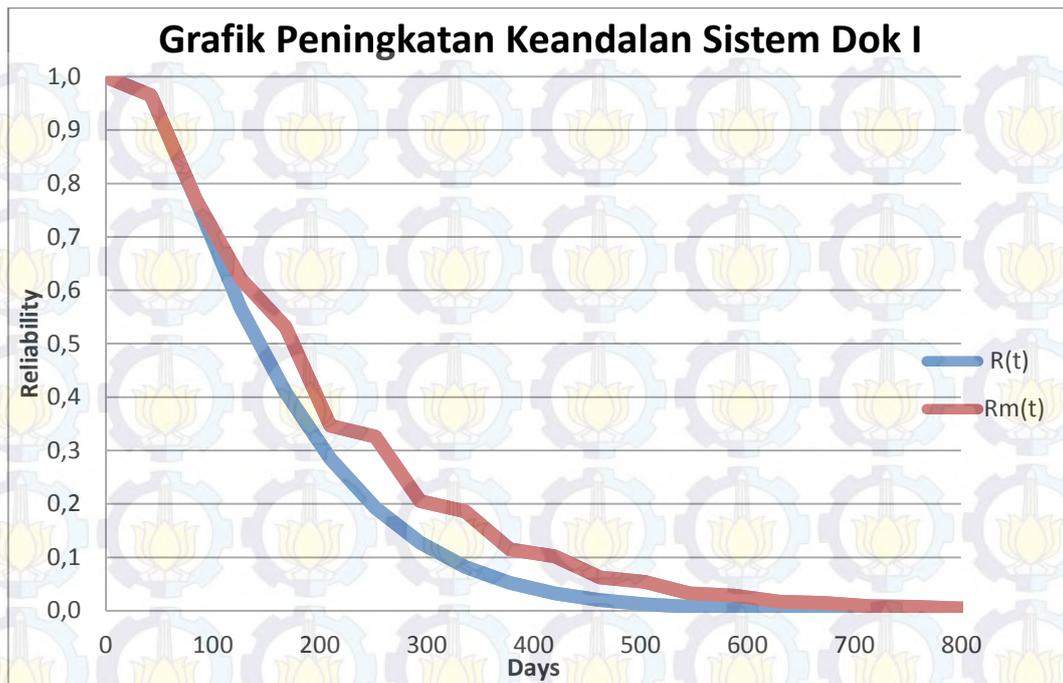
Tindakan *maintenance* berdasarkan pada RCM (*Reliability Centered Maintenance*) yang disarankan yaitu perbaikan atau *maintenance* pada crane dan ponton setiap 1 bulan sekali, pada pompa dan capstan setiap 2 bulan sekali, sedangkan tindakan perbaikan dilakukan oleh teknisi dan *maintener* yang mengerti dengan baik cara memperbaikinya, melakukan pengecekan secara visual terhadap peralatan-peralatan kritis, melakukan pemeriksaan dan pengencangan pada baut-baut yang longgar, membersihkan korosi dan debu pada peralatan-peralatan yang mudah terkena korosi.

#### 5.4.4. Pembahasan Keandalan Sistem

Setelah melakukan perhitungan nilai keandalan per komponen dok apung, kemudian melakukan penjadwalan sesuai dengan tingkat keandalannya dan langkah terakhir melakukan perhitungan nilai keandalan sistem. Dibawah ini merupakan perhitungan keandalan sistem dari dok apung.

##### a. Keandalan sistem dok I

Langkah awal dalam melakukan perhitungan nilai keandalan sistem yaitu melakukan penyusunan *RBD* (*Reliability Block Diagram*). Pada bab sebelumnya telah dijelaskan mengenai penyusunan *Reliability Block Diagram* (*RBD*). Nilai keandalan sistem dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 4.1 dan 4.3 tergantung dari jenis susunan pada komponen-komponen dok apung. Dibawah ini merupakan grafik peningkatan keandalan pada dok I, setelah dilakukan tindakan *maintenance* berdasarkan pada RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

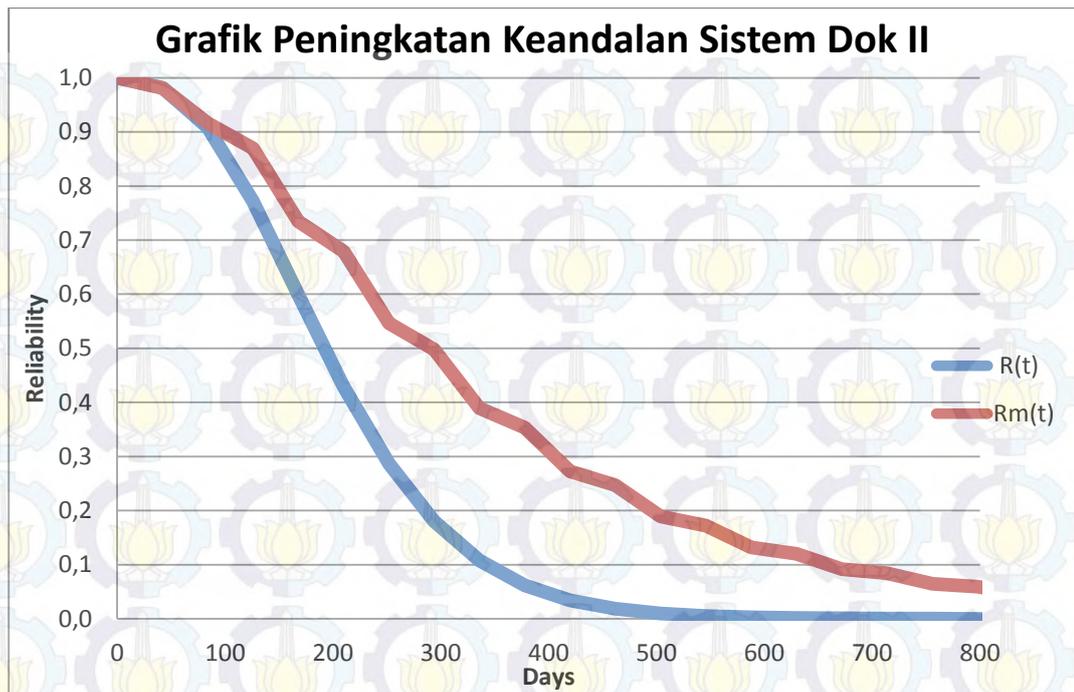


**Gambar 5.5.** Peningkatan Keandalan Dok I

Berdasarkan pada Gambar 5.5 diatas, dapat dilihat bahwa tindakan *maintenance* berdasarkan pada RCM (*Reliability Centered Maintenance*) dapat meningkatkan nilai keandalannya. Tindakan *maintenance* ini hanya dapat meningkatkan keandalan, bukan termasuk memperpanjang usia pakai. Diharapkan dengan meningkatnya keandalan dari sistem maka waktu untuk *docking un-docking* akan semakin cepat, dan tindakan *maintenance* yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan secara terjadwal diharapkan agar sistem tidak terjadi kerusakan saat digunakan dan tidak melakukan perbaikan saat dok apung digunakan.

b. Keandalan sistem dok II

Seperti yang telah dijelaskan diatas, langkah awal dalam menghitung keandalan sistem yaitu menyusun RBD terlebih dahulu. Langkah selanjutnya menghitung nilai keandalan sistem dok apung seperti pada persamaan 4.1 dan 4.3 sesuai dengan susunan dari sistem dok apung. Dibawah ini merupakan hasil grafik peningkatan keandalan sistem dok II sebelum dan sesudah dilakukan *maintenance* berdasarkan pada RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

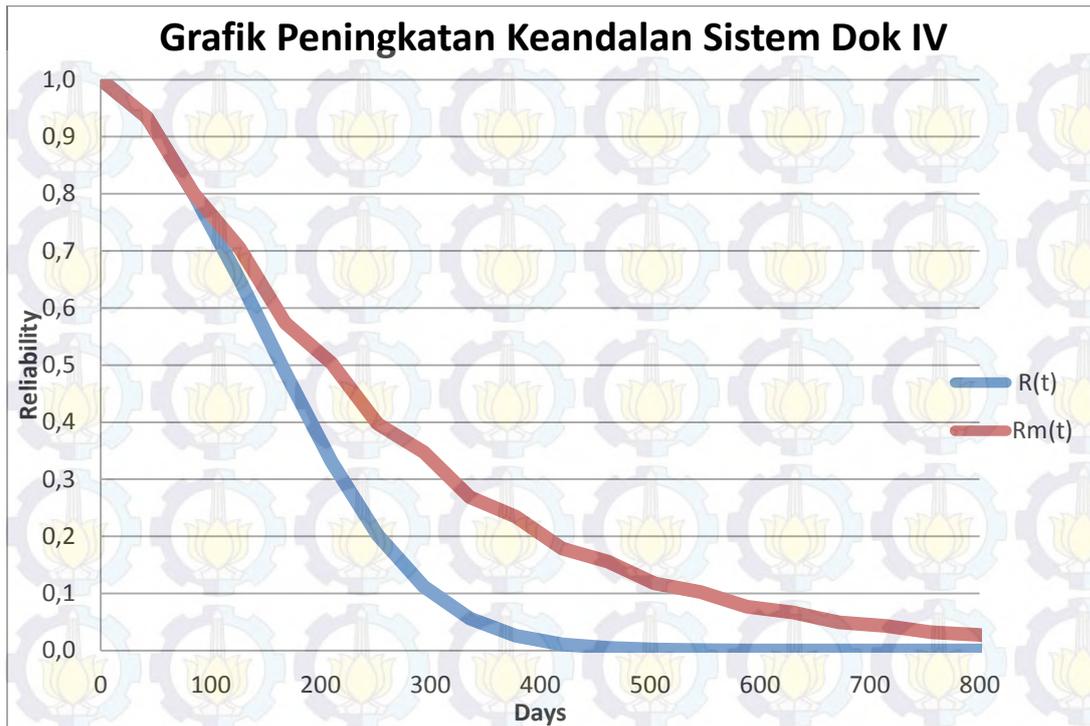


**Gambar 5.6.** Peningkatan Keandalan Dok II

Berdasarkan pada Gambar 5.6 diatas, dapat dilihat terjadi peningkatan keandalan setelah dilakukan *maintenance* berdasarkan pada RCM (*Reliability Centered Maintenance*) dengan interval yang telah dijadwalkan. Peningkatan nilai keandalan pada sistem dok II lebih signifikan dibandingkan dengan peningkatan keandalan pada dok II. Disini perbaikan berfungsi agar tetap menjaga komponen atau sistem dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Tindakan *maintenance* juga dilakukan sebelum terjadi kerusakan, sehingga tidak mengganggu proses kegiatan *docking un-docking*.

c. Keandalan sistem Dok IV

Langkah awal dalam melakukan perhitungan nilai keandalan sistem yaitu melakukan penyusunan *RBD* (*Reliability Block Diagram*). Pada bab sebelumnya telah dijelaskan mengenai penyusunan *Reliability Block Diagram* (*RBD*). Nilai keandalan sistem dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 4.1 dan 4.3 tergantung dari jenis susunan pada komponen-komponen dok apung. Dibawah ini merupakan grafik peningkatan keandalan pada dok I, setelah dilakukan tindakan *maintenance* berdasarkan pada RCM (*reliability centered maintenance*)

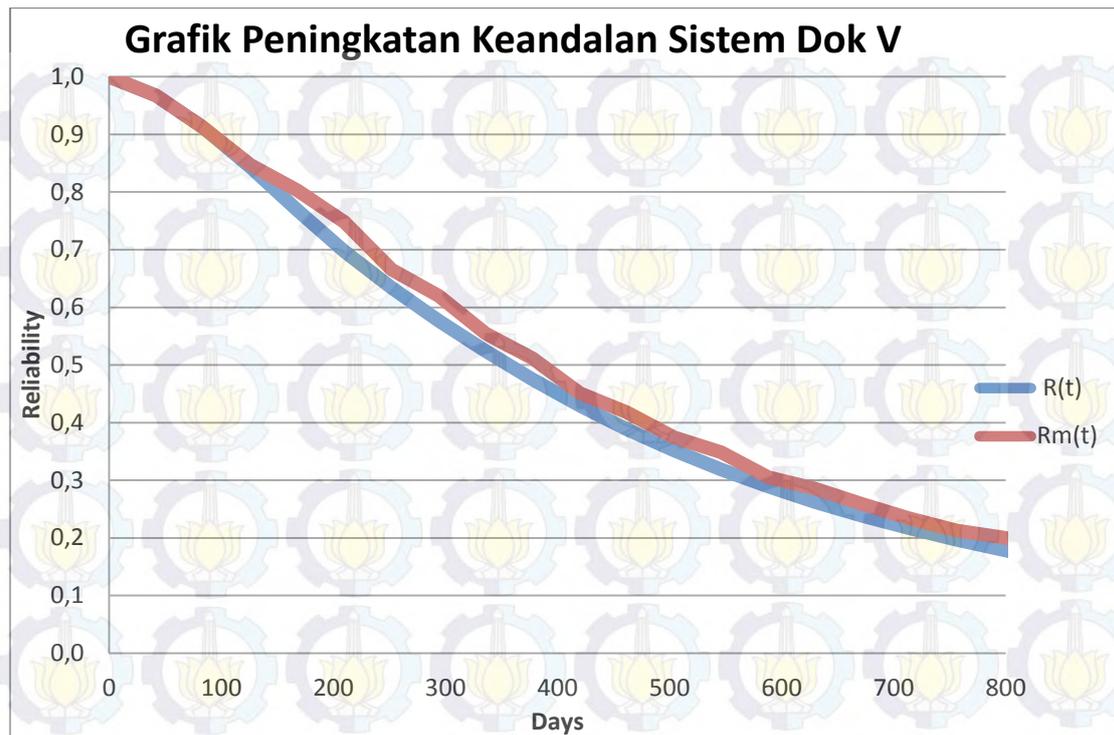


**Gambar 5.7.** Peningkatan Keandalan Dok IV

Berdasarkan pada Gambar 5.7 diatas, dapat dilihat bahwa tindakan *maintenance* berdasarkan pada RCM (*Reliability Centered Maintenance*) dapat meningkatkan nilai keandalannya. Tindakan *maintenance* ini hanya dapat meningkatkan keandalan, bukan termasuk memperpanjang usia pakai. Diharapkan dengan meningkatnya keandalan dari sistem maka waktu untuk *docking un-docking* akan semakin cepat, dan tindakan *maintenance* yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan secara terjadwal diharapkan agar sistem tidak terjadi kerusakan saat digunakan dan tidak melakukan perbaikan saat dok apung digunakan.

d. Keandalan sistem dok V

Seperti yang telah dijelaskan diatas, langkah awal dalam menghitung keandalan sistem yaitu menyusun RBD terlebih dahulu. Langkah selanjutnya menghitung nilai keandalan sistem dok apung seperti pada persamaan 4.1 dan 4.3 sesuai dengan susunan dari sistem dok apung. Dibawah ini merupakan hasil grafik peningkatan keandalan sistem dok II sebelum dan sesudah dilakukan *maintenance* berdasarkan pada RCM (*Reliability Centered Maintenance*)



**Gambar 5.8.** Peningkatan Keandalan Dok V

Berdasarkan pada Gambar 5.8 diatas, dapat dilihat terjadi peningkatan keandalan setelah dilakukan *maintenance* berdasarkan pada RCM (*Reliability Centered Maintenance*) dengan interval yang telah dijadwalkan. Peningkatan keandalan pada dok V tidak signifikan dibandingkan dengan peningkatan keandalan pada dok apung (*floating dock*) lain. Peningkatan keandalan yang seperti gambar 5.12 diatas, artinya komponen-komponen dok apung sudah krisis dan lebih baik dilakukan penggantian. Berdasarkan komponen MSI pada dok V, yang paling banyak yaitu pada ponton-pontonnya. Oleh karena itu, dengan melihat grafik diatas maka tindakan yang tepat yaitu melakukan penggantian pada ponton-ponton dok apung. Disini perbaikan berfungsi agar tetap menjaga komponen atau sistem dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Tindakan *maintenance* juga dilakukan sebelum terjadi kerusakan, sehingga tidak mengganggu proses kegiatan *docking un-docking*.

### 5.5. Analisa Peningkatan Produktivitas

Produktivitas dalam kegiatan produksi sebagai perbandingan antara luaran (*output*) dengan masukan (*input*). Secara umum, produktivitas digunakan sebagai tolak ukur keberhasilan dalam suatu industri. Penilaian produktivitas untuk dok apung dapat dilihat dari jumlah kapal yang masuk per tahun, dan berat kapal yang bisa *docking* di dok apung. Sedangkan, peningkatan produktivitas dapat dilihat dari peningkatan jumlah kapal yang

masuk per tahun, dan peningkatan berat kapal yang bisa *docking* di dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

Metode RCM merupakan salah satu teknik dalam menentukan tindakan *maintenance*, dimana tindakan *maintenance* berupa *preventive maintenance*. Tindakan *maintenance* tersebut lebih kearah pencegahan munculnya kegagalan dengan penjadwalan yang sudah ditentukan. Tindakan *maintenance* berupa servis, pembersihan, pelumasan serta inspeksi. Tindakan *maintenance* dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan, agar komponen atau sistem tidak berhenti beroperasi dan dapat terus menjalankan fungsinya.

PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, melakukan tindakan perawatan setiap 3 bulan sekali untuk semua komponen-komponen dok apung. Serta, melakukan *maintenance* saat terjadi kerusakan (*corrective maintenance*) dimana kelemahan dari sistem ini yaitu tidak ada jadwal yang teratur dan lebih berbasiskan pada penggantian komponen yang rusak, serta tindakan perbaikan dilakukan saat terjadi kerusakan sehingga menyebabkan fungsi atau sistem berhenti beroperasi. Tabel 5.5 dibawah ini merupakan rekapan data dari divisi limbung untuk dok apung V Surabaya selama satu tahun.

**Tabel 5.5.** Rekapan Data *Docking* Kapal di Dok V Tahun 2015

NO	NAMA KAPAL	TANGGAL			
		MASUK	NAIK DOK	TURUN DOK	KELUAR DOK
1	KM. KELIMUTU	5/1/2015	8/1/2015	8/2/2015	15/2/2015
2	KM. TONASA LINE XIV	30/1/2015	9/2/2015	23/2/2015	5/3/2015
3	KMP. MARINA PRIMERA	5/2/2015	9/2/2015	23/2/2015	26/2/2015
4	KM. TATAMAILAU	23/2/2015	24/2/2015	12/3/2015	13/3/2015
5	KM. LUMOSO GEMBIRA	10/3/2015	14/3/2015	3/4/2015	24/4/2015
6	TB. ANSANUS 39	13/3/2015	14/3/2015	3/4/2015	-
7	KM. AWU	2/4/2015	4/4/2015	29/4/2015	30/4/2015
8	KM. LEUSER	8/4/2015	1/5/2015	7/5/2015	8/5/2015
9	KM. TANTO SAYANG	5/5/2015	9/6/2015	27/6/2015	1/7/2015
10	KM. TONASA LINE V	12/6/2015	29/6/2015	10/7/2015	-
11	TB. HECTOR 106	20/6/2015	29/6/2015	14/7/2015	24/9/2015
12	KMP. DHARMA RUCITRA 3	8/9/2015	10/9/2015	20/9/2015	28/9/2015
13	KRI. MKS 590	10/10/2015	12/10/2015	12/10/2015	12/10/2015
14	KRI. TEKUE PENYU-513	18/11/2015	18/11/2015	30/11/2015	30/11/2015
15	KMP. PORTLINE VII	21/11/2015	2/12/2015	5/12/2015	-
16	KM. BINTANG JASA 35	7/12/2015	7/12/2015	13/12/2015	-

Pada Tabel 5.5 diatas, dapat dilihat bahwa dok V Surabaya mampu untuk melakukan *docking* sebanyak 16 kapal, dimana jumlah kapal tersebut juga dipengaruhi oleh *repair list*. Semakin banyak *repair list*, maka waktu untuk *docking* akan semakin lama dan memengaruhi jumlah kapal yang masuk (*docking*). Dapat dilihat pada tabel diatas, bahwa kapal KM. Tanto Sayang menunggu 32 hari untuk *docking* di dok V, hal ini dikarenakan terjadi kerusakan pada ponton dan pompa dok apung (*floating dock*), sehingga menyebabkan dok apung (*floating dock*) berhenti beroperasi untuk dilakukan perbaikan pada pompa dan pontonnya. Hal ini merupakan salah satu contoh akibat dari penerapan *corrective maintenance*, yaitu melakukan perbaikan saat terjadi kerusakan yang menyebabkan dok apung berhenti beroperasi dan mengganggu kegiatan *docking*.

Dengan melakukan penerapan RCM, dimana tindakan *maintenance* setiap komponen dok apung sudah dijadwalkan. Beberapa komponen penting yang dijadwalkan dari dok apung yaitu *capstan*, *crane*, pompa dan ponton. Komponen-komponen tersebut dilakukan penjadwalan ulang berdasarkan nilai keandalannya dan didapatkan penjadwalan perbaikan untuk ponton dan *crane* setiap 1 bulan sekali, sedangkan pompa dan *capstan* setiap 2 bulan sekali serta untuk komponen-komponen lain dilakukan maksimal 3 bulan sekali. Dengan penjadwalan yang baru, diharapkan kasus seperti ini tidak terjadi lagi. Jika diasumsikan bahwa dok apung akan terus dapat beroperasi dan kegiatan *maintenance* tidak mengganggu kegiatan *docking*, maka akan terjadi peningkatan produktivitas sebesar 12.5% dari sebelum diterapkan metode RCM di dok apung Surabaya.

## BAB VI

### KESIMPULAN

#### 6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian yang telah dilakukan dalam rangka menjawab tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Sistem *maintenance* yang saat ini diterapkan di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya yaitu *maintenance* secara berkala dengan interval 3 bulan, dan *maintenance* saat terjadi kerusakan. Parameter-parameter tindakan *maintenance* tersebut berdasarkan pada:
  - a. Tingkat kerusakan komponen
  - b. Waktu rata-rata kerusakan (MTTF)
  - c. Kemampuan teknisi
2. Komponen yang berpengaruh pada *reliability* dok apung yaitu pompa, ponton, *capstan*, dan *crane*. Berdasarkan:
  - a. *Reliability* yang paling rendah yaitu ponton, pompa, *capstan* dan *crane*. Penilaian *reliability* didasarkan pada akibat yang ditimbulkan dari kerusakan atau kegagalan komponen terhadap sistem. Dimana, ketika 2 kompartemen dalam 1 ponton rusak, maka terjadi kebocoran pada ponton yang menyebabkan waktu proses *docking un-docking* semakin lama, kerusakan, dan kecelakaan.
  - b. Nilai MTTF (*mean time to failure*) yang paling rendah yaitu pada *crane* dan ponton sebesar 120 dan 150 hari. Semakin rendah nilai MTTF (waktu rata-rata kerusakan) menunjukkan tingkat keparahan yang semakin tinggi.
3. Tindakan dan rencana perawatan berdasarkan metode RCM (*reliability centered maintenance*) adalah sebagai berikut:
  - Tindakan perawatan yang harus dilakukan pada ponton berupa melakukan pengecekan ketebalan pelat, pemeriksaan terhadap indikasi korosi pada pelat dengan penyelaman dibawah dok apung. Tindakan perawatan pada pompa berupa mengecek kondisi as pompa terutama penyetelannya, pengencangan pada baut-baut pompa yang longgar, membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada pompa seperti debu maupun bekas minyak, melakukan pembersihan *impeller*, serta pengecekan *gasket* pada sambungan *flange* yang bocor. Tindakan perawatan pada *capstan* berupa memeriksa pelumasan pada

roda gigi *capstan*, memeriksa katup-katup pembuangan dan pemasukan uap, dan membersihkan *capstan* dari debu maupun bekas minyak. Serta perawatan pada *crane* berupa menata kabel *crane* dengan rapi, pengencangan pada baut-baut *crane* yang longgar, memeriksa pelumasan pada semua bagian yang bergerak dari *crane*, memeriksa dan membersihkan bagian *crane* yang mudah retak/aus seperti poros, roda gigi, dsb.

- Penjadwalan perawatan untuk ponton dan *crane* setiap 1 bulan sekali, sedangkan untuk pompa dan *capstan* setiap 2 bulan sekali.

## 6.2. Saran

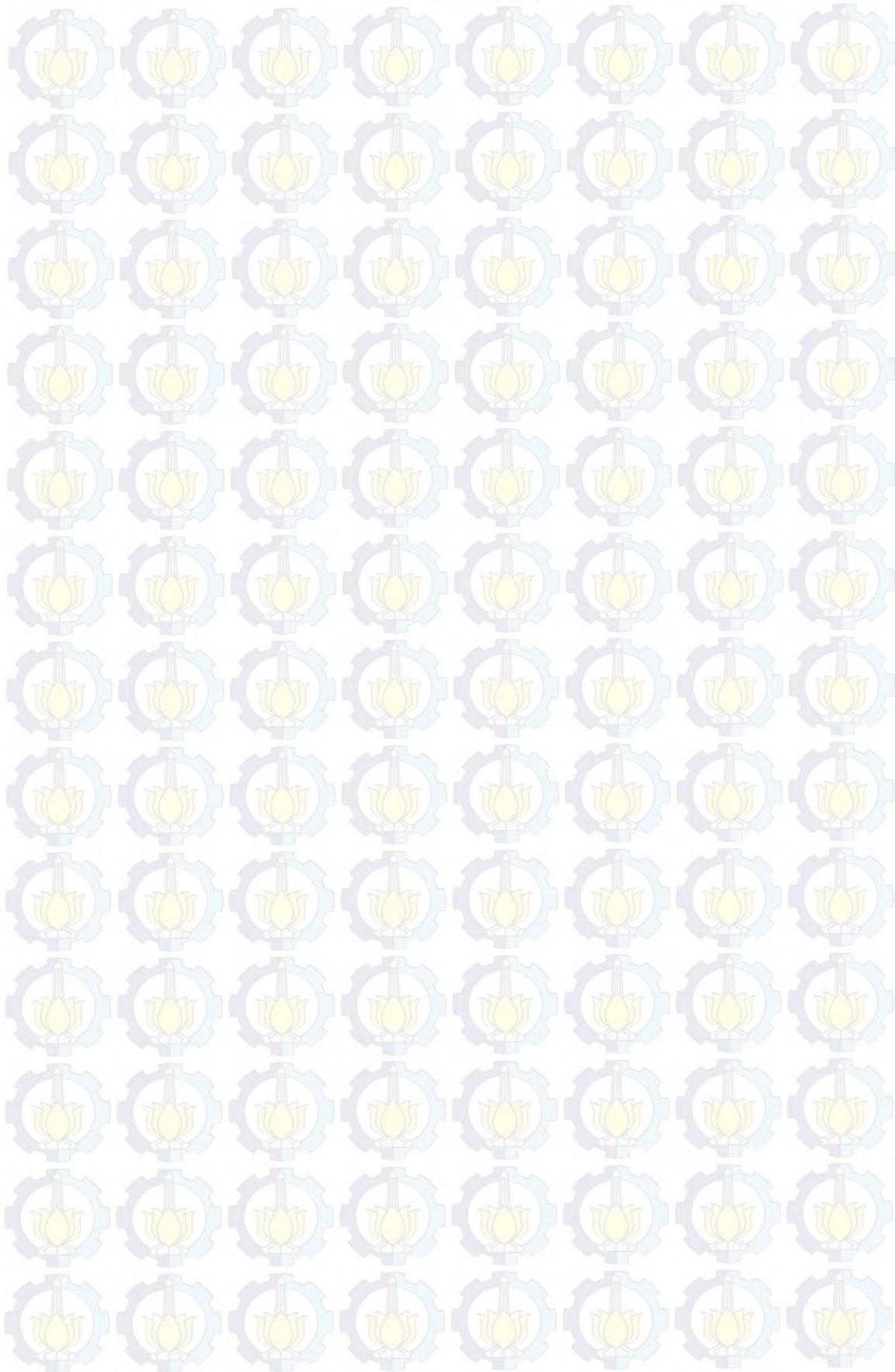
Beberapa saran yang dapat disampaikan untuk pengembangan penelitian ini, dan perusahaan antara lain:

1. Untuk pengembangan penelitian (penelitian selanjutnya) disarankan untuk menentukan tindakan dan rencana perawatan dengan menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) tidak hanya berdasarkan indeks keandalan saja, tetapi faktor-faktor lain seperti biaya, dan analisis kinerja teknisi dalam menangani tindakan *maintenance* dapat diikuti sertakan sehingga didapatkan periode *maintenance* yang optimal.
2. Untuk perusahaan (PT.Dok dan Perkapalan Surabaya) disarankan untuk menggunakan hasil penelitian ini dalam kegiatan perawatan dok apung dan mengevaluasinya, dari segi sumber daya manusia. Melakukan *record* kegagalan tiap komponen dalam satuan jam, agar perhitungan keandalan dan penentuan periode *preventive maintenance* lebih akurat.

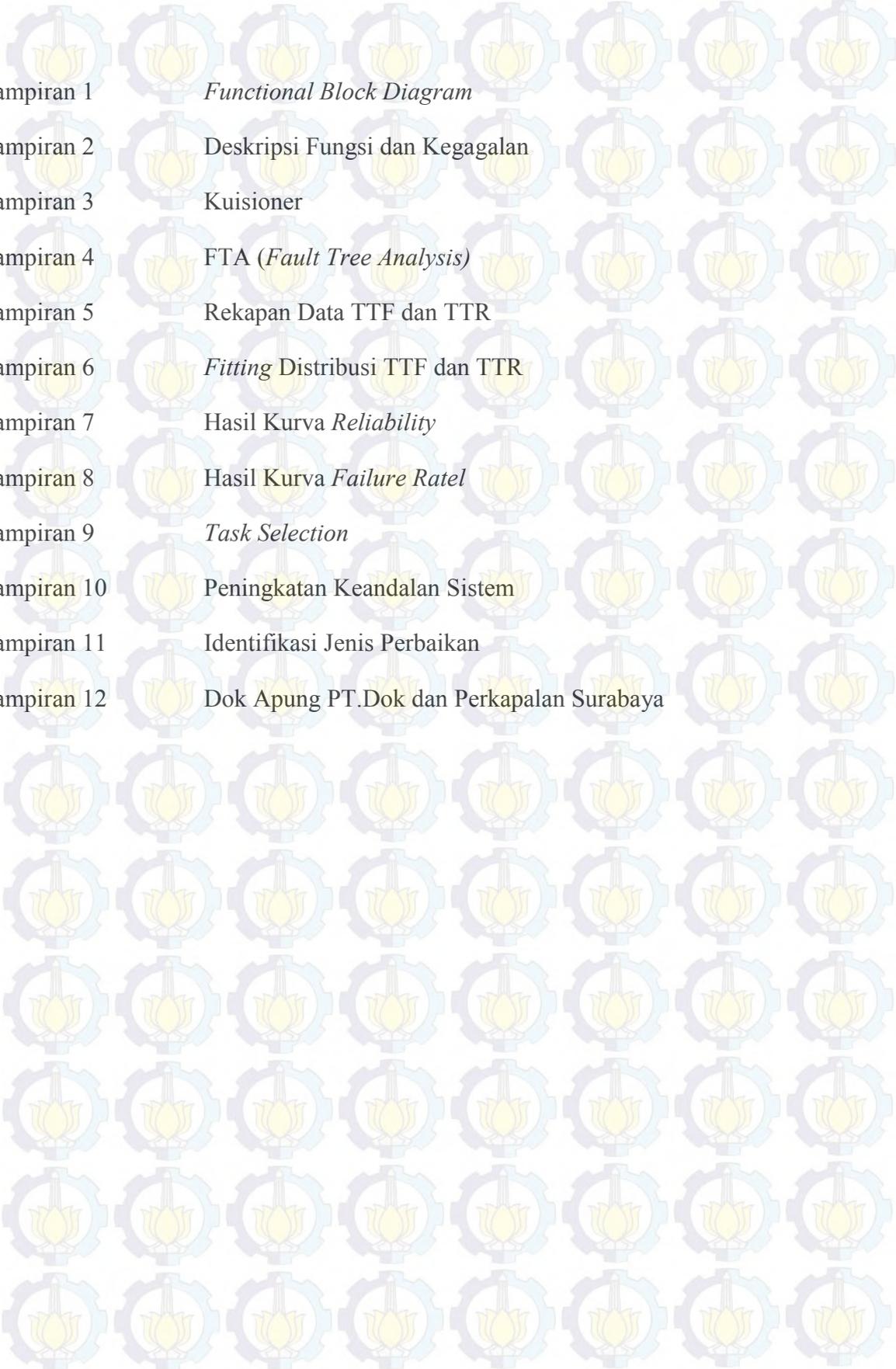
## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, Wayuf, (2011). *“Perencanaan Perawatan dengan Metode Reliability Centered Maintenance pada Mesin Insulation Moulding di CV. Bina Teknik”*. Surabaya : Industrial Engineering ITS.
- Cornick, Henry F (1968) *“Dock & Harbour Engineering”*, Charles Griffin & Company Limited, London.
- Dhillon, Balbir S., Hans Reiche. (1985). *“Reliability and Maintainability Management”*. New York: Van Nostrand Reinhold Company
- Ebeling, C.E. (1997). *“Open Architecture, Inventory pooling, and Maintenance Modules”*, 128, pp.393-403
- Lewis, E. E. (1987). *“Introduction to Reliability Engineering”*. Second Edition. Illinois: John Wiley & Sons, Inc.
- Mayangsari, D. N. (2012). *Perancangan Proposed Maintenance Task dengan Metode Reliability Centered Maintenance II di Sub Sistem WWT Pabrik Urea Kaltim-3*. Surabaya: Industrial Engineering ITS.
- Moubray, John, (1997). *“Reliability Centered Maintenance. 2<sup>nd</sup> edition”*. New Yor: Industrial Press Inc.
- Nizar, Ahmad, (2014). *“Perancangan Aktivitas Pemeliharaan dengan Reliability Centered Maintenance II (Studi Kasus : Unit 4 PLTU PJB Gresik)*. Surabaya : Industrial Engineering ITS.
- Priyanta, Dwi, (2000). *“Keandalan dan Perawatan”*. Jurusan Sistem Perkapalan ITS.Surabaya.
- Smith, Anthony, (1992). *“Reliability Centered Maintenance”*. McGraw-Hill, Singapore.
- Yuliana, Weny, (2012). *“Perancangan Kebijakan Perawatan dan Penentuan Persediaan Spare Part (Studi Kasus : Sub Sistem Evaporasi Pabrik Urea Kaltim-3 PT.Pupuk Kalimantan Timur)*. Surabaya : Industrial Engineering ITS.
- Zahirah, A. L, (2012). *“Penentuan Interval Waktu Perawatan Optimum dan Analisis Perbandingan Finansial Komponen Auxiliary (Studi Kasus : Sistem Gas Turbin PLTGU PT. PJB UP Gresik)”*. Surabaya : Industrial Engineering IT

## LAMPIRAN

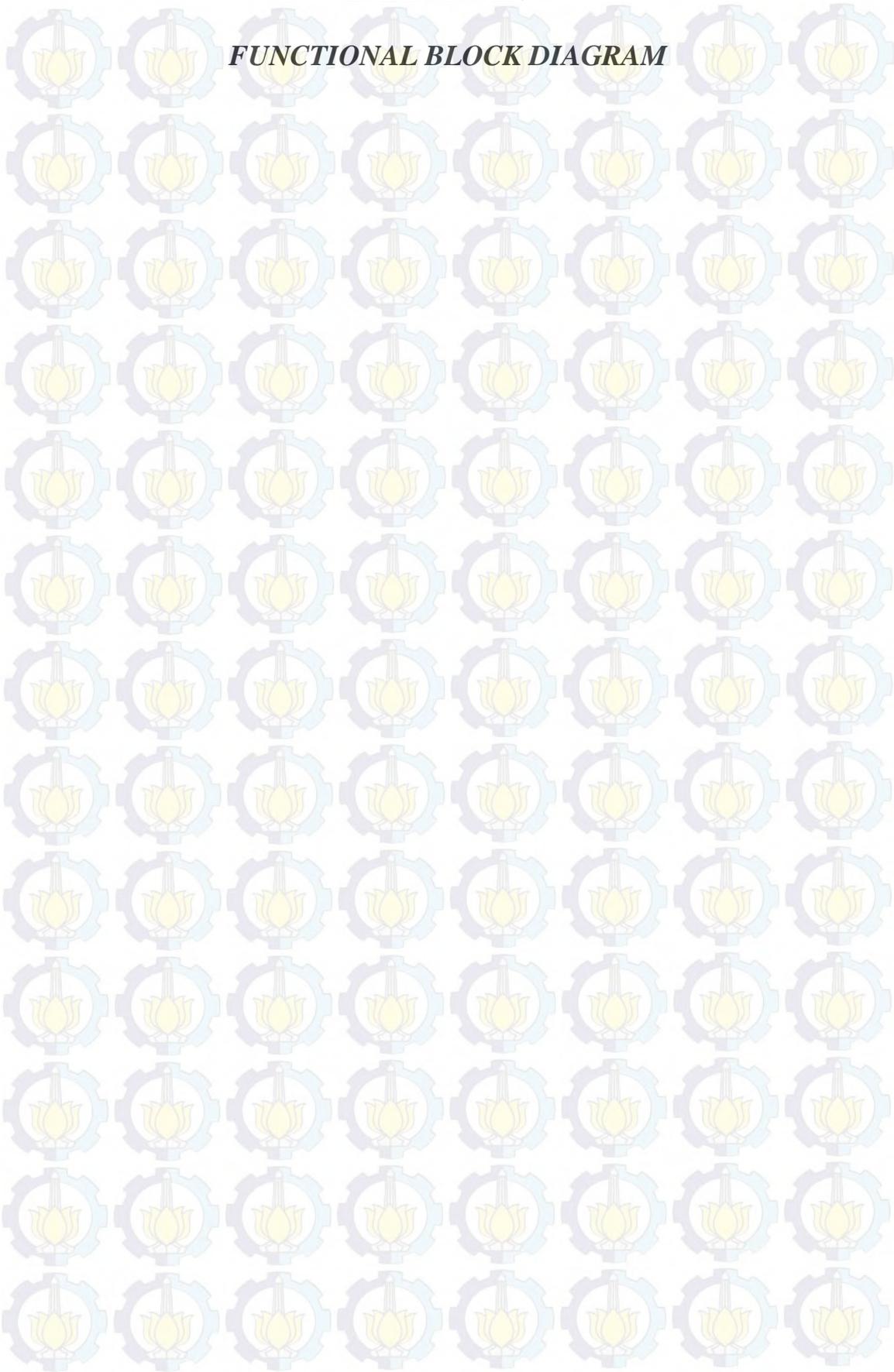


## DAFTAR LAMPIRAN

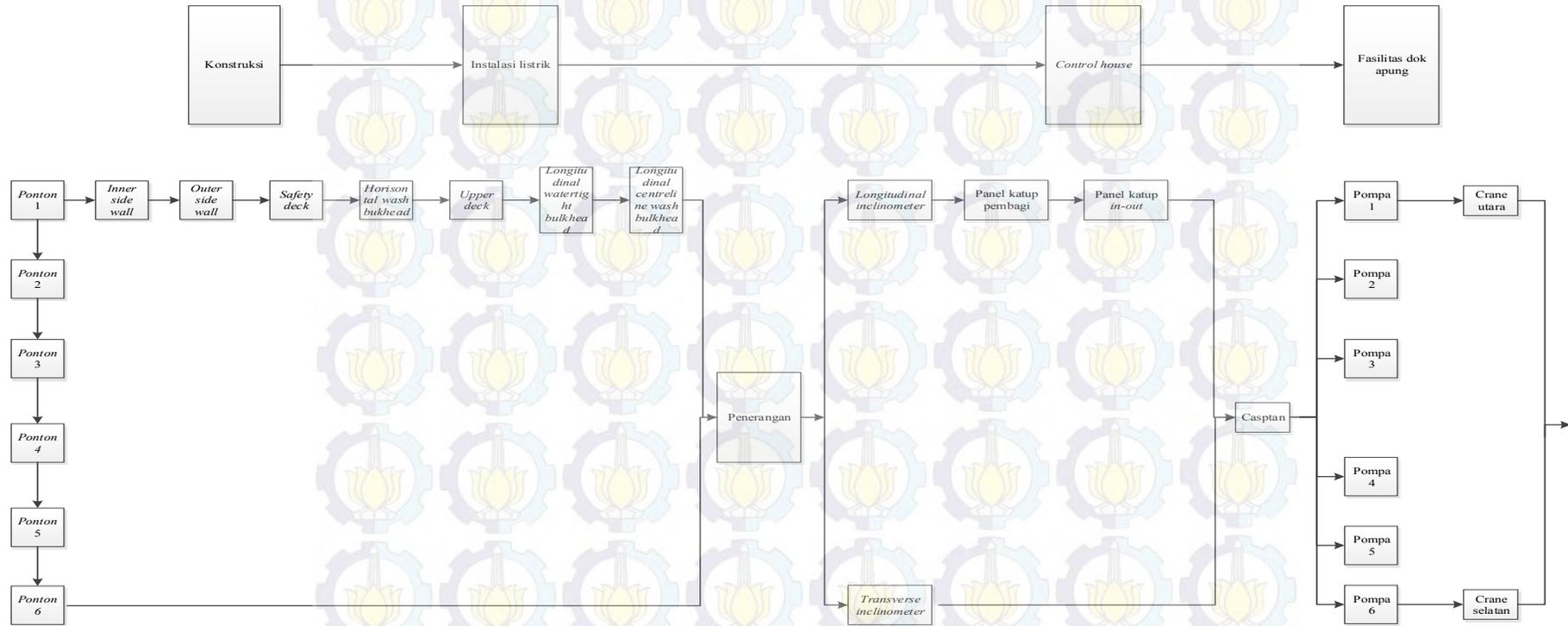
- 
- Lampiran 1 *Functional Block Diagram*
- Lampiran 2 Deskripsi Fungsi dan Kegagalan
- Lampiran 3 Kuisisioner
- Lampiran 4 FTA (*Fault Tree Analysis*)
- Lampiran 5 Rekapitan Data TTF dan TTR
- Lampiran 6 *Fitting* Distribusi TTF dan TTR
- Lampiran 7 Hasil Kurva *Reliability*
- Lampiran 8 Hasil Kurva *Failure Rate*
- Lampiran 9 *Task Selection*
- Lampiran 10 Peningkatan Keandalan Sistem
- Lampiran 11 Identifikasi Jenis Perbaikan
- Lampiran 12 Dok Apung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya

**LAMPIRAN 1**

***FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM***

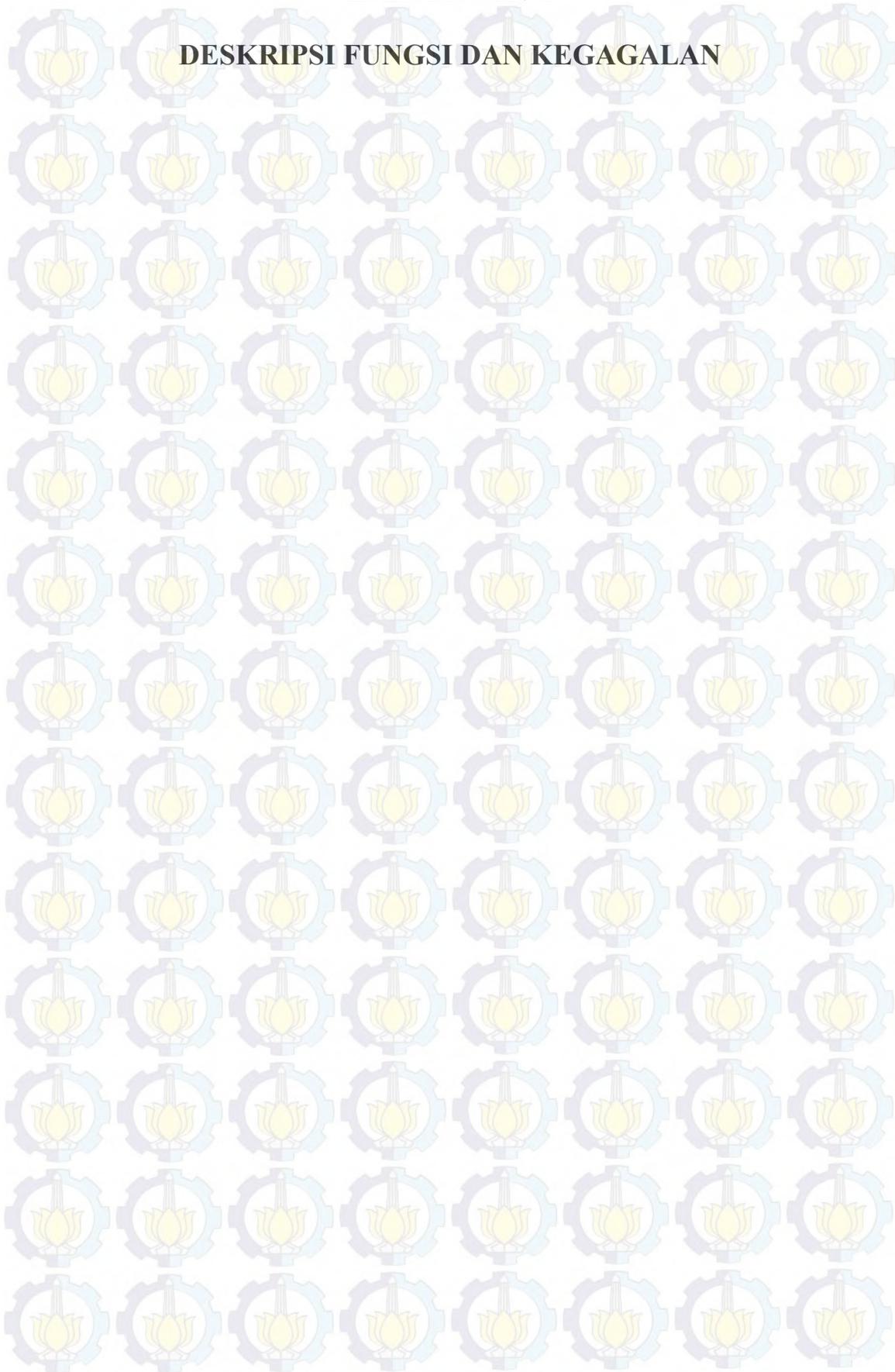


RELIABILITY BLOCK DIAGRAM DOK APUNG V SURABAYA



## LAMPIRAN 2

### DESKRIPSI FUNGSI DAN KEGAGALAN



## 1. Identifikasi fungsi

NO	NAMA SISTEM	DESKRIPSI FUNGSI SISTEM
1	Dok	Untuk melakukan <i>docking un-docking</i> sehingga kapal dapat dilakukan reparasi.

NO	NAMA SUB SISTEM	DESKRIPSI FUNGSI SUB SISTEM
1	Konstruksi	Geladak untuk tempat kapal dan komponen-komponen pendukung dok lainnya.
2	Instalasi listrik	Untuk sumber energi yang dibutuhkan serta penerangan untuk dok ( <i>floating dock</i> )
3	<i>Control house</i>	Untuk mengontrol komponen-komponen dok apung secara otomatis
4	Fasilitas <i>floating dock</i>	Untuk mendukung fungsi dok apung sebagai tempat reparasi kapal

NO	NAMA SISTEM	DESKRIPSI FUNGSI SISTEM
1	<i>Inner side wall</i>	Geladak bagian dalam ponton untuk melindungi bagian dalam side wall
2	<i>Outer side wall</i>	Geladak bagian luar ponton untuk melindungi bagian dalam side wall
3	Ponton deck	Sebagai tempat keluar masuknya air sesuai dengan aktifitas yang dilakukan, <i>docking</i> atau <i>un-docking</i>
4	<i>Horizontal wash bulkhead</i>	Sekat horizontal yang berfungsi untuk tempat komponen dibawah pompa
5	<i>Safety deck</i>	Geladak untuk tempat pompa-pompa dok apung
6	<i>Upper deck</i>	Geladak atas dok apung sebagai tempat untuk aktifitas diatas dok
7	<i>Longitudinal watertight bulkhead</i>	Sekat kedap memanjang untuk membagi ponton-ponton dok apung
8	<i>Longitudinal centerline wash bulkhead</i>	Sekat tengah kedap memanjang dok apung untuk memberikan kekuatan memanjang dok apung ( <i>floating dock</i> )
9	Panel induk	Sebagai sumber energi yang disalurkan ke semua sistem dan ruangan dok apung
10	Ruang akomodasi	Untuk tempat fasilitas pendukung dok apung

11	Penerangan	Untuk penerangan di seluruh bagian dan ruangan dok apung
12	Panel klep in-out	Untuk mengatur secara otomatis klep pompa in-out
13	Panel pembagi	Untuk mengatur volume tiap kompartemen secara otomatis
14	<i>Longitudinal inclinometer</i>	Untuk mengetahui kemiringan dok secara memanjang
15	<i>Transverse inclinometer</i>	Untuk mengetahui kemiringan dok secara melintang
16	Capstan	Untuk menarik kapal pada waktu memasukkan kapal ke dok apung
17	WC/ K. Mandi	Untuk MCK pekerja dok apung ataupun pekerja lain
18	Crane	Untuk memindahkan keel block ke tempat yang telah ditentukan serta untuk membantu mengangkat material-material yang dibutuhkan untuk proses reparasi
19	Pipa pompa	Untuk menyalurkan air ke kompartemen-kompartemen dok apung (floating dock)
20	Pipa LPG	Untuk menyalurkan gas LPG ke dok apung untuk menunjang proses reparasi kapal
21	Pipa PMK	Untuk pipa pemadam kebakaran
22	Pompa	Untuk mensirkulasikan fluida (air) dari inlet valve ke katub pembagi

### 1. Identifikasi kegagalan

NO	NAMA SISTEM	FUNGSI SISTEM	KEGAGALAN SISTEM
1	Dok	Untuk melakukan <i>docking un-docking</i> sehingga kapal dapat dilakukan reparasi.	Ponton terjadi kebocoran dan kerusakan impeller pompa oleh karena itu tidak bisa melakukan proses <i>docking undocking</i> dengan maksimal

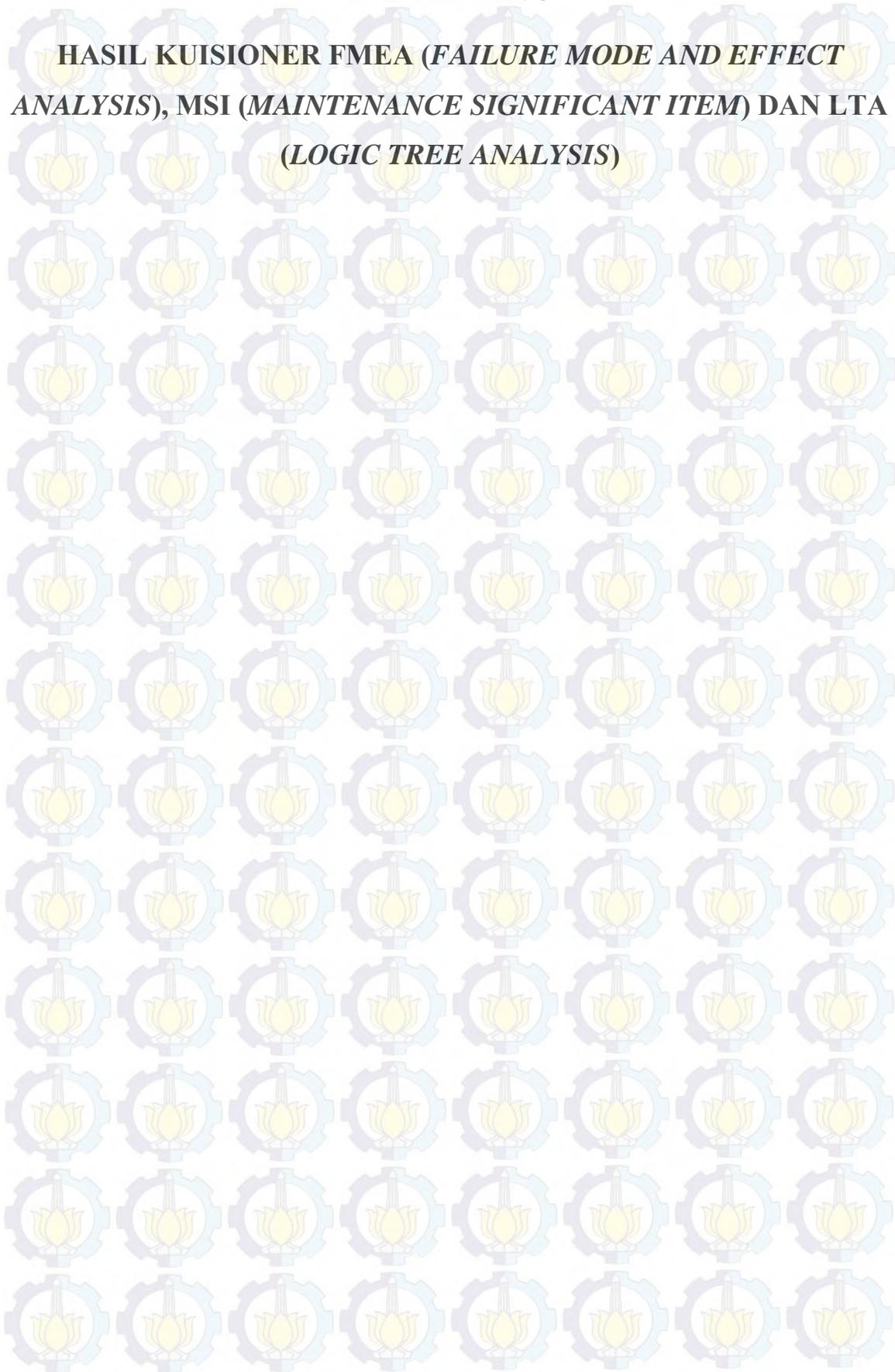
NO	NAMA SUB SISTEM	FUNGSI SUB SISTEM	KEGAGALAN SUB SISTEM
1	Konstruksi	Geladak untuk tempat kapal dan komponen-komponen pendukung dok	Pelat geladak menipis dan keropos terjadi karena korosi
2	Instalasi listrik	Untuk sumber energi yang dibutuhkan serta penerangan untuk dok	Kerusakan pada instalasi listrik, sehingga tidak bisa menyalurkan sumber energi dan menerangi dengan sempurna
3	<i>Control house</i>	Untuk mengontrol komponen-komponen dok apung secara otomatis	Beberapa komponen di <i>control house</i> rusak, sehingga tidak dapat mengontrol

			secara otomatis
4	Fasilitas <i>floating dock</i>	Untuk mendukung fungsi dok apung sebagai tempat reparasi kapal	Kerusakan pada komponen-komponen fasilitas dok apung, sehingga tidak dapat beroperasi .
NO	NAMA KOMPONEN	FUNGSI KOMPONEN	KEGAGALAN KOMPONEN
1	Inner side wall	Geladak bagian dalam ponton untuk melindungi bagian dalam side wall	Pelat menipis dan keropos karena korosi dan umur
2	Outer side wall	Geladak bagian luar ponton untuk melindungi bagian dalam side wall	Pelat menipis dan keropos karena korosi dan umur
3	Ponton deck	Sebagai tempat keluar masuknya air sesuai dengan aktifitas yang dilakukan, docking atau un-docking	Pelat menipis dan keropos karena korosi dan umur
4	Horizontal wash bulkhead	Sekat horizontal yang berfungsi untuk tempat komponen dibawah pompa	Pelat menipis dan keropos karena korosi dan umur
5	Safety deck	Geladak untuk tempat pompa-pompa dok apung	Geladak menipis dan keropos karena korosi dan umur
6	Upper deck	Geladak atas dok apung sebagai tempat untuk aktifitas diatas dok	Geladak menipis dan keropos karena korosi dan umur
7	Longitudinal watertight bulkhead	Sekat kedap memanjang untuk membagi ponton-ponton dok apung	Pelat menipis dan keropos karena korosi dan umur
8	Longitudinal centerline wash bulkhead	Sekat tengah kedap memanjang dok apung untuk memberikan kekuatan memanjang dok apung (floating dock)	Pelat menipis dan keropos karena korosi dan umur
9	Panel induk	Sebagai sumber energi yang disalurkan ke semua sistem dan ruangan dok apung	Terjadi kerusakan atau tidak dapat menyalurkan energi dengan maksimal
10	Ruang akomodasi	Untuk tempat fasilitas pendukung dok apung	Tidak dapat menjalankan fungsinya dengan maksimal.
11	Penerangan	Untuk penerangan di seluruh bagian dan ruangan dok apung	Terjadi kerusakan pada komponen penerangan (lampu)
12	Panel klep in-out	Untuk mengatur otomatis klep pompa in-out	Gagal membuka dan menutup pompa secara otomatis.
13	Panel pembagi	Untuk mengatur volume tiap kompartemen	Gagal mengetahui volume pada tiap

		secara otomatis	kompertemen secara otomatis.
14	Longitudinal inclinometer	Untuk mengetahui kemiringan dok secara memanjang	Tidak dapat mengetahui kemiringan dok memanjang secara otomatis
15	Transverse inclinometer	Untuk mengetahui kemiringan dok secara melintang	Tidak dapat mengetahui kemiringan dok melintang secara otomatis
16	Capstan	Untuk menarik kapal pada waktu memasukkan kapal ke dok apung	Tidak dapat digunakan untuk menarik kapal ke dok apung
17	WC/ K. Mandi	Untuk MCK pekerja dok apung ataupun pekerja lain	Terjadi kerusakan pada WC/K.Mandi sehingga tidak bisa digunakan
18	Crane	Untuk memindahkan keel block ke tempat yang telah ditentukan serta untuk membantu mengangkut material-material yang dibutuhkan untuk proses reparasi	Tidak dapat berfungsi dengan baik, berhenti beroperasi, terjadi kerusakan pada komponen-komponennya
19	Pipa pompa	Untuk menyalurkan air ke kompartemen-kompertemen dok apung (floating dock)	Penurunan kapasitas aliran air di dok apung
20	Pipa LPG	Untuk menyalurkan gas LPG ke dok apung untuk menunjang proses reparasi kapal	Tidak dapat menyalurkan gas LPG dengan baik ke dok apung untuk menunjang proses reparasi kapal
21	Pipa PMK	Untuk pipa pemadam kebakaran	Pipa rusak atau tidak mengalirkan air untuk proses pemadam kebakaran
22	Pompa	Untuk mensirkulasikan fluida (air) dari inlet valve ke katub pembagi	Tidak dapat menyalurkan air dengan maksimal

### LAMPIRAN 3

**HASIL KUISIONER FMEA (*FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS*), MSI (*MAINTENANCE SIGNIFICANT ITEM*) DAN LTA (*LOGIC TREE ANALYSIS*)**



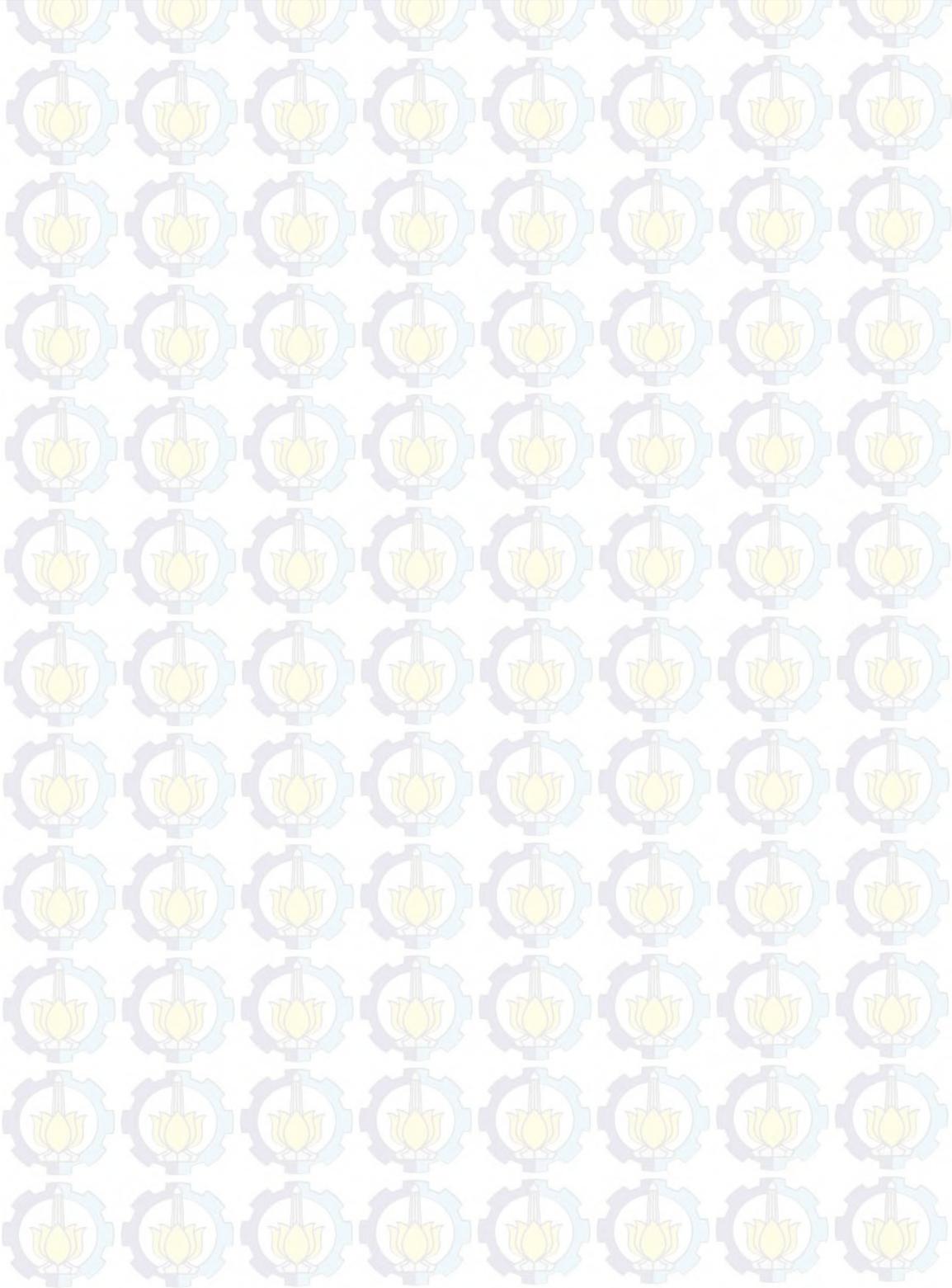
REKAPAN HASIL KUISIONER FMEA (*FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS*)

NO	NAMA RESPONDEN	JABATAN	KOMPONEN	SKALA SEVERITY	SKALA OCCURANCE	SKALA DETECTION
1	Oki Rachmadi	Foreman Limbung	Capstan	6	5	7
2	Imam Safi'i	Teknisi Limbung	Capstan	6	4	4
3	Heru As	SPV. Limbung	Capstan	5	5	5
4	Sugiyanto	Foreman Sarfas	Capstan	6	1	3
5	Efendi	Foreman Sarfas	Capstan	4	6	5
6	Ali Mustafa	SPV. Sarfas	Capstan	6	5	7
7	Oki Rachmadi	Foreman Limbung	Pompa	6	8	7
8	Imam Safi'i	Teknisi Limbung	Pompa	4	5	5
9	Heru As	SPV. Limbung	Pompa	6	7	6
10	Sugiyanto	Foreman Sarfas	Pompa	6	5	3
11	Efendi	Foreman Sarfas	Pompa	4	6	5
12	Ali Mustafa	SPV. Sarfas	Pompa	6	8	7
13	Oki Rachmadi	Foreman Limbung	Ponton	4	6	5
14	Imam Safi'i	Teknisi Limbung	Ponton	2	6	5
15	Heru As	SPV. Limbung	Ponton	4	4	5
16	Sugiyanto	Foreman Sarfas	Ponton	8	1	2
17	Efendi	Foreman Sarfas	Ponton	4	6	5
18	Ali Mustafa	SPV. Sarfas	Ponton	4	6	5
19	Oki Rachmadi	Foreman Limbung	Crane	4	8	5
20	Imam Safi'i	Teknisi Limbung	Crane	5	6	3
21	Heru As	SPV. Limbung	Crane	7	6	5
22	Sugiyanto	Foreman Sarfas	Crane	3	6	1
23	Efendi	Foreman Sarfas	Crane	4	6	5
24	Ali Mustafa	SPV. Sarfas	Crane	4	8	5

**REKAPAN HASIL KUISSIONER LTA (LOGIC TREE ANALYSIS)**

NO	NAMA RESPONDEN	JABATAN	KOMPONEN	EVIDENT	SAFETY	OUTAGE
1	Oki Rachmadani	Foreman limbung	Korosi pada ponton	Y	N	Y
2			Pelat keropos pada ponton	Y	N	N
3			Kabel crane	Y	Y	Y
4			Motor crane	Y	N	Y
5			Rantai crane	Y	N	Y
6			Gigi gear box	Y	N	Y
7			Dynamo crane	Y	N	Y
8			Kompas crane	Y	N	Y
9			As pompa kocak	Y	N	Y
10			Katup pembagi	Y	N	Y
11			Impeller pompa	Y	N	Y
12			Panel capstan	Y	N	Y
13			Control emergency	Y	N	Y
14	Efendi	Foreman Sarfas	Korosi pada ponton	Y	N	N
15			Pelat keropos pada ponton	Y	N	N
16			Kabel crane	Y	Y	Y
17			Motor crane	Y	N	N
18			Rantai crane	Y	N	Y
19			Gigi gear box	Y	N	Y
20			Dynamo crane	Y	N	Y
21			Kompas crane	Y	N	Y
22			As pompa kocak	Y	N	Y
23			Katup pembagi	Y	N	Y
24			Impeller pompa	Y	N	Y
25			Panel capstan	Y	N	Y
26			Control emergency	Y	N	Y
27	Ali Mustafa	Supervisi	Korosi pada ponton	Y	N	N
28			Pelat keropos pada ponton	Y	N	N
29			Kabel crane	Y	Y	Y
30			Motor crane	Y	N	Y
31			Rantai crane	Y	N	Y
32			Gigi gear box	Y	N	Y
33			Dynamo crane	Y	N	Y
34			Kompas crane	Y	N	Y

35			As pompa kocak	Y	N	Y
36			Katup pembagi	Y	N	Y
37			Impeller pompa	Y	N	Y
38			<i>Generator</i> capstan	Y	N	Y

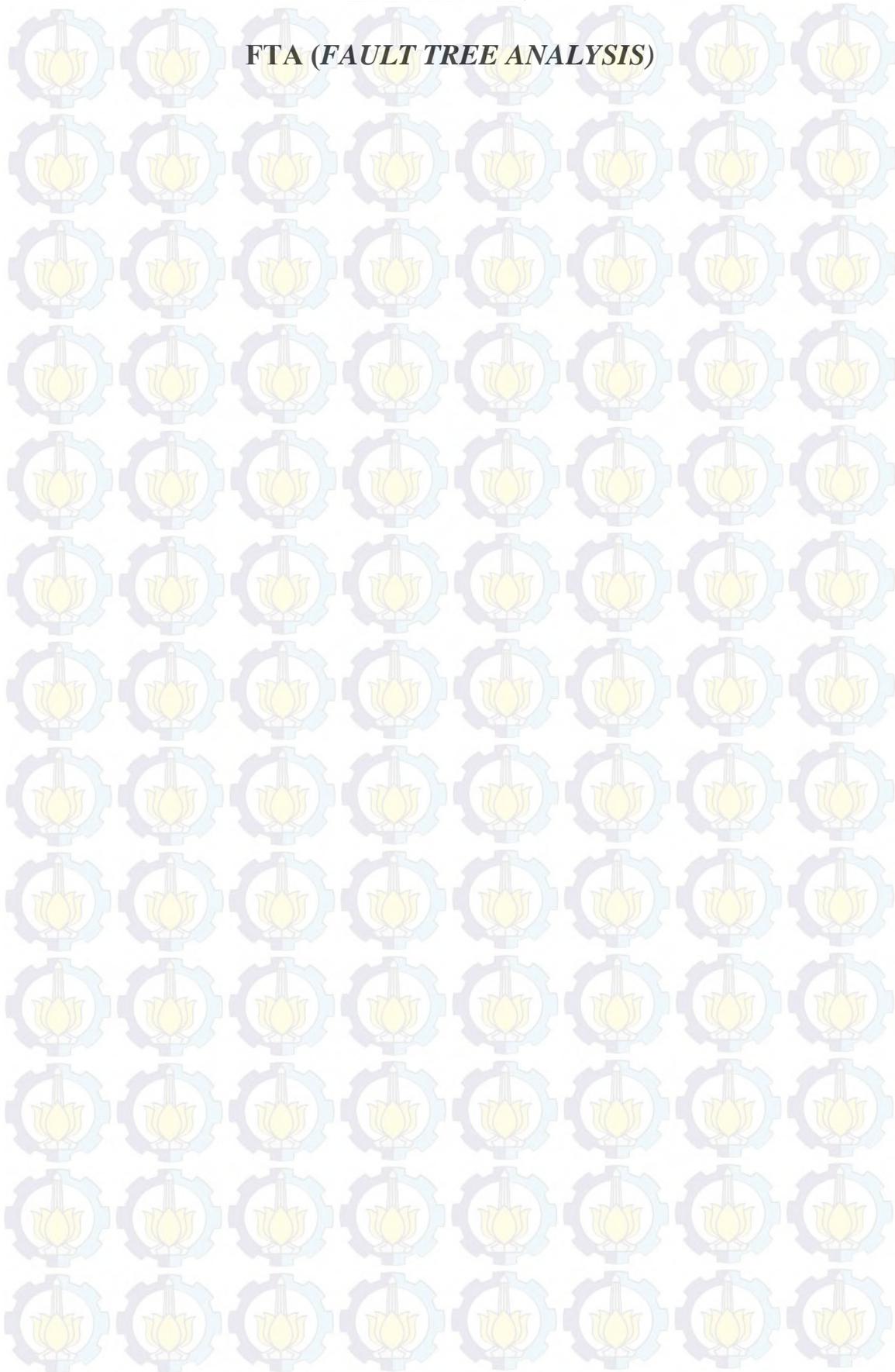


REKAPAN HASIL KUISIONER MSI (*MAINTENANCE SIGNIFICANT ITEM*)

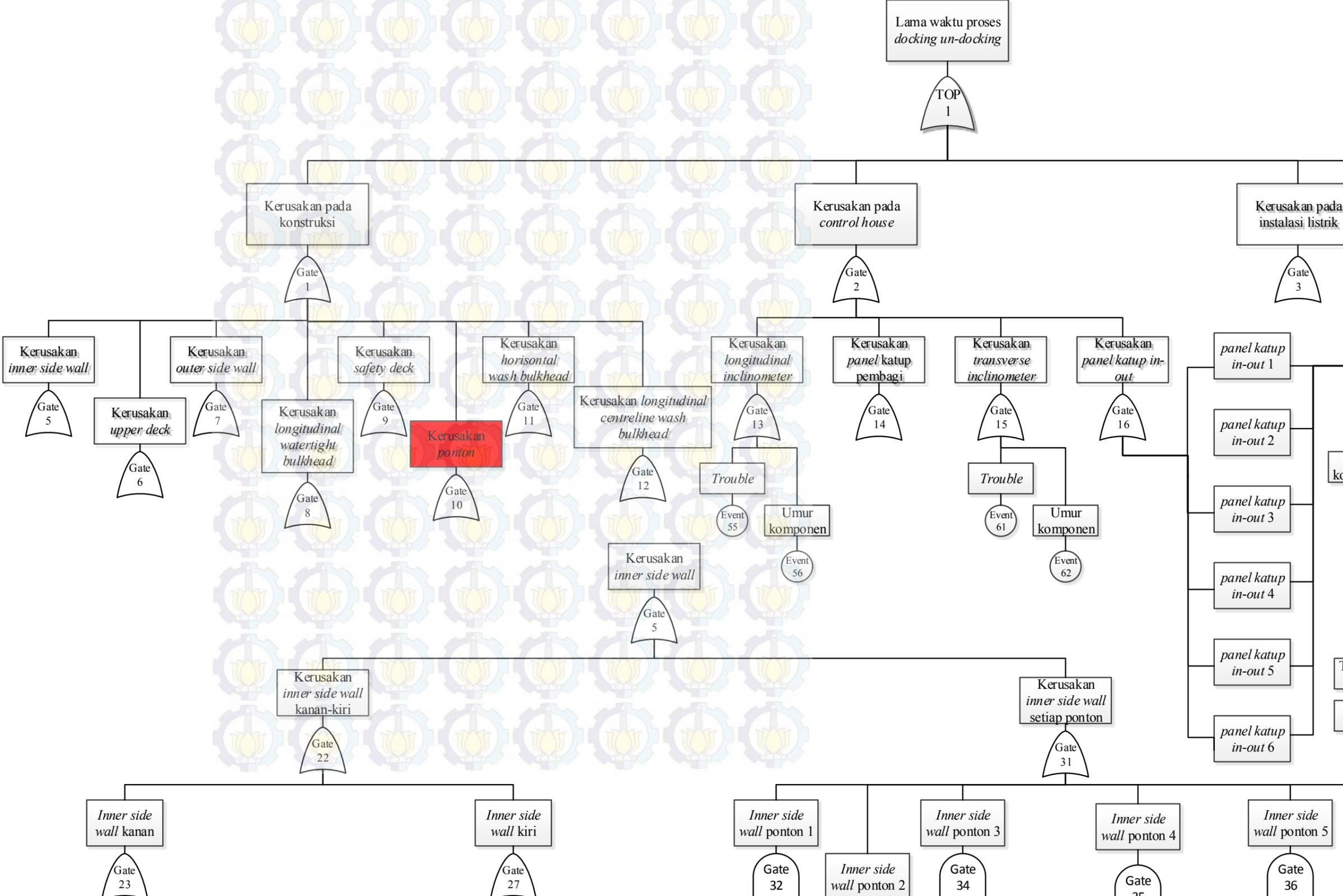
NO	NAMA	JABATAN	KOMPONEN	SAFETY	ENVIROMENT	AVAILABILITY	COST
1	Oki Rachmadi	Foreman Limbung	Pompa	1	2	2	1
2	Imam Safi'i	Teknisi Limbung	Pompa	1	2	2	1
3	Heru As	SPV. Limbung	Pompa	1	2	2	2
4	Sugiyanto	Foreman Sarfas	Pompa	1	1	1	1
5	Efendi	Foreman Sarfas	Pompa	2	1	2	2
6	Ali Mustafa	SPV. Sarfas	Pompa	1	2	2	1
7	Oki Rachmadi	Foreman Limbung	Ponton	2	1	2	2
8	Imam Safi'i	Teknisi Limbung	Ponton	1	1	3	2
9	Heru As	SPV. Limbung	Ponton	1	1	2	2
10	Sugiyanto	Foreman Sarfas	Ponton	1	2	3	2
11	Efendi	Foreman Sarfas	Ponton	2	1	2	2
12	Ali Mustafa	SPV. Sarfas	Ponton	2	1	2	2
13	Oki Rachmadi	Foreman Limbung	Crane	2	1	3	2
14	Imam Safi'i	Teknisi Limbung	Crane	1	1	3	2
15	Heru As	SPV. Limbung	Crane	2	1	1	2
16	Sugiyanto	Foreman Sarfas	Crane	2	1	1	2
17	Efendi	Foreman Sarfas	Crane	2	1	2	2
18	Ali Mustafa	SPV. Sarfas	Crane	2	1	3	1
19	Oki Rachmadi	Foreman Limbung	Capstan	2	1	1	2
20	Imam Safi'i	Teknisi Limbung	Capstan	1	1	1	2
21	Heru As	SPV. Limbung	Capstan	1	1	1	2
22	Sugiyanto	Foreman Sarfas	Capstan	2	1	1	2
23	Efendi	Foreman Sarfas	Capstan	2	1	2	2
24	Ali Mustafa	SPV. Sarfas	Capstan	2	1	2	2

## LAMPIRAN 4

### FTA (*FAULT TREE ANALYSIS*)

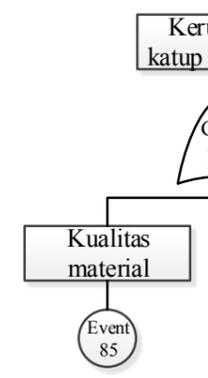
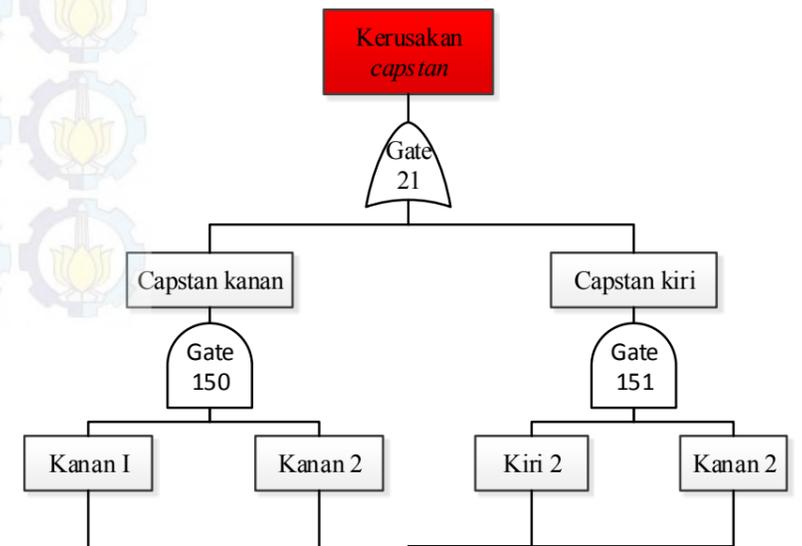
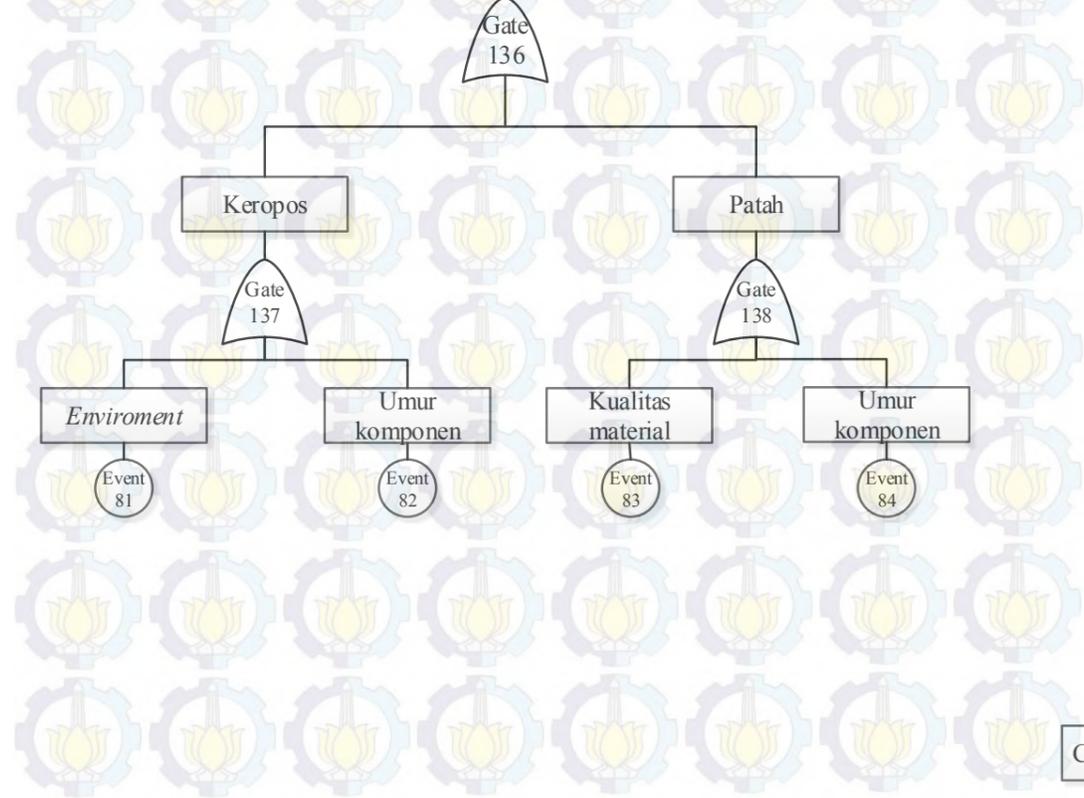
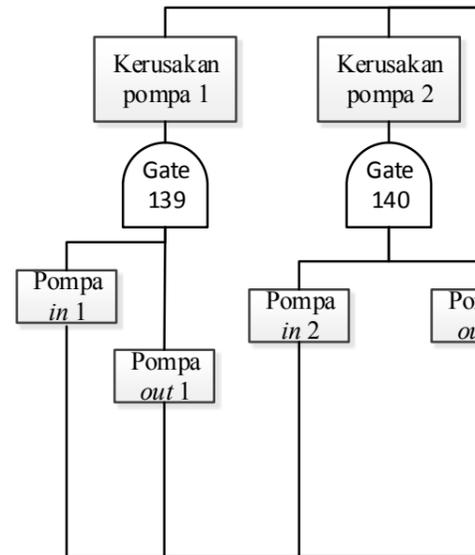
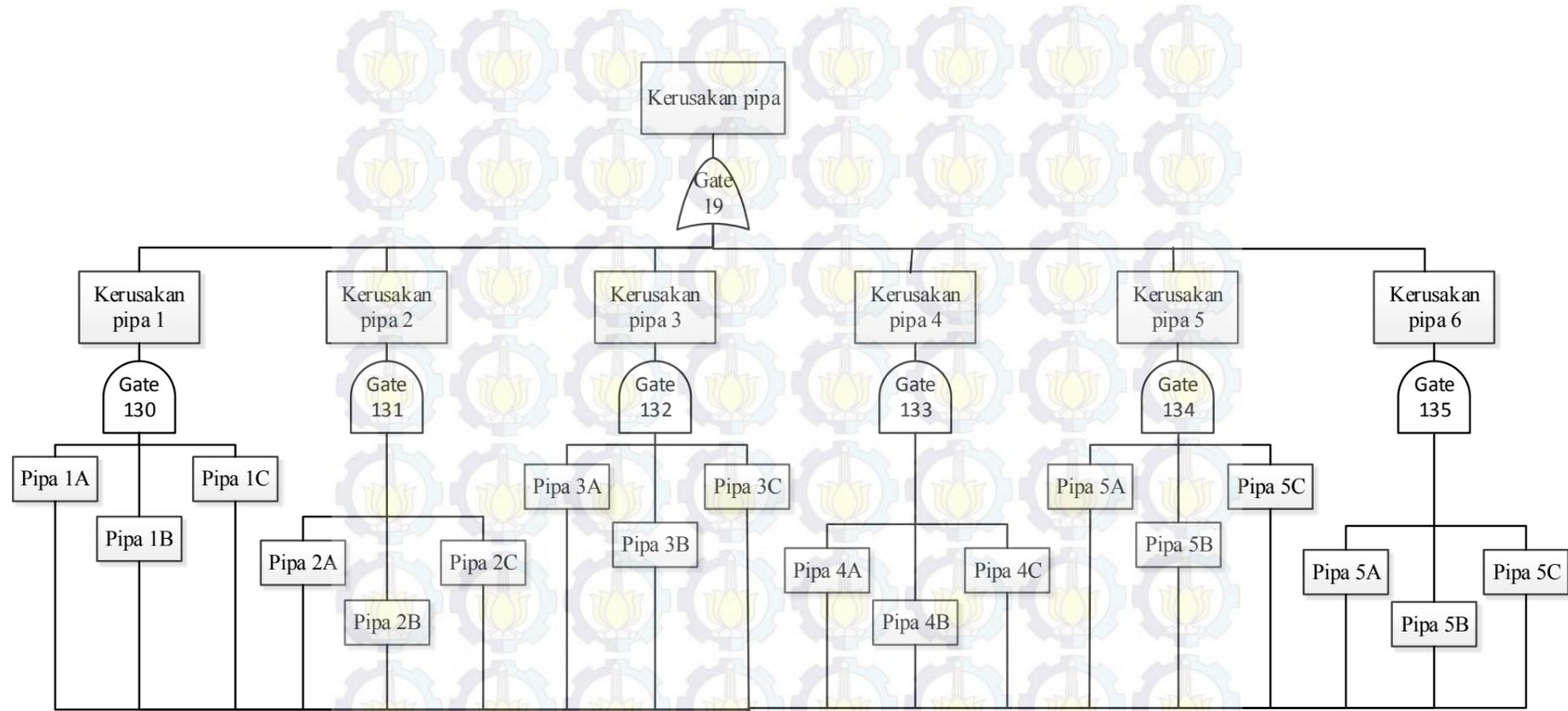


FAULT TREE ANALYSIS



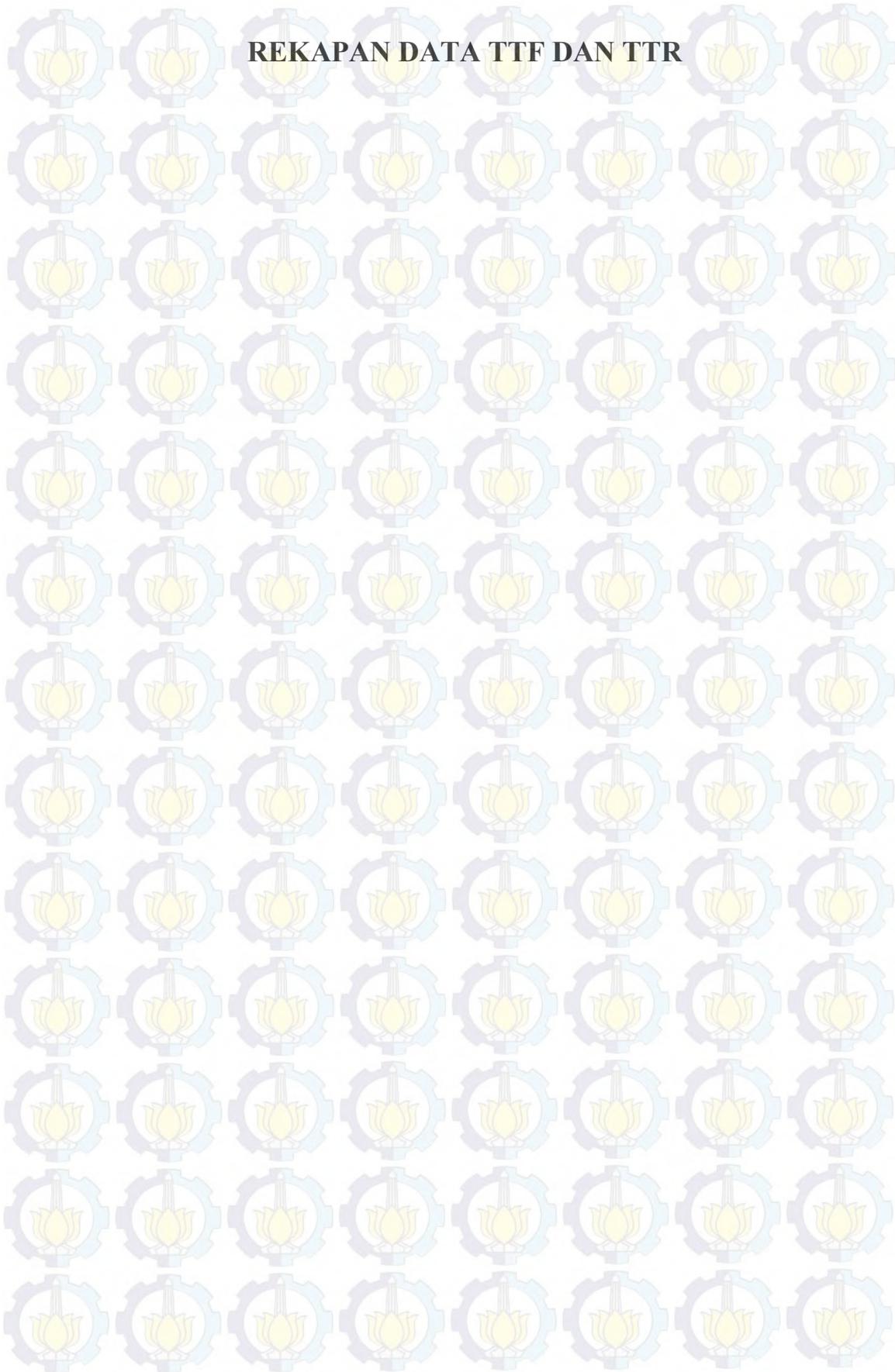






## LAMPIRAN 5

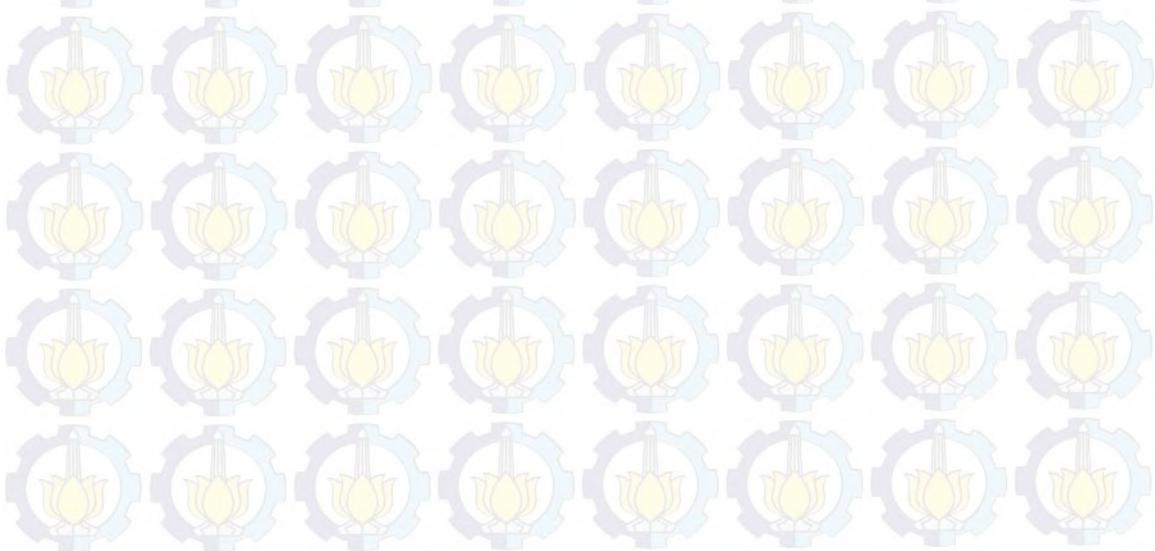
### REKAPAN DATA TTF DAN TTR



1. Rekap data TTF (*time to failure*) dan TTR (*time to repair*) Dok I

NO	KOMPONEN	TANGGAL KERUSAKAN	TTF (Day)	TTR (Day)	NO	KOMPONEN	TANGGAL KERUSAKAN	TTF (Day)	TTR (Day)
1	crane selatan	3/1/2013		3	69	Pompa No.5	12/8/2014	120	3
2	crane selatan	18/2/2013	46	4	70	Pompa No.5	19/8/2015	372	3
3	crane selatan	20/3/2013	30	1	71	Pompa No.6	6/2/2013		2
4	crane selatan	27/3/2013	7	3	72	Pompa No.6	27/9/2013	233	1
5	crane selatan	30/4/2013	34	1	73	Pompa No.6	1/2/2014	127	1
6	crane selatan	31/5/2013	31	1	74	Pompa No.6	30/6/2014	149	3
7	crane selatan	28/8/2013	89	3	75	Pompa No.6	12/8/2014	43	1
8	crane selatan	30/10/2013	63	3	76	Pompa No.6	27/7/2015	349	2
9	crane selatan	28/2/2014	121	3	77	Pompa No.6	26/9/2015	61	2
10	crane selatan	22/5/2014	83	5	78	Pompa No.7	6/2/2013		3
11	crane selatan	4/6/2014	13	1	79	Pompa No.7	28/9/2013	234	1
12	crane selatan	29/9/2014	117	5	80	Pompa No.7	30/6/2014	275	2
13	crane selatan	9/10/2014	11	3	81	Pompa No.7	12/8/2014	43	3
14	crane selatan	3/12/2014	55	1	82	Pompa No.7	26/9/2015	45	3
15	crane selatan	12/1/2015	40	3	83	Pompa No.7	26/10/2015	30	2
16	crane selatan	23/2/2015	42	4	84	Tangga	18/2/2013		
17	crane selatan	16/3/2015	21	3	85	Pompa No.2	26/2/2013		3
18	crane selatan	17/5/2015	62	5	86	Pompa No.2	25/7/2013	149	3
19	crane selatan	11/6/2015	25	1	87	Pompa No.3	26/2/2013		3
20	crane selatan	3/11/2015	145	4	88	Pompa No.3	12/8/2014	532	2
21	crane selatan	19/12/2015	46	1	89	Pompa No.3	21/11/2014	101	2
22	Penerangan	3/1/2013		1	90	Ponton No.1	25/3/2013		4
23	Penerangan	18/7/2013	196	2	91	Ponton No.1	1/9/2014	525	4
24	Penerangan	20/12/2013	155	2	92	Ponton No.1	13/1/2015	134	4
25	Penerangan	25/2/2014	67	1	93	Penumpu	1/4/2013		
26	Penerangan	28/5/2014	92	1	94	Ponton No.3	9/4/2013		5
27	Penerangan	28/1/2015	245	1	95	Ponton No.3	1/7/2013	83	4
28	crane utara	11/1/2013		3	96	Ponton No.3	18/9/2014	108	5
29	crane utara	10/3/2013	58	3	97	Ponton No.3	28/9/2014	10	4
30	crane utara	14/4/2013	35	5	98	Ponton No.3	27/5/2015	241	4
31	crane utara	29/5/2013	45	3	99	Ponton No.3	3/7/2015	37	5
32	crane utara	20/10/2013	145	1	100	Ponton No.3	17/9/2015	76	5
33	crane utara	7/3/2014	138	4	101	Ponton No.3	7/11/2015	51	4
34	crane utara	26/5/2014	70	1	102	Ponton No.4	3/5/2013		4
35	crane utara	6/6/2014	11	5	103	Ponton No.4	1/7/2013	59	4
36	crane utara	29/9/2014	108	1	104	Ponton No.4	14/7/2014	13	5
37	crane utara	31/10/2014	32	4	105	Ponton No.4	18/9/2014	66	5
38	crane utara	2/12/2014	32	3	106	Ponton No.4	22/10/2014	34	5
39	crane utara	28/1/2015	57	3	107	Ponton No.4	7/11/2015	15	4

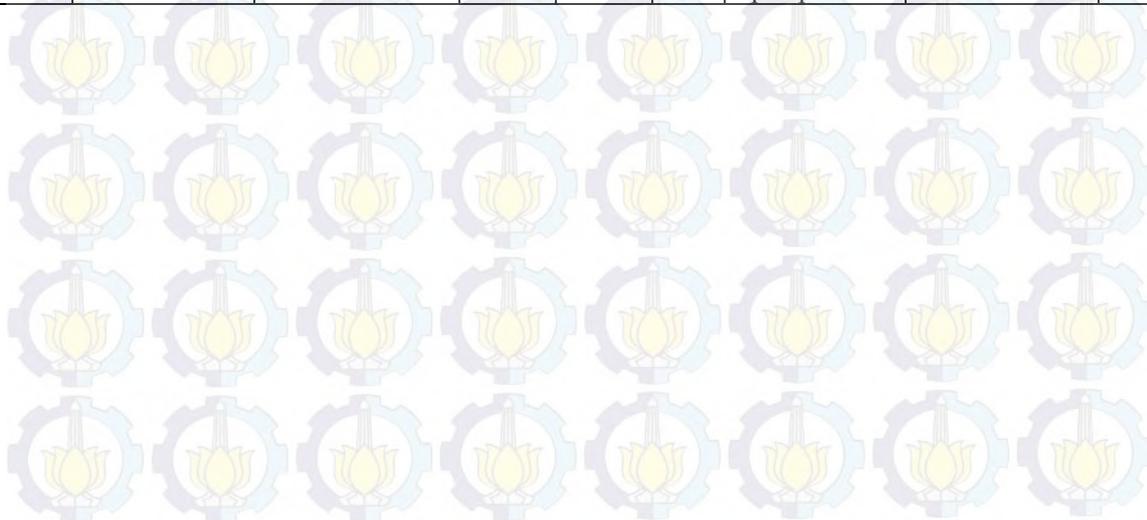
40	crane utara	5/3/2015	36	2	108	Ponton No.5	3/5/2013		4
41	crane utara	24/4/2015	50	1	109	Ponton No.5	11/6/2013	39	4
42	crane utara	12/5/2015	20	1	110	Ponton No.5	1/7/2013	20	5
43	crane utara	22/5/2015	10	5	111	Ponton No.5	14/7/2014	378	5
44	crane utara	13/10/2015	134	1	112	Ponton No.5	27/10/2014	105	5
45	crane utara	5/12/2015	50	1	113	Ponton No.5	7/11/2015	376	5
46	Pompa No.1	14/1/2013		3	114	Ponton No.7	10/6/2013		5
47	Pompa No.1	26/2/2013	43	4	115	Ponton No.7	10/10/2014	487	5
48	Pompa No.1	1/4/2013	34	4	116	Ponton No.7	7/11/2015	393	4
49	Pompa No.1	24/7/2013	114	4	117	Ponton No.6	12/6/2013		4
50	Pompa No.1	15/1/2014	175	4	118	Ponton No.6	21/11/2014	527	5
51	Pompa No.1	21/11/2014	310	4	119	Ponton No.6	7/11/2015	351	5
52	Pompa No.1	19/8/2015	271	4	120	capstan	5/8/2013		3
53	Pipa PMK	1/2/2013		1	121	capstan	15/11/2013	102	3
54	Pipa PMK	2/4/2013	60	3	122	capstan	20/12/2013	35	3
55	Pipa PMK	16/9/2013	167	2	123	capstan	12/1/2014	23	2
56	Pipa PMK	8/4/2014	175	2	124	capstan	25/2/2014	44	3
57	Pipa PMK	11/3/2015	337	2	125	capstan	11/8/2014	167	2
58	Pipa PMK	2/4/2015	24	1	126	capstan	13/1/2015	155	3
59	Pompa No.4	6/2/2013		2	127	Pipa air tawar	20/8/2013		
60	Pompa No.4	1/5/2013	84	3	128	Ponton No.2	19/11/2013		4
61	Pompa No.4	21/4/2014	355	1	129	Ponton No.2	14/7/2014	247	5
62	Pompa No.4	30/6/2014	50	3	130	Ponton No.2	18/9/2014	66	5
63	Pompa No.4	12/8/2014	43	2	131	Ponton No.2	17/9/2015	364	5
64	Pompa No.4	13/4/2015	244	2	132	Ponton No.2	7/11/2015	51	4
65	Pompa No.4	26/9/2015	166	3	133	Dek kerja	27/3/2014		5
66	Pompa No.4	26/10/2015	30	1	134	Dek kerja	1/9/2014	158	5
67	Pompa No.5	6/2/2013		3	135	Dek kerja	3/6/2015	275	5
68	Pompa No.5	14/4/2014	432	1	136	keel block	10/10/2014		



## 2. Rekap data TTF (*time to failure*) dan TTR (*time to repair*) Dok II

NO	KOMPONEN	TANGGAL KERUSAKAN	TTF (Day)	TTR (Day)	NO	KOMPONEN	TANGGAL KERUSAKAN	TTF (Day)	TTR (Day)
1	crane utara	8/1/2013		3	70	Ponton No.2	16/9/2015	189	5
2	crane utara	5/3/2013	56	1	71	penerangan	11/3/2013		1
3	crane utara	22/4/2013	48	1	72	penerangan	30/7/2013	141	2
4	crane utara	21/8/2013	121	3	73	penerangan	3/1/2014	157	2
5	crane utara	27/1/2014	160	1	74	penerangan	2/6/2014	150	1
6	crane utara	3/3/2014	35	2	75	penerangan	10/11/2014	161	1
7	crane utara	12/3/2014	9	3	76	penerangan	19/1/2015	70	1
8	crane utara	26/5/2014	61	1	77	penerangan	15/10/2015	254	1
9	crane utara	1/9/2014	98	3	78	ponton no.1	26/3/2013		4
10	crane utara	13/1/2015	134	3	79	ponton no.1	17/2/2015	662	4
11	crane utara	11/3/2015	57	4	80	ponton no.1	11/3/2015	22	5
12	crane utara	21/4/2015	41	4	81	ponton no.1	28/5/2015	78	5
13	crane utara	28/4/2015	7	1	82	ponton no.1	16/9/2015	111	4
14	crane utara	7/8/2015	101	4	83	Ponton no.4	23/5/2013		4
15	crane utara	9/10/2015	63	1	84	Ponton no.4	3/6/2013	11	5
16	crane utara	19/12/2015	71	1	85	Ponton no.4	16/7/2014	408	5
17	Ponton No.3	11/1/2013		4	86	Ponton no.4	31/10/2014	107	5
18	Ponton No.3	10/4/2013	89	4	87	Ponton no.4	11/3/2015	11	5
19	Ponton No.3	11/3/2015	700	5	88	dek kerja	3/6/2013		2
20	Ponton No.5	11/1/2013		3	89	dek kerja	2/9/2013	91	3
21	Ponton No.5	9/4/2013	88	4	90	dek kerja	15/11/2013	74	3
22	Ponton No.5	3/6/2013	55	3	91	dek kerja	2/5/2014	168	3
23	Ponton No.5	14/7/2013	41	4	92	dek kerja	7/8/2014	97	2
24	Ponton No.5	18/9/2014	66	4	93	dek kerja	18/9/2014	42	3
25	Ponton No.5	22/10/2014	34	4	94	Pompa No.1	20/6/2013		1
26	Ponton No.5	11/3/2015	140	5	95	Pompa No.1	2/9/2013	74	2
27	Ponton No.5	24/8/2015	166	4	96	Pompa No.1	27/1/2014	147	3
28	Ponton no.5	16/9/2015	23	4	97	Pompa No.1	21/4/2014	84	2
29	capstan	14/1/2013		2	98	Pompa No.1	16/7/2014	86	3
30	capstan	25/5/2013	131	3	99	Pompa No.1	24/10/2014	100	1
31	capstan	11/6/2013	17	3	100	Pompa No.1	14/1/2015	82	3
32	capstan	12/7/2013	31	3	101	Pompa No.1	26/6/2015	163	2
33	capstan	2/9/2013	52	2	102	Pompa No.1	13/11/2015	140	3
34	tangga	25/1/2013			103	dek kerja	18/8/2015		
35	crane selatan	12/2/2013		1	104	pipa airtawar	29/7/2013		
36	crane selatan	17/3/2013	33	1	105	jembatan	20/8/2013		
37	crane selatan	25/4/2013	38	3	106	Pompa No.5	28/8/2013		3
38	crane selatan	8/7/2013	75	4	107	Pompa No.5	24/2/2014	180	3
39	crane selatan	25/10/2013	109	4	108	Pompa No.5	28/5/2015	458	2

40	crane selatan	21/11/2013	27	5	109	pompa No.5	27/7/2015	60	3
41	crane selatan	16/12/2013	25	5	110	Pompa No.5	18/8/2015	22	3
42	crane selatan	1/1/2014	16	4	111	Pompa No.4	17/3/2014		1
43	crane selatan	20/2/2014	48	4	112	Pompa No.4	16/4/2014	30	5
44	crane selatan	26/2/2014	6	3	113	Pompa No.4	4/5/2014	20	3
45	crane selatan	10/3/2014	10	1	114	Pompa No.4	20/10/2014	167	2
46	crane selatan	6/5/2014	55	3	115	Pompa No.4	22/5/2015	214	2
47	crane selatan	16/5/2014	10	1	116	Pompa No.4	31/7/2015	70	1
48	crane selatan	5/6/2014	17	2	117	Pompa No.4	17/10/2015	78	4
49	crane selatan	18/9/2014	106	4	118	pipa PMK	11/4/2014		5
50	crane selatan	13/10/2014	25	1	119	pipa PMK	19/11/2014	222	3
51	crane selatan	8/12/2014	56	3	120	pipa PMK	13/1/2015	55	2
52	crane selatan	17/1/2015	40	3	121	pipa PMK	27/5/2015	134	4
53	crane selatan	11/6/2015	148	3	122	pipa LPG	14/7/2014		
54	crane selatan	9/10/2015	120	4	123	pompa No.6	15/9/2014		2
55	crane selatan	5/11/2015	25	2	124	pompa No.6	8/10/2014	23	3
56	Pompa No.3	14/2/2013		1	125	pompa No.6	27/1/2015	111	2
57	Pompa No.3	2/9/2013	196	1	126	pompa No.6	11/3/2015	43	4
58	Pompa No.3	28/4/2015	603	2	127	pompa No.6	27/4/2015	47	3
59	Pompa No.2	18/2/2013		2	128	pompa No.6	8/6/2015	42	5
60	Pompa No.2	5/4/2013	46	3	129	pompa No.6	6/7/2015	38	4
61	Pompa No.2	2/7/2013	88	3	130	pompa No.6	18/11/2015	135	4
62	Pompa No.2	24/10/2014	478	2	131	ponton no.7	8/10/2014		5
63	Ponton No.2	26/2/2013		4	132	ponton no.7	22/1/2015	106	3
64	Ponton No.2	28/3/2013	30	5	133	ponton no.7	11/3/2015	48	4
65	Ponton No.2	16/7/2014	475	4	134	keel block	10/10/2014		
66	Ponton No.2	9/10/2014	85	5	135	pompa no.7	20/10/2014		5
67	Ponton No.2	13/11/2014	35	5	136	pompa no.7	13/11/2014	24	3
68	Ponton No.2	3/12/2014	22	3	137	pompa no.7	2/4/2015	140	4
69	Ponton No.2	11/3/2015	98	4	138	pompa no.7	28/12/2015	270	2



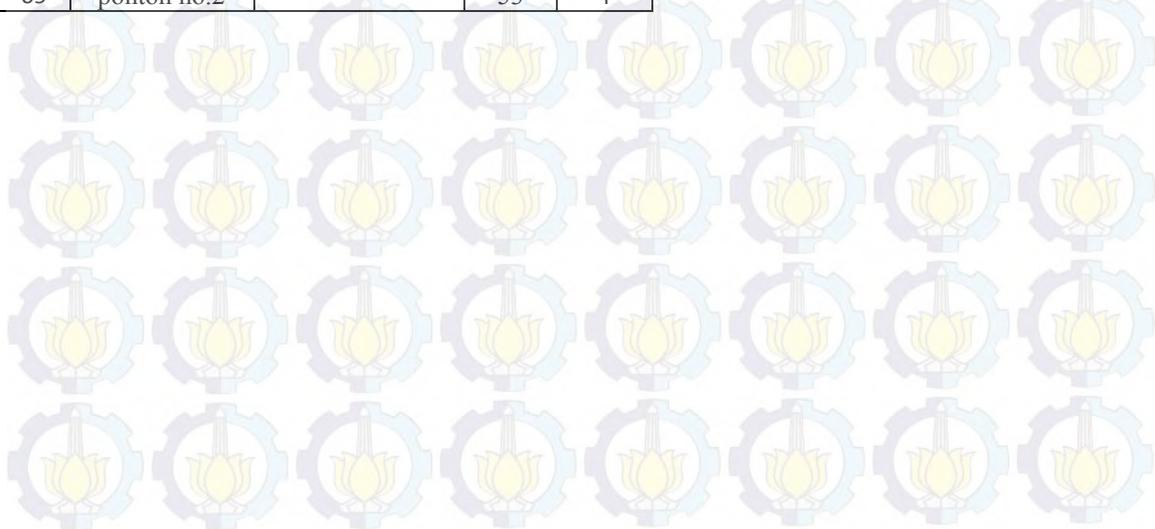
3. Rekap data TTF (*time to failure*) dan TTR (*time to repair*) Dok IV

NO	KOMPONEN	TANGGAL KERUSAKAN	TTF (Day)	TTR (Day)	NO	KOMPONEN	TANGGAL KERUSAKAN	TTF (Day)	TTR (Day)
1	crane selatan	2/1/2013		1	38	Pompa No.4	28/5/2013	117	2
2	crane selatan	2/4/2013	90	3	39	Pompa No.4	12/5/2014	349	3
3	crane selatan	15/5/2013	41	3	40	penerangan	7/2/2013		4
4	crane selatan	18/6/2013	34	2	41	penerangan	15/3/2013	28	1
5	crane selatan	19/9/2013	93	5	42	penerangan	19/8/2013	157	1
6	crane selatan	19/12/2013	91	5	43	penerangan	25/9/2013	37	1
7	crane selatan	24/2/2014	67	1	44	penerangan	7/1/2014	104	1
8	crane selatan	2/4/2014	59	5	45	penerangan	22/9/2014	258	1
9	crane selatan	3/6/2014	62	2	46	pipa LPG	12/2/2013		2
10	crane selatan	7/8/2014	65	3	47	pipa LPG	20/8/2013	189	4
11	crane selatan	12/9/2014	36	5	48	pompa No.2	4/3/2013		2
12	crane selatan	18/9/2014	6	1	49	pompa No.2	1/10/2014	576	3
13	crane selatan	30/10/2014	42	4	50	pompa No.2	11/9/2015	345	4
14	crane selatan	27/11/2014	28	2	51	pompa No.5	11/3/2013		1
15	crane selatan	31/3/2015	124	1	52	pompa No.5	11/7/2013	122	5
16	crane selatan	10/4/2015	10	3	53	pompa No.5	20/4/2015	648	5
17	crane selatan	28/5/2015	48	4	54	ponton No.1	15/3/2013		4
18	crane utara	30/1/2013		1	55	ponton No.1	15/6/2013	92	4
19	crane utara	20/4/2013	80	4	56	ponton No.1	7/5/2015	691	4
20	crane utara	10/5/2013	14	2	57	Pipa PMK	18/4/2013		1
21	crane utara	29/5/2013	50	5	58	Pipa PMK	7/8/2014	476	2
22	crane utara	22/7/2013	54	1	59	Pipa PMK	24/11/2014	109	1
23	crane utara	19/12/2013	150	1	60	Pipa PMK	5/8/2015	254	2
24	crane utara	30/1/2014	42	2	61	Pipa PMK	3/11/2015	90	2
25	crane utara	12/3/2014	41	5	62	ponton no.4	29/5/2013		4
26	crane utara	12/7/2014	122	3	63	ponton no.4	18/9/2014	477	4
27	crane utara	12/9/2014	62	4	64	pompa no.3	31/7/2013		
28	crane utara	12/12/2014	91	5	65	tangga	19/8/2013		5
29	crane utara	13/4/2015	122	1	66	tangga	24/4/2014	248	6
30	crane utara	1/6/2015	48	3	67	pompa No.6	7/3/2014		
31	crane utara	9/9/2015	100	1	68	dk kerja	30/9/2014		
32	pompa No.1	31/1/2013		3	69	keel block	1/11/2014		
33	pompa No.1	1/5/2013	90	2	70	capstan	13/11/2014		
34	pompa No.1	14/7/2014	439	2	71	ponton no.3	17/12/2014		4
35	pompa no.1	18/8/2014	35	3	72	ponton no.3	24/1/2015	38	4
36	pompa No.1	11/6/2015	297	2	73	ponton no.5	20/2/2015		4
37	Pompa No.4	31/1/2013		3	74	ponton no.5	10/6/2015	110	5

4. Rekap data TTF (*time to failure*) dan TTR (*time to repair*) Dok V

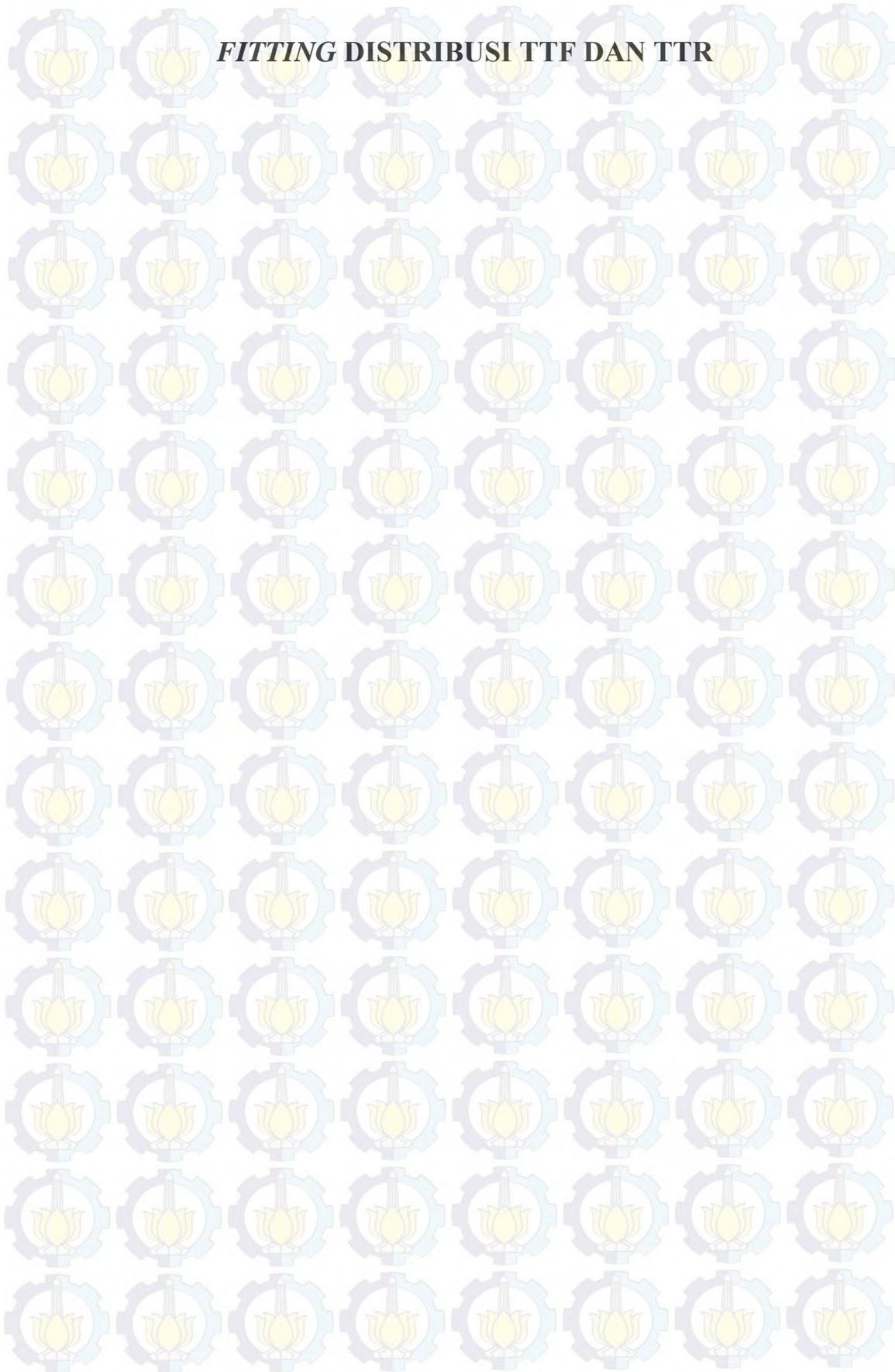
NO	KOMPONEN	TANGGAL KERUSAKAN	TTF (Day)	TTR (Day)	NO	KOMPONEN	TANGGAL KERUSAKAN	TTF (Day)	TTR (Day)
1	ponton no.1	2/1/2013		4	70	crane utara	25/1/2013		1
2	ponton no.1	11/6/2013	160	4	71	crane utara	1/2/2013	10	2
3	ponton no.1	13/9/2013	90	5	72	crane utara	21/2/2013	20	4
4	ponton no.1	3/2/2014	137	5	73	crane utara	20/5/2013	64	2
5	ponton no.1	18/3/2014	43	4	74	crane utara	9/7/2013	50	1
6	ponton no.1	2/4/2014	15	4	75	crane utara	15/1/2014	140	4
7	ponton no.1	4/4/2014	2	5	76	crane utara	5/3/2014	60	3
8	ponton no.1	25/4/2014	20	4	77	crane utara	16/4/2014	45	1
9	ponton no.1	27/5/2014	35	4	78	crane utara	11/6/2014	60	2
10	ponton no.1	11/9/2014	104	4	79	crane utara	15/8/2014	65	5
11	ponton no.1	18/6/2015	280	5	80	crane utara	23/1/2015	170	3
12	Ponton No.6	2/1/2013		4	81	crane utara	2/3/2015	32	2
13	Ponton No.6	12/1/2013	10	5	82	crane utara	27/3/2015	30	2
14	Ponton No.6	25/3/2013	75	4	83	crane utara	7/4/2015	10	1
15	Ponton No.6	3/5/2013	39	5	84	crane utara	8/4/2015	1	1
16	Ponton No.6	19/9/2013	139	4	85	crane utara	28/4/2015	20	3
17	ponton no.6	1/10/2013	12	5	86	crane utara	3/5/2015	5	5
18	Ponton No.6	12/12/2013	42	4	87	penerangan	26/2/2013		1
19	Ponton No.6	25/12/2013	13	5	88	penerangan	15/3/2013	17	1
20	Ponton No.6	27/2/2014	64	4	89	penerangan	20/5/2013	66	1
21	Ponton No.6	11/7/2014	134	5	90	penerangan	25/11/2013	189	1
22	Ponton No.6	16/7/2014	5	4	91	penerangan	14/7/2014	231	1
23	Ponton No.6	22/9/2014	69	4	92	penerangan	12/9/2014	60	1
24	Ponton No.6	19/2/2015	150	4	93	penerangan	19/8/2015	341	1
25	Ponton No.6	14/8/2015	175	5	94	penerangan	26/11/2015	99	1
26	crane selatan	2/1/2013		2	95	pompa No.5	15/3/2013		2
27	crane selatan	25/1/2013	23	1	96	pompa No.5	18/3/2014	368	1
28	crane selatan	7/4/2013	72	3	97	pompa No.5	8/9/2014	174	2
29	crane selatan	16/5/2013	39	1	98	pompa No.5	22/9/2014	19	3
30	crane selatan	9/10/2013	146	1	99	pompa No.5	12/12/2014	81	5
31	crane selatan	12/5/2014	215	2	100	pompa No.5	20/2/2015	70	5
32	crane selatan	7/5/2015	5	4	101	pompa No.5	10/3/2015	20	2
33	crane selatan	23/6/2015	47	3	102	pompa No.5	19/10/2015	216	1
34	ponton no.3	9/1/2013		5	103	ponton No.4	21/3/2013		4
35	ponton no.3	5/4/2013	86	4	104	ponton No.4	29/7/2013	130	4
36	ponton no.3	1/7/2013	87	5	105	ponton No.4	20/12/2013	144	4
37	ponton no.3	20/12/2013	172	5	106	ponton No.4	6/8/2014	229	5
38	ponton no.3	2/4/2014	103	5	107	ponton No.4	17/10/2014	72	3
39	ponton no.3	22/9/2014	173	4	108	ponton No.4	13/11/2014	27	4

40	ponton no.3	6/11/2014	45	4	109	ponton No.4	30/4/2015	168	3
41	ponton no.3	8/6/2015	214	5	110	ponton No.4	1/7/2015	62	3
42	ponton no.3	29/9/2015	113	4	111	pipa PMK	3/4/2013		2
43	ponton no.4	9/1/2013		5	112	pipa PMK	27/8/2013	146	2
44	ponton no.4	15/1/2013	6	5	113	pipa PMK	27/7/2015	333	3
45	dek kerja	10/1/2013		3	114	tangga	13/5/2013		3
46	dek kerja	1/10/2013	264	3	115	tangga	8/7/2014	421	4
47	ponton no.5	10/1/2013		4	116	tangga	19/8/2015	407	5
48	ponton no.5	3/5/2013	113	4	117	side wall	2/7/2013		7
49	ponton no.5	15/6/2013	41	5	118	side wall	2/10/2013	92	7
50	ponton no.5	20/12/2013	188	4	119	pipa LPG	22/7/2013		
51	ponton no.5	21/4/2014	122	5	120	jembatan	23/7/2013		
52	ponton no.5	12/9/2014	144	5	121	pompa No.6	5/12/2013		2
53	ponton no.5	19/12/2014	98	4	122	pompa No.6	2/4/2014	118	2
54	ponton no.5	19/3/2015	90	5	123	pompa No.6	21/4/2014	19	1
55	Ponton No.5	20/4/2015	32	4	124	pompa No.6	18/11/2014	211	4
56	ponton no.5	8/6/2015	49	4	125	pompa no.1	20/12/2013		5
57	ponton no.5	7/11/2015	152	5	126	pompa no.1	12/3/2014	82	1
58	ponton no.2	10/1/2013		4	127	pompa no.1	6/11/2014	239	2
59	ponton no.2	5/4/2013	85	5	128	pompa no.1	30/4/2015	175	5
60	ponton no.2	1/7/2013	89	4	129	pompa no.1	11/6/2015	42	2
61	ponton no.2	21/8/2013	51	5	130	pompa no.2	20/1/2014		3
62	ponton no.2	20/12/2013	121	4	131	pompa no.2	12/8/2014	204	1
63	ponton no.2	21/4/2014	122	4	132	pompa no.2	7/11/2015	87	3
64	ponton no.2	11/7/2014	81	4	133	pompa no.3	20/1/2014		3
65	ponton no.2	17/11/2014	129	5	134	pompa no.3	5/11/2014	289	2
66	ponton no.2	17/3/2015	120	5	135	pompa no.3	17/6/2015	224	2
67	ponton no.2	8/6/2015	83	4	136	pompa no.3	19/10/2015	124	1
68	ponton no.2	7/8/2015	60	5	137	pompa no.4	28/7/2015		
69	ponton no.2	29/9/2015	53	4					



## LAMPIRAN 6

### *FITTING* DISTRIBUSI TTF DAN TTR



A. *Fitting* distribusi TTF (*time to failure*)

Berikut ini merupakan hasil *fitting* distribusi *Time To Failure* komponen dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dengan menggunakan *software* weibul 6++ :

1. Crane selatan Dok I

Berdasarkan *fitting* distribusi yang dilakukan, diketahui bahwa distribusi *time to failure crane* selatan adalah weibull 3 parameter.



Semua komponen dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, dilakukan dengan cara yang sama seperti diatas. dibawah ini merupakan hasil rekapan *fitting* distribusi TTF dari Dok I, II,IV dan V.

1. *Fitting* distribusi TTF Dok I

NO	Komponen	Distribusi	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\lambda$	$\mu$	$\sigma$
1	Crane selatan	Weibull 3	56.262	1.248	3.195			
2	Crane utara	Weibull 3	61.313	1.157	5.325			
3	Pompa No.1	Weibull 3	214.578	1.410	25.910			
4	Pompa No.4	Eksponensial 2			41.035	0.012		
5	Pompa No.6	Eksponensial 2			28.428	0.007		
6	Pompa No.7	Weibull 3	121.037	1.0748	25.75			
7	Ponton No.3	Eksponensial 2			2.705	0.011		

8	Ponton No.4	Weibull 3	47.282	1.436	-2.630			
9	Ponton No.5	Ekspensial 2			0.008	87.04		
10	Capstan	Weibull 3	72.968	0.7161	19.420			

2. *Fitting* distribusi TTF Dok II

NO	Komponen	Distribusi	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\lambda$	$\mu$	$\sigma$
1	Crane utara	Weibull 3	103.130	0.044	19.31			
2	Crane selatan	Ekspensial 2			5.631	0.022		
3	Pompa No.1	Weibull 3	40.096	0.835	71.88			
4	Pompa No.4	Ekspensial 2			8.768	0.010		
5	Pompa No.6	Weibull 3	131.809	0.265	14.538			
6	Ponton No.2	Weibull 3	40.969	0.657	36.865			
7	Ponton No.5	Ekspensial 2			18.869	0.016		

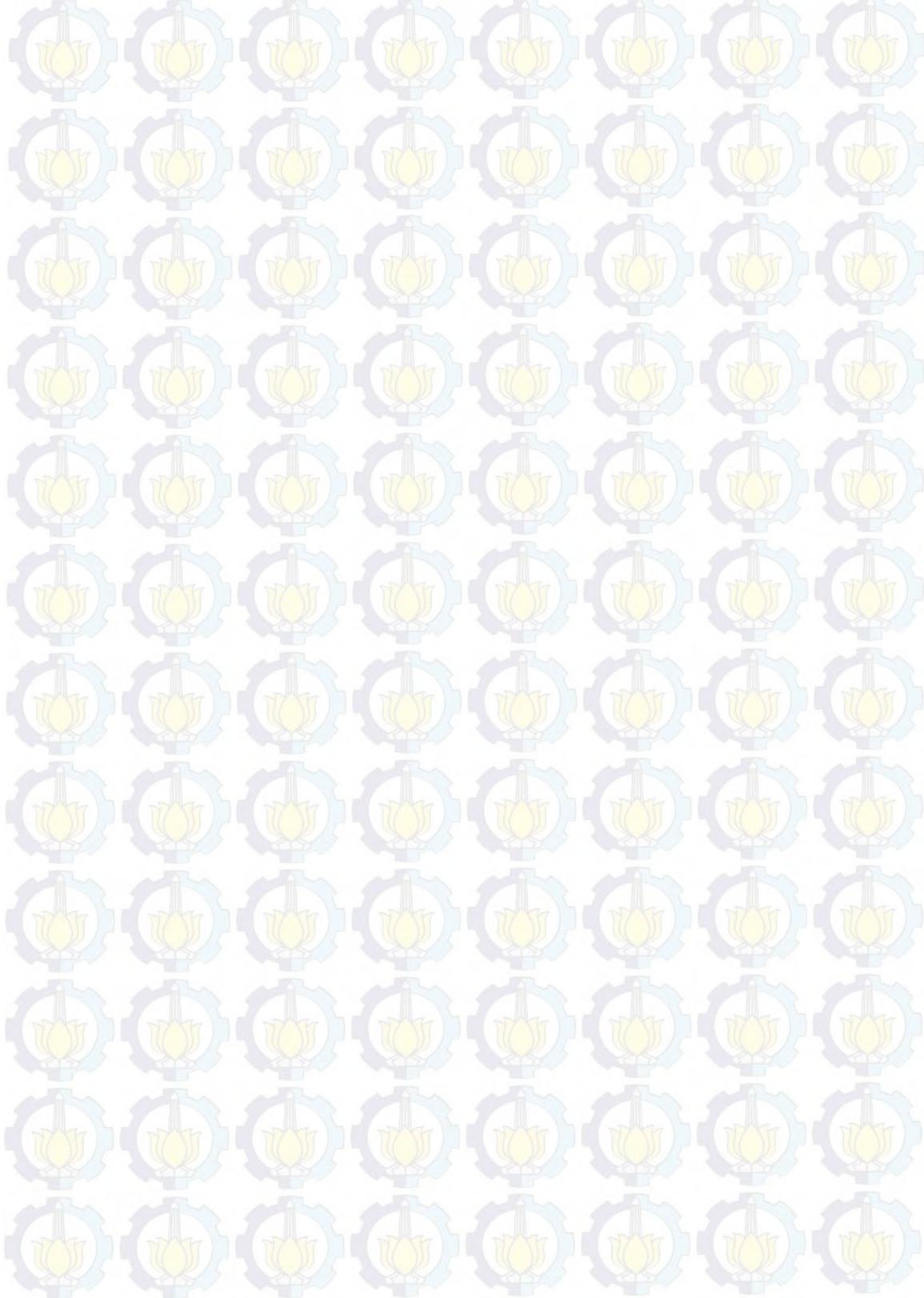
3. *Fitting* distribusi TTF Dok IV

NO	Komponen	Distribusi	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\lambda$	$\mu$	$\sigma$
1	Crane selatan	Weibull 3	79.689	2.165	-13.745			
2	Crane utara	Weibull 3	100.312	2.267	-12.85			
3	Pompa No.1	Ekspensial 2			14.523	0.004		

4. *Fitting* distribusi TTF Dok V

NO	Komponen	Distribusi	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\lambda$	$\mu$	$\sigma$
1	Ponton No.1	Ekspensial 2			-7.225	0.01		
2	Ponton No.2	Weibull 3	99.184	3.100	2.140			
3	Ponton No.3	Weibull 3	146.182	2.208	-3.275			
4	Ponton No.4	Weibull 3	176.628	2.139	-34.933			
5	Ponton No.5	Weibull 3	177.302	3.148	-55.180			
6	Ponton No.6	Weibull 3	80.599	1.107	-0.95			

7	Crane utara	Eksponensial 2			-1.271	0.019		
8	Crane selatan	Weibull 3	89.147	1.035	-4.553			
9	Pompa No.5	Eksponensial 2			6.701	0.007		



B. *Fitting* distribusi TTR (*time to repair*)

Berikut ini merupakan hasil *fitting* distribusi *Time To Repair* komponen dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dengan menggunakan *software* weibul 6++ :

1. Crane selatan Dok I

Berdasarkan *fitting* distribusi yang dilakukan, diketahui bahwa distribusi *time to repair* Crane selatan adalah weibull 3 parameter.



Semua komponen dok apung (*floating dock*) PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, dilakukan dengan cara yang sama seperti diatas. dibawah ini merupakan hasil rekapan *fitting* distribusi TTR dari Dok I, II,IV dan V

1. *Fitting* distribusi TTR Dok I

NO	Komponen	Distribusi	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\lambda$	$\mu$	$\sigma$
1	Crane selatan	Weibull 3	7.062	4.568	-3.663			
2	Crane utara	Weibull 3	4.522	2.582	-1.338			
3	Pompa No.1	Weibull 2	3.986	13.507				
4	Pompa No.4	Weibull 3	3.638	3.761	-1.148			
5	Pompa No.6	Weibull 3	1.897	2.013	0.093			
6	Pompa No.7	Weibull 2	2.638	2.641				
7	Ponton No.3	Lognormal 2					1.498	0.111
8	Ponton No.4	Weibull 3	4.751	7.219	0.04			
9	Ponton No.5	Weibull 2	4.862	10.825				
10	Capstan	Weibull 2	2.888	6.537				

2. *Fitting* distribusi TTR Dok II

NO	Komponen	Distribusi	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\lambda$	$\mu$	$\sigma$
1	Crane utara	Weibull 3	2.604	1.593	0.045			
2	Crane selatan	Weibull 3	7.346	5.323	-3.858			
3	Pompa No.1	Weibull 3	4.656	4.977	-2.050			
4	Pompa No.4	Weibull 3	3.088	1.718	-0.093			
5	Pompa No.6	Weibull 3	5.097	4.405	-1.270			
6	Ponton No.2	Weibull 2	4.674	6.421				
7	Ponton No.5	Weibull 2	4.106	7.962				

3. *Fitting* distribusi TTR Dok IV

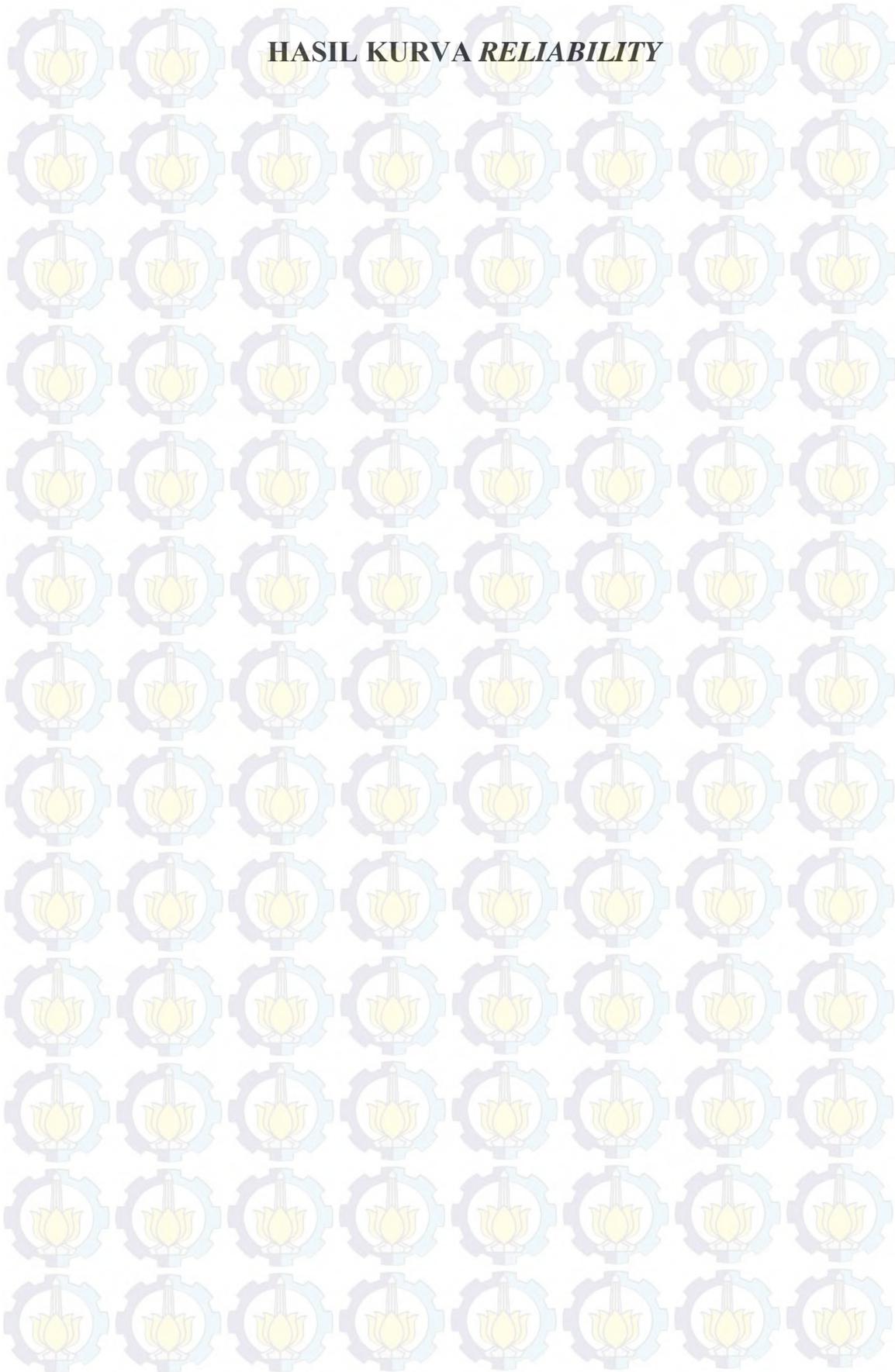
NO	Komponen	Distribusi	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\lambda$	$\mu$	$\sigma$
1	Crane selatan	Weibull 3	3.243	1.662	0.143			
2	Crane utara	Weibull 3	3.124	1.506	0.028			
3	Pompa No.1	Weibull 3	2.745	3.959	0.030			

4. *Fitting* distribusi TTR Dok V

NO	Komponen	Distribusi	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\lambda$	$\mu$	$\sigma$
1	Ponton No.1	Weibull 3	4.613	7.458	0.04			
2	Ponton No.2	Weibull 3	4.664	7.599	0.04			
3	Ponton No.3	Weibull 3	4.778	7.729	0.06			
4	Ponton No.4	Weibull 3	2.078	2.380	1.953			
5	Ponton No.5	Weibull 3	4.671	7.573	0.070			
6	Ponton No.6	Weibull 3	4.675	7.712	0.04			
7	Crane utara	Weibull 3	2.664	1.689	0.155			
8	Crane selatan	Weibull 3	2.974	2.257	-0.455			
9	Pompa No.5	Weibull 3	2.258	1.075	0.640			

## LAMPIRAN 7

### HASIL KURVA *RELIABILITY*



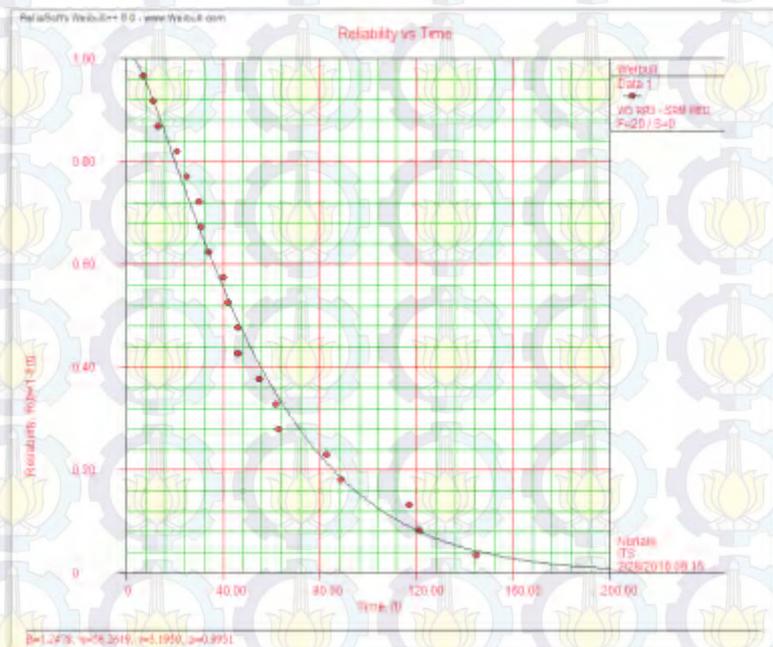
A. Berdasarkan distribusi waktu antar kegagalan maka dapat dilakukan perhitungan nilai *reliability* sesuai dengan distribusi masing-masing.

1. Crane selatan Dok I (Distribusi weibull 3 parameter)

$$R(t) = \begin{cases} 0, & t < \gamma \\ \exp \left[ - \left( \frac{t - \gamma}{\alpha} \right)^\beta \right] & t \geq \gamma \end{cases}$$

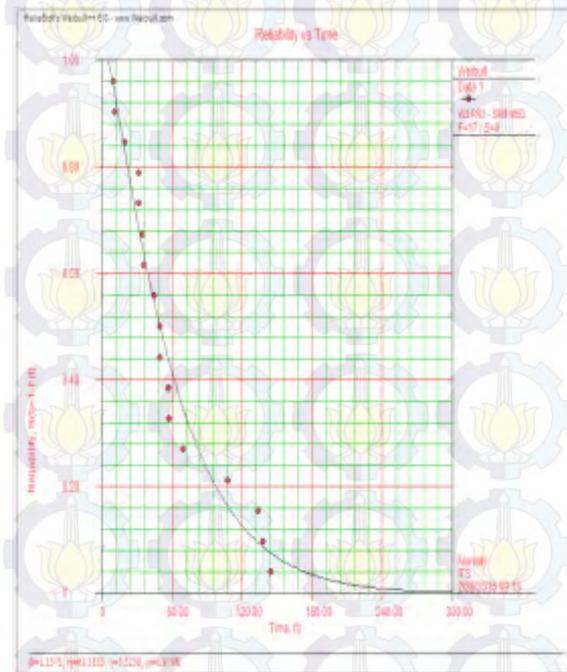
$$R(t) = \text{Exp} \left\{ - \left( \frac{t - 3.195}{56.262} \right)^{1.248} \right\}$$

Evaluasi perhitungan diatas diplot dalam sebuah grafik seperti dibawah ini.

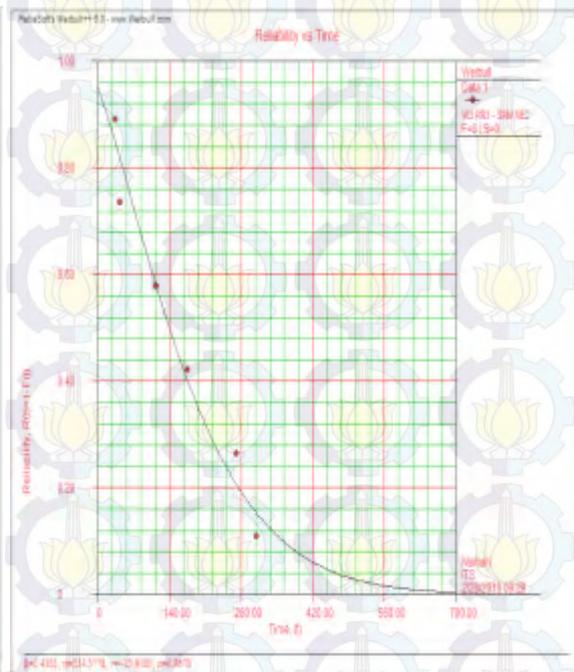


Dengan cara yang sama, evaluasi perhitungan tiap komponen dok apung diplotkan dalam sebuah grafik. Dibawah ini merupakan hasil dari grafik yang telah diplotkan

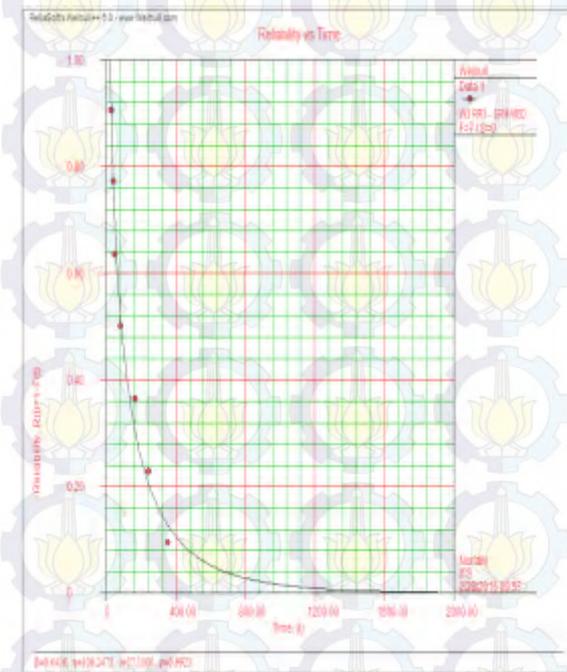
2. Crane utara Dok I



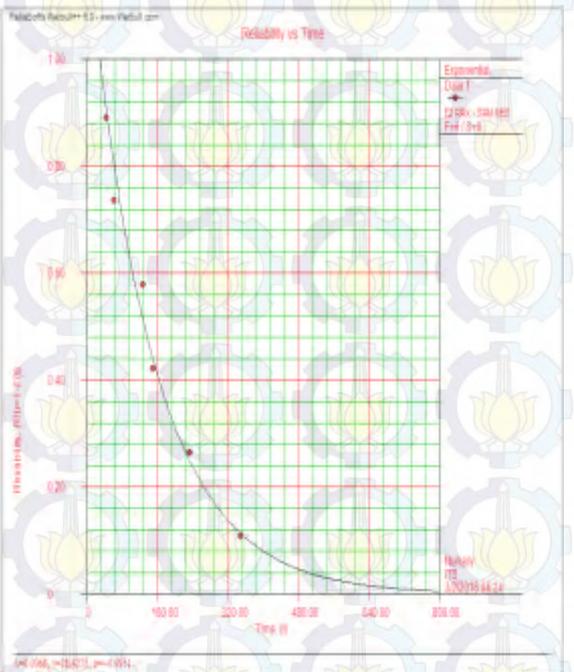
3. Pompa No.1 Dok I



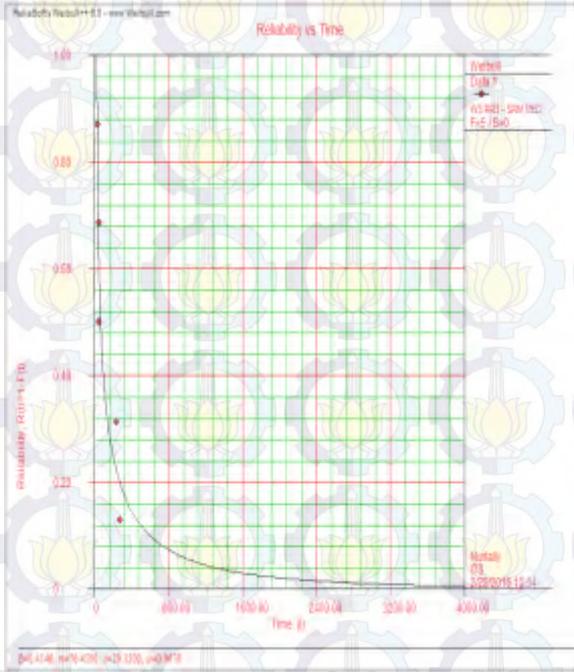
4. Pompa No.4 Dok I



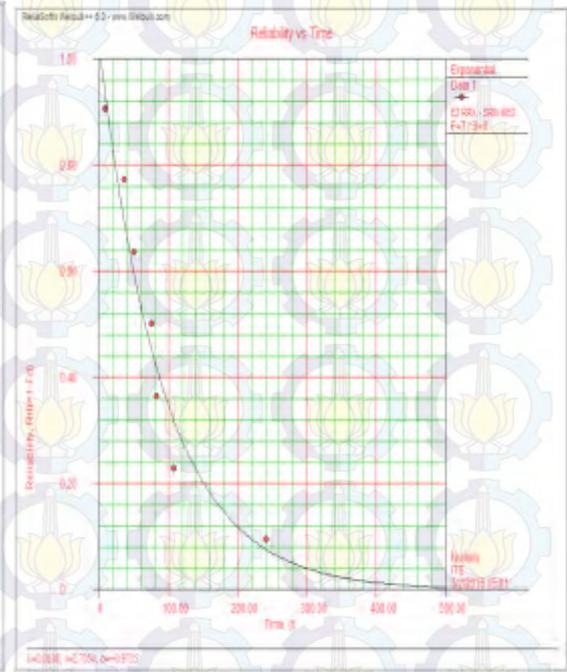
5. Pompa No.6 Dok I



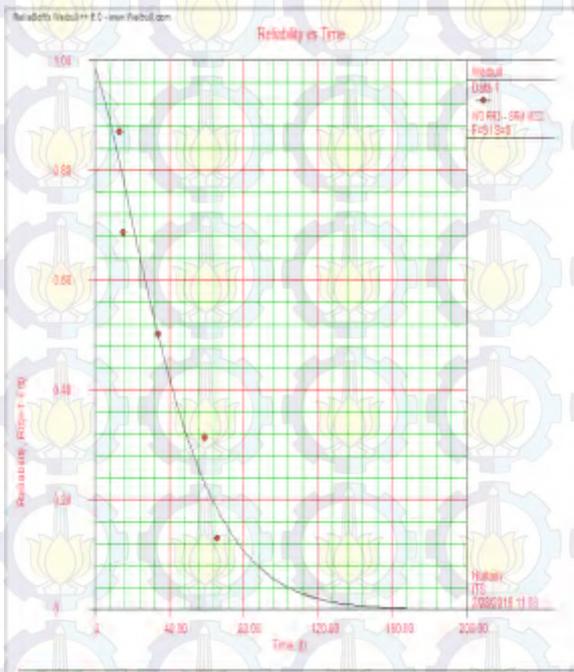
6. Pompa No.7 Dok I



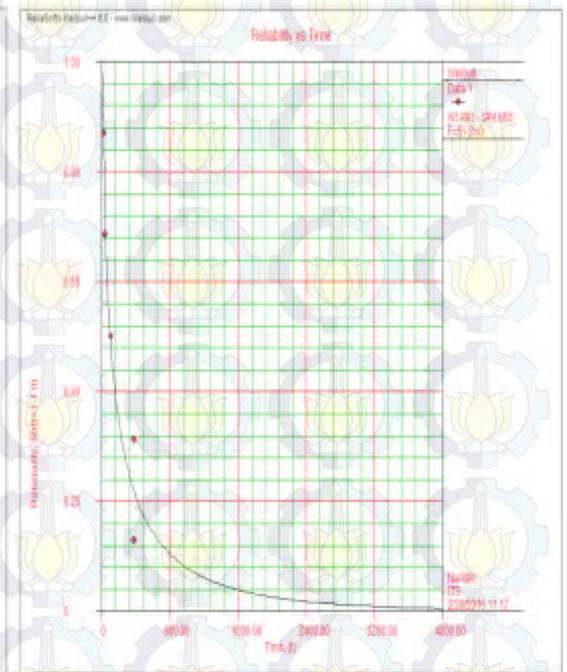
7. Ponton No.3 Dok I



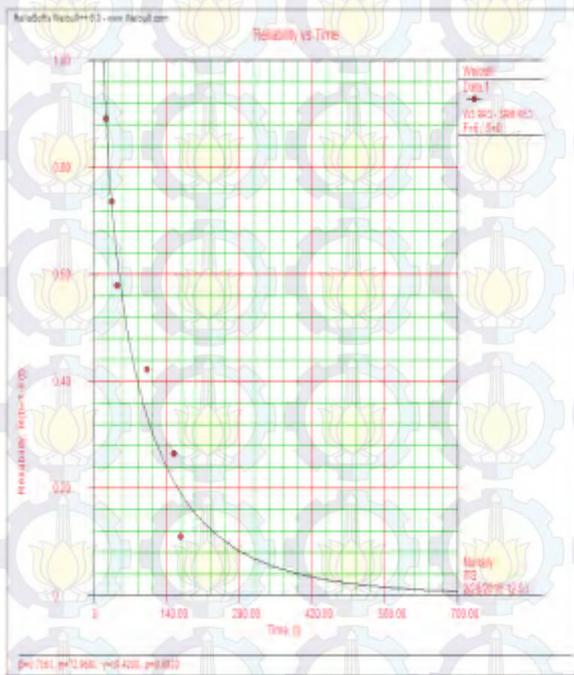
8. Ponton No.4 Dok I



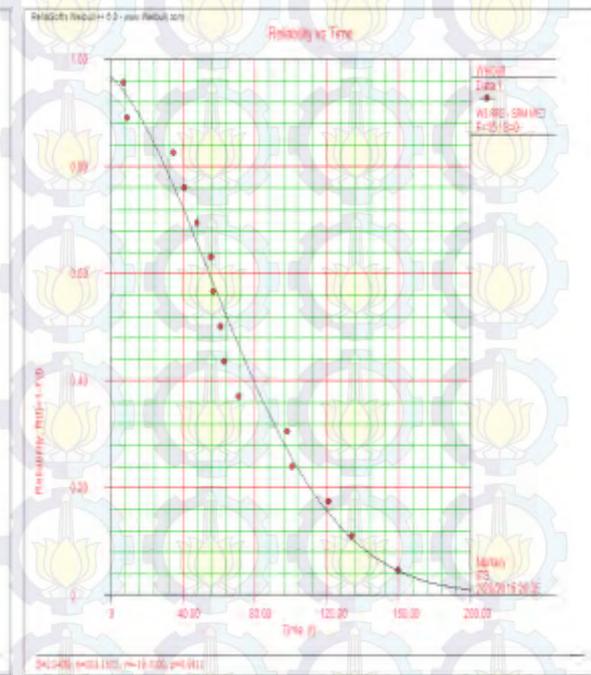
9. Ponton No.5 Dok I



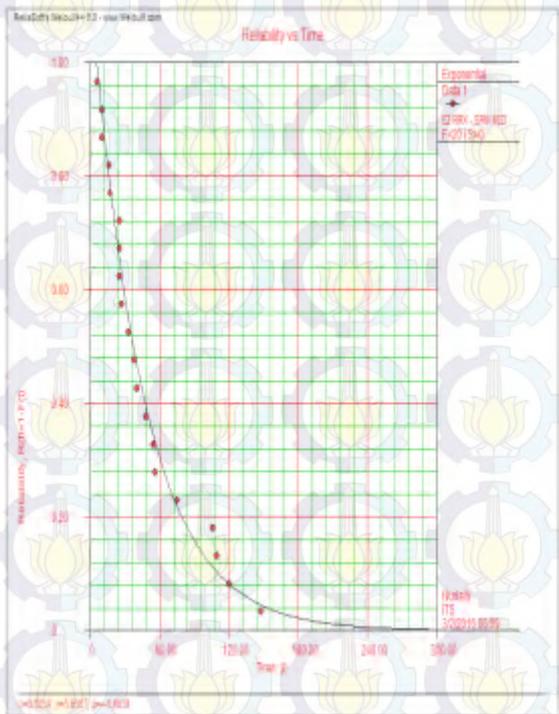
10. Capstan Dok I



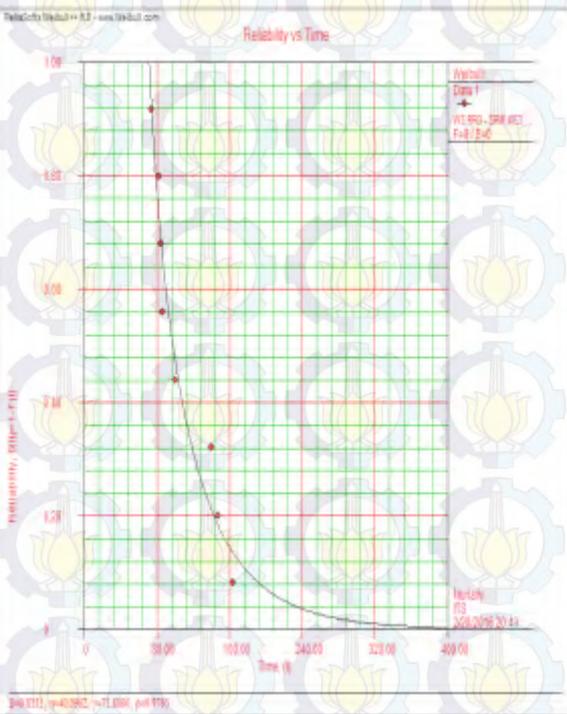
11. Crane utara Dok II



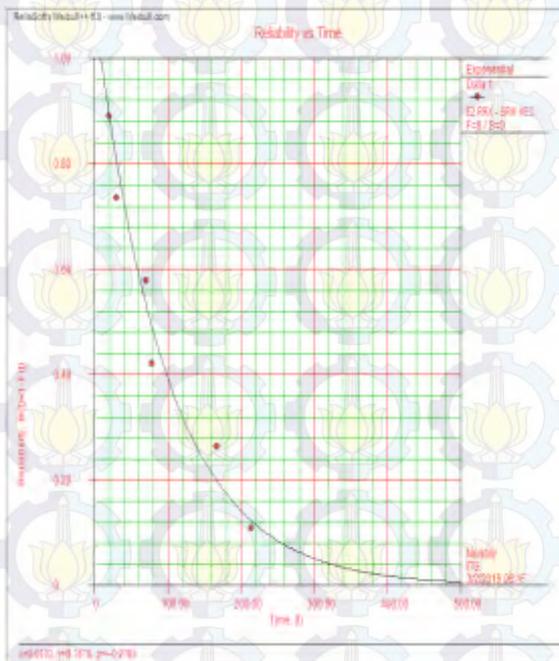
12. Crane selatan Dok II



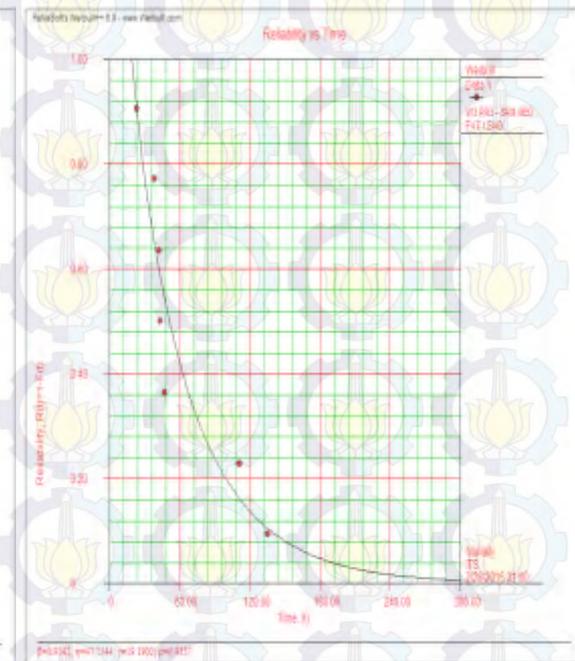
13. Pompa No.1 Dok II



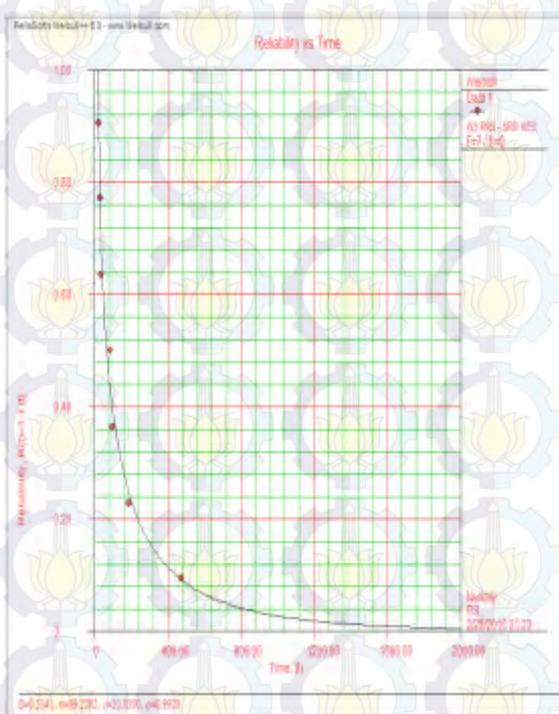
14. Pompa No.4 Dok II



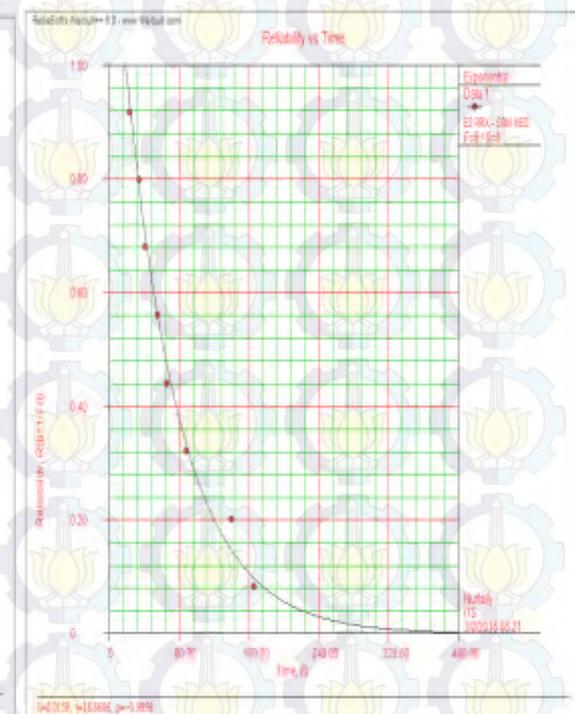
15. Pompa No.6 Dok II



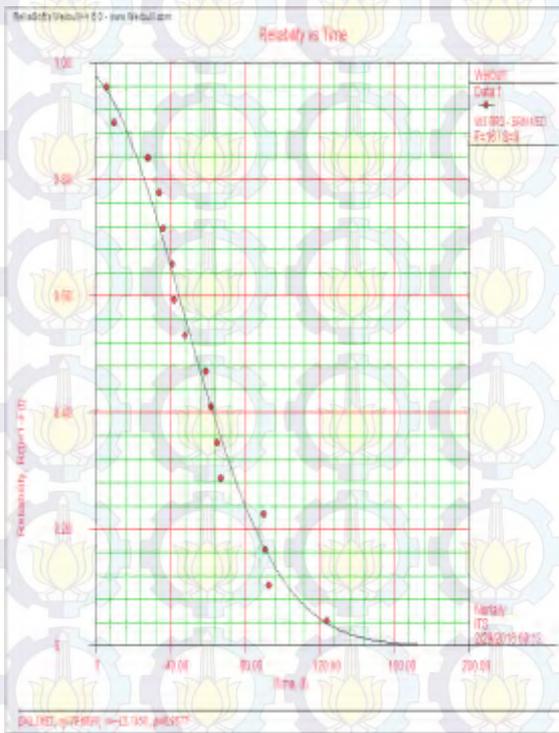
16. Ponton No.2 Dok II



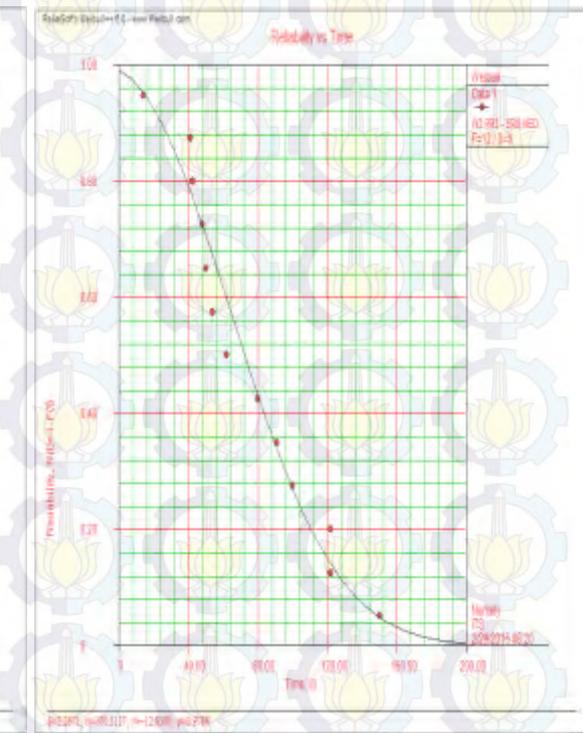
17. Ponton No.5 Dok II



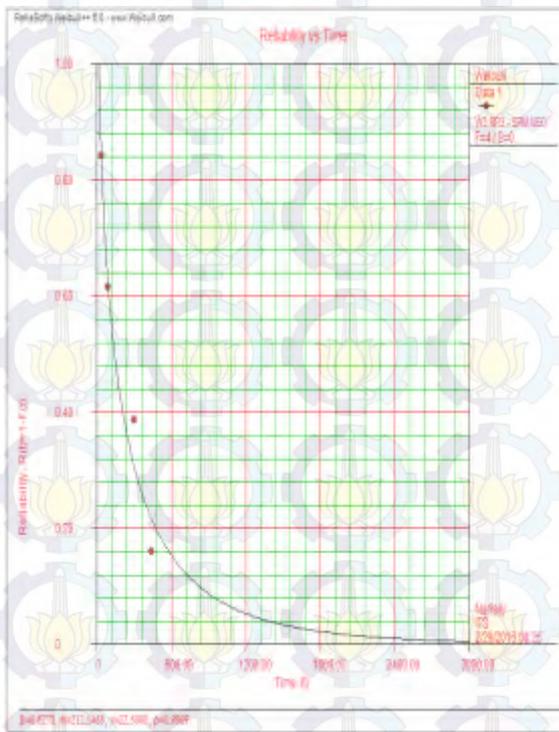
18. Crane selatan Dok IV



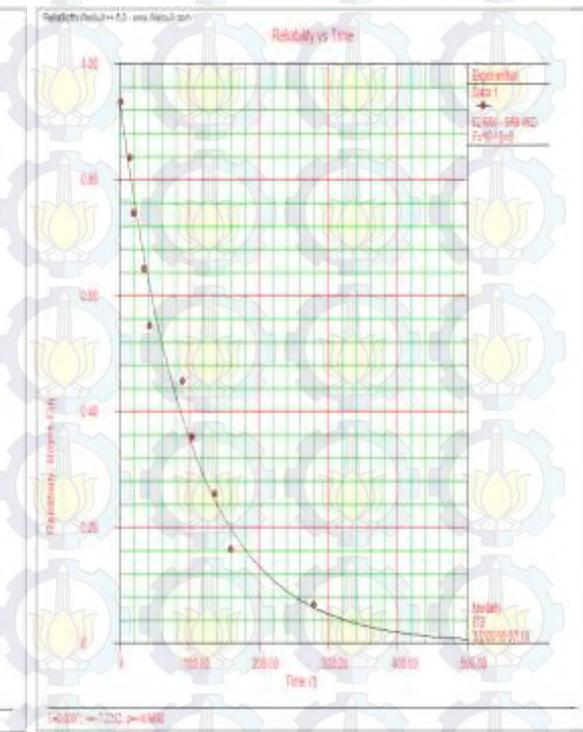
19. Crane utara Dok IV



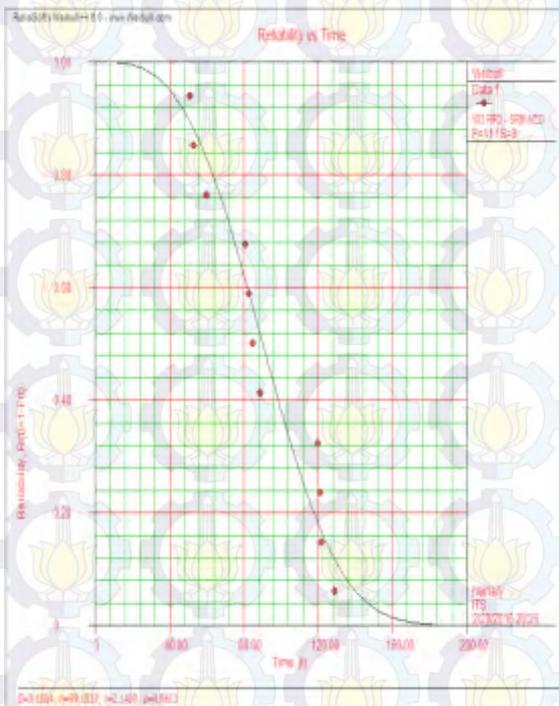
20. Pompa No.1 Dok IV



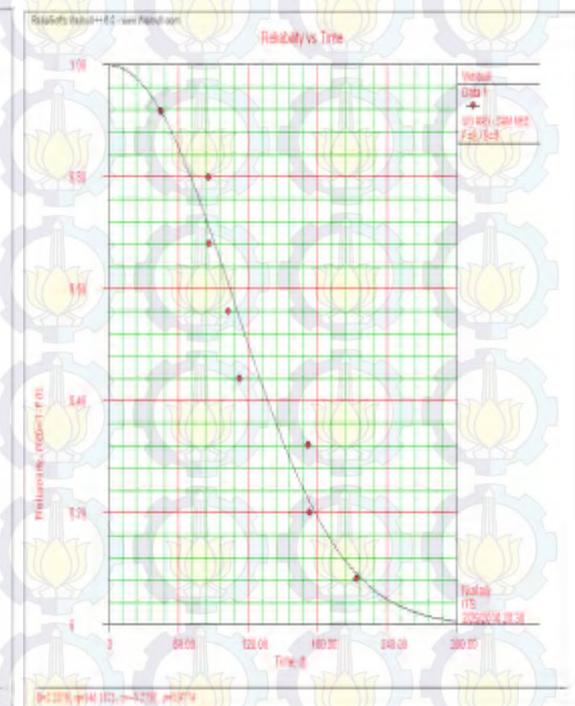
21. Ponton No.1 Dok V



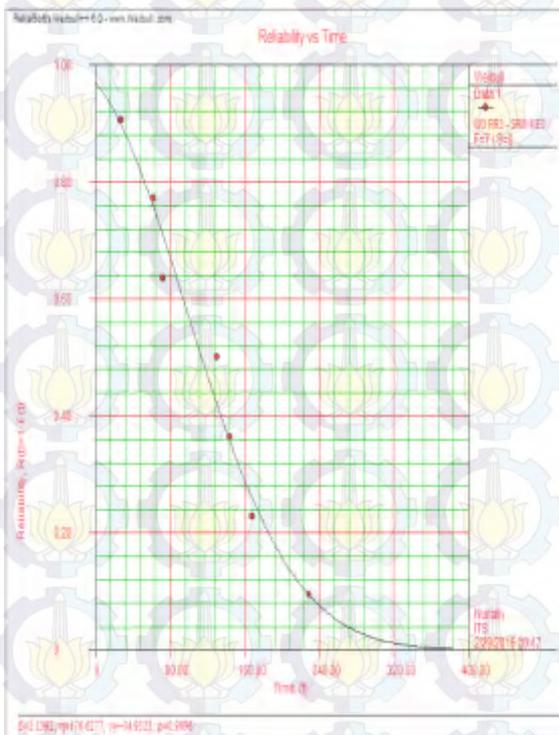
22. Ponton No.2 Dok V



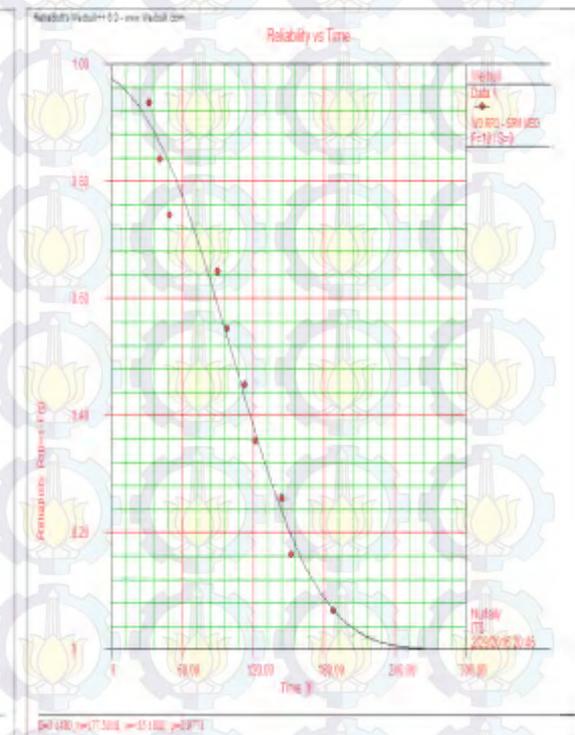
23. Ponton No.3 Dok V



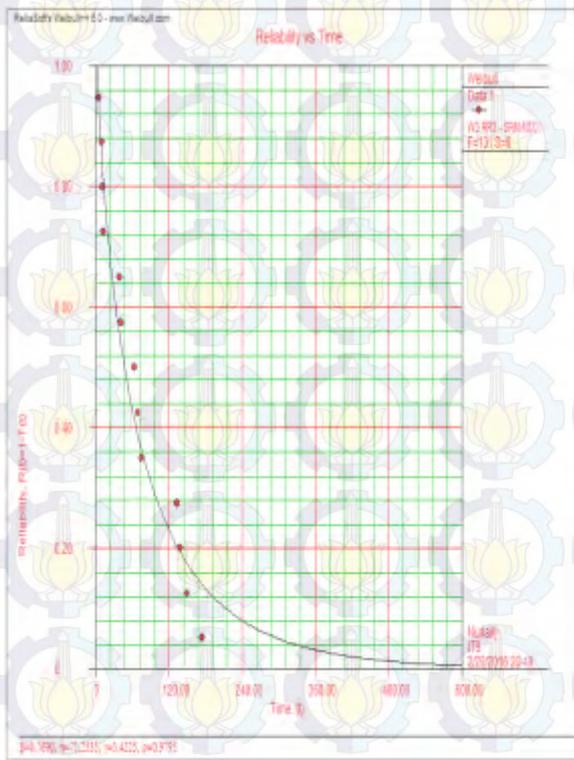
24. Ponton No.4 Dok V



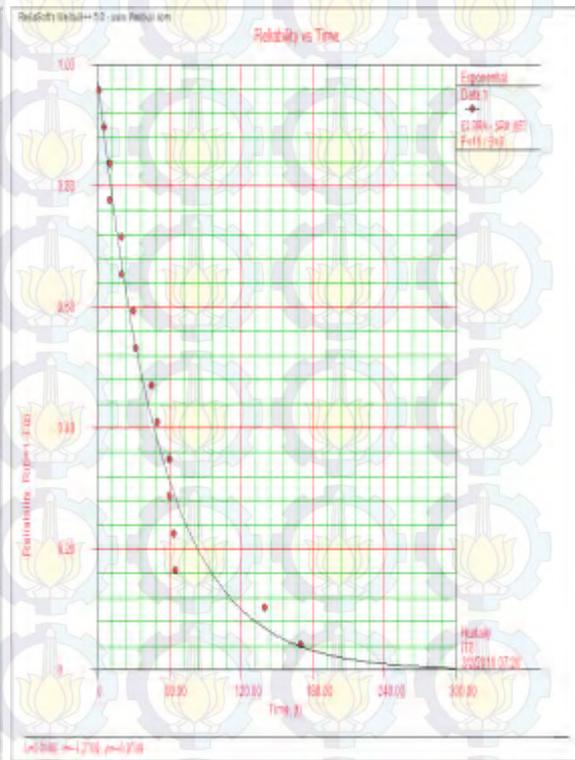
25. Ponton No.5 Dok V



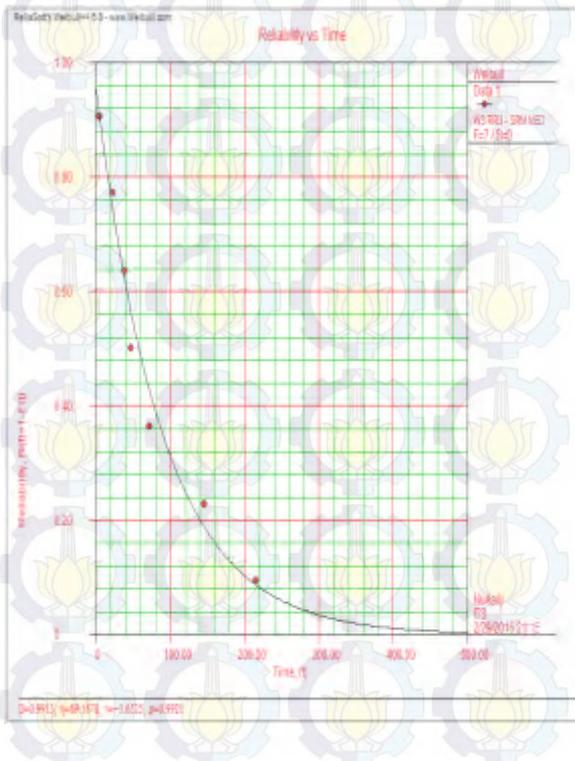
26. Ponton No.6 Dok V



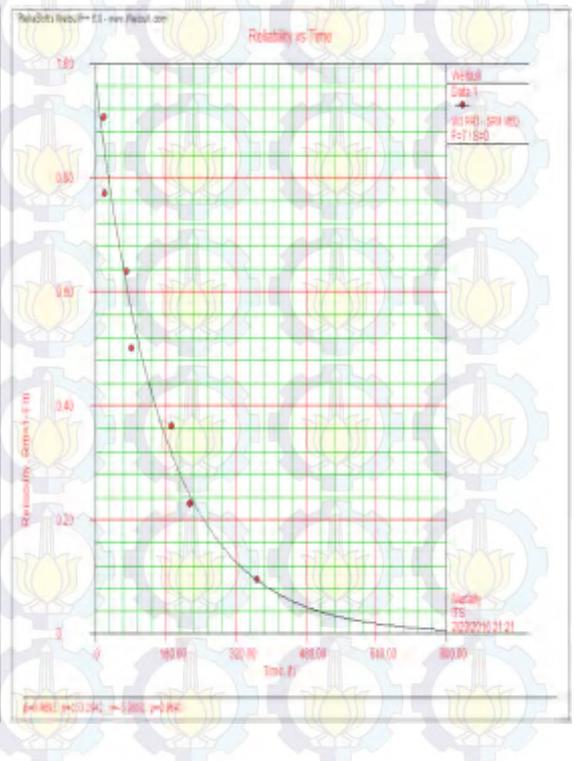
27. Crane utara Dok



28. Crane selatan Dok V

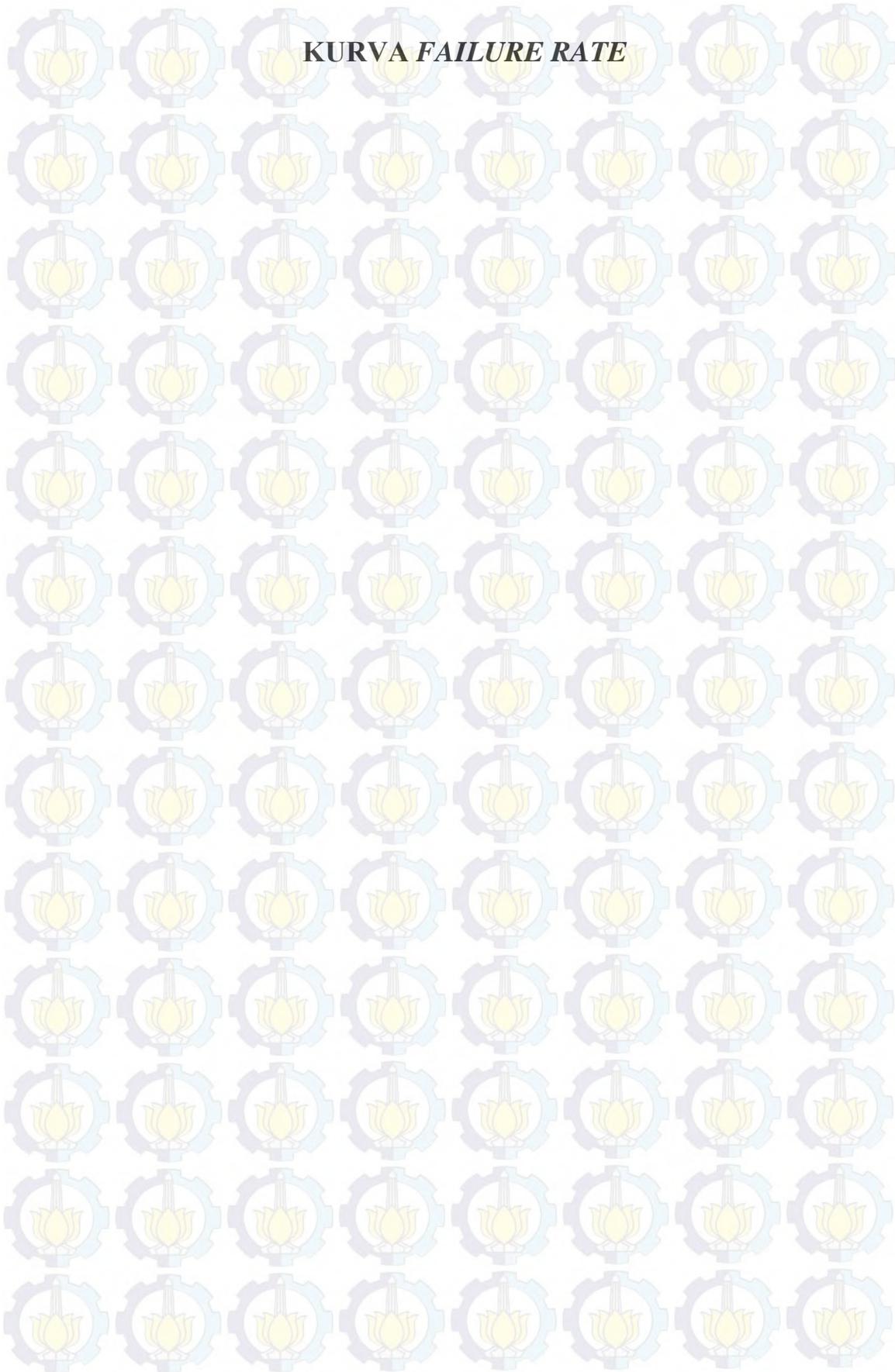


29. Pompa No.5 Dok V



## LAMPIRAN 8

### *KURVA FAILURE RATE*



Berdasarkan distribusi waktu antar kegagalan maka dapat dilakukan perhitungan nilai *failure rate* sesuai dengan distribusi masing-masing.

Crane selatan Dok I (Distribusi weibull 3 parameter)

$$h(t) = \lambda(t) = \begin{cases} 0, & t < \gamma \\ \frac{\beta}{\alpha} \left( \frac{t - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1}, & t \geq \gamma \end{cases}$$

$$A = \frac{1.248}{56.262} \left( \frac{t - 3.195}{56.262} \right)^{1.248-1}$$

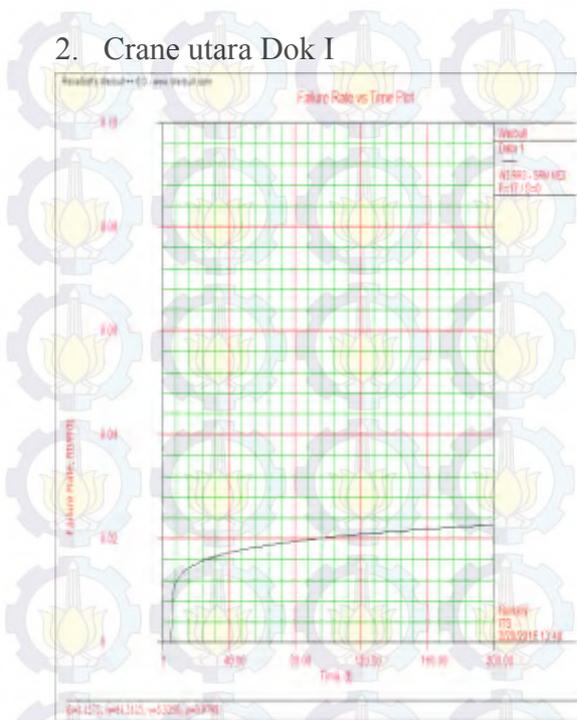
Evaluasi perhitungan diatas diplot dalam sebuah grafik seperti dibawah ini.



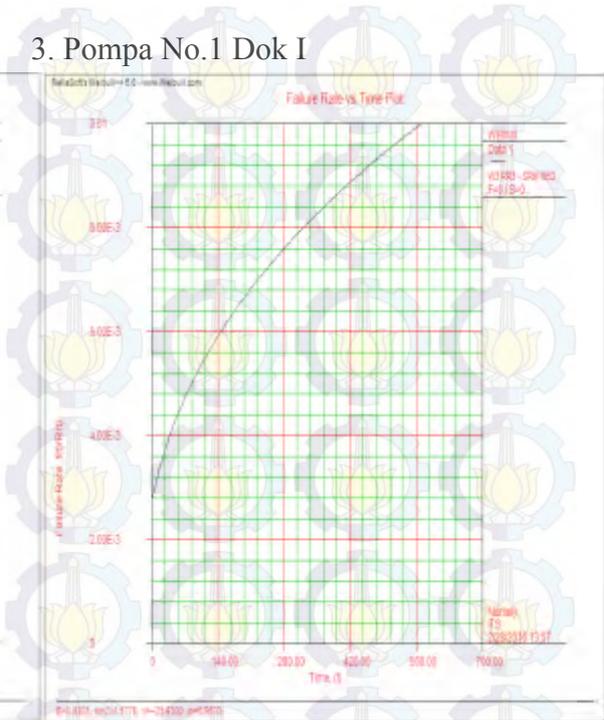
Dengan cara yang sama, evaluasi perhitungan tiap komponen dok apung diplotkan dalam sebuah grafik.

Dibawah ini merupakan hasil dari grafik yang telah diplot

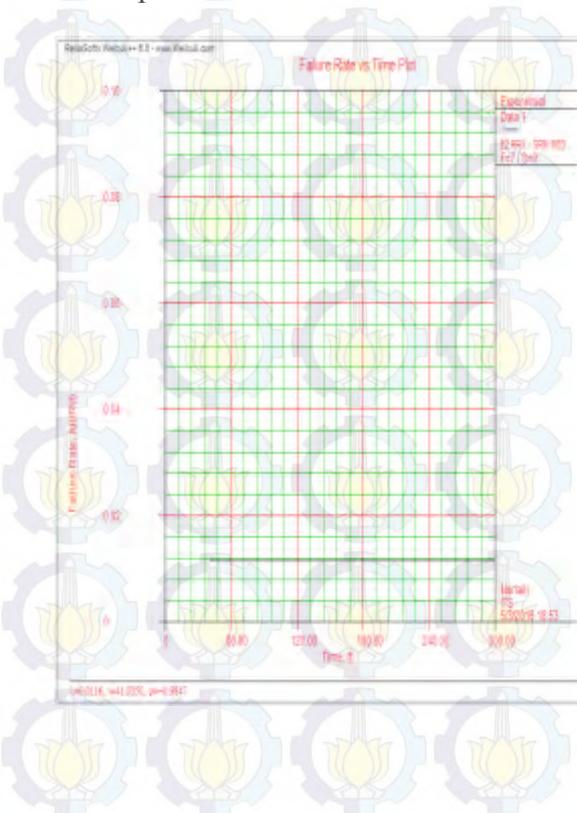
## 2. Crane utara Dok I



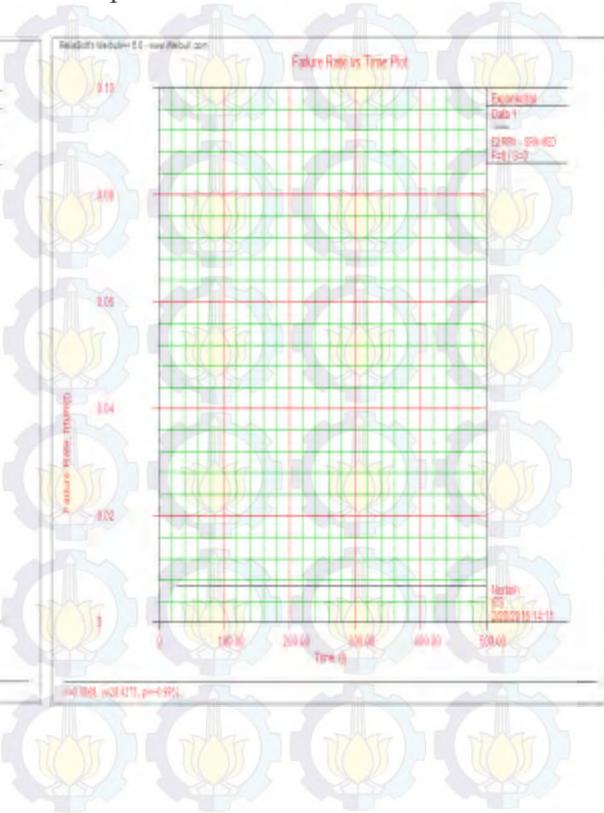
## 3. Pompa No.1 Dok I



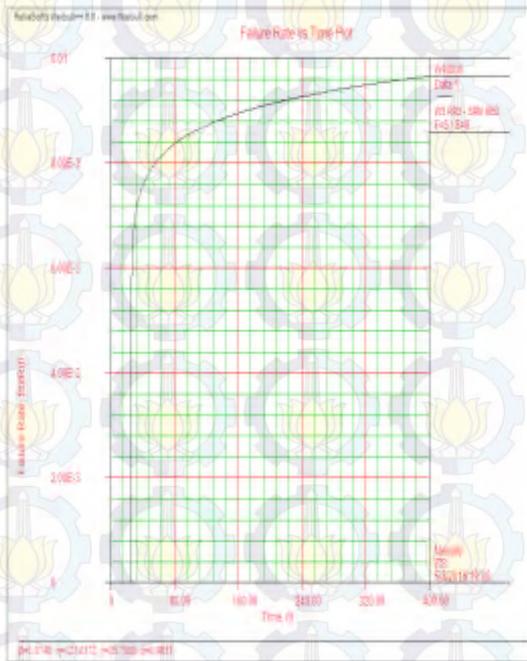
## 4. Pompa No.4 Dok I



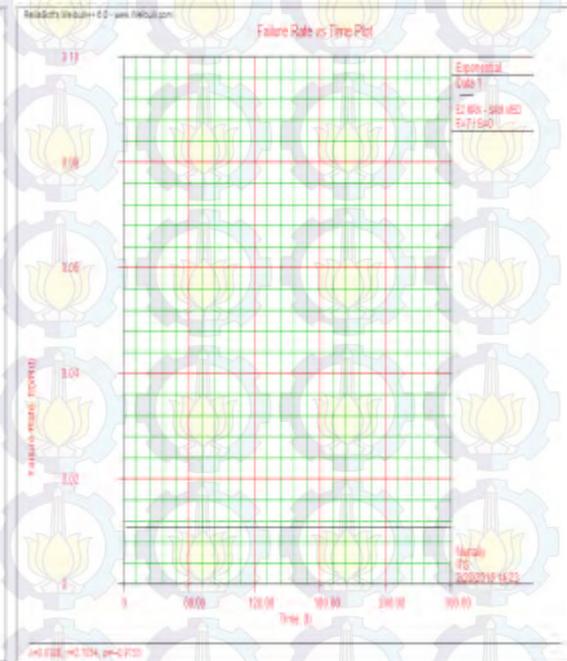
## 5. Pompa No.6 Dok I



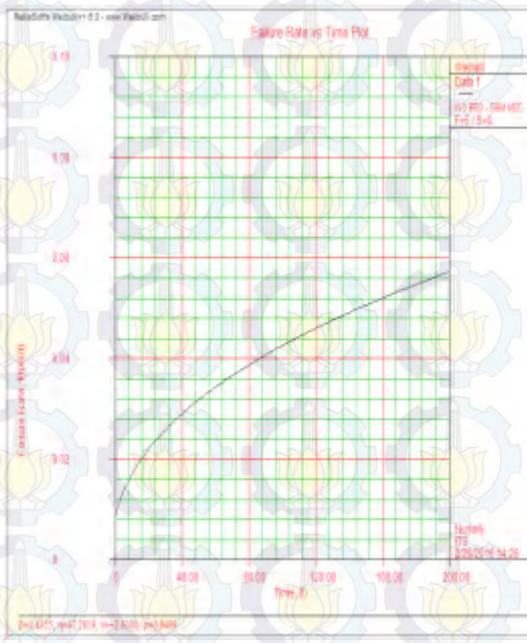
### 6. Pompa No.7 Dok I



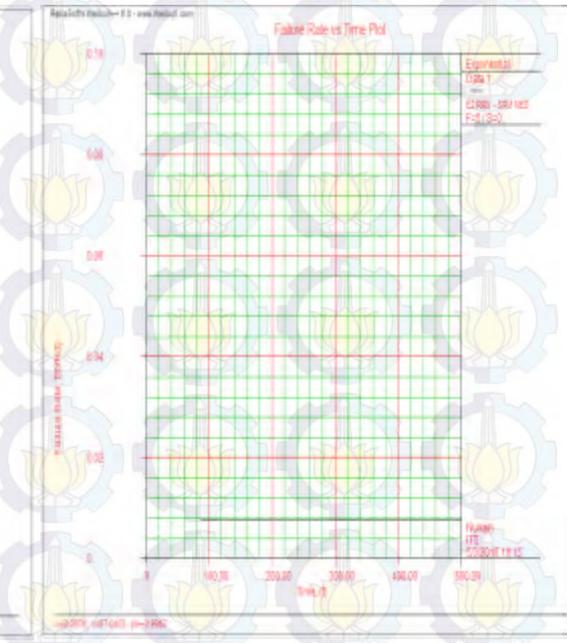
### 7. Ponton No.3 Dok I



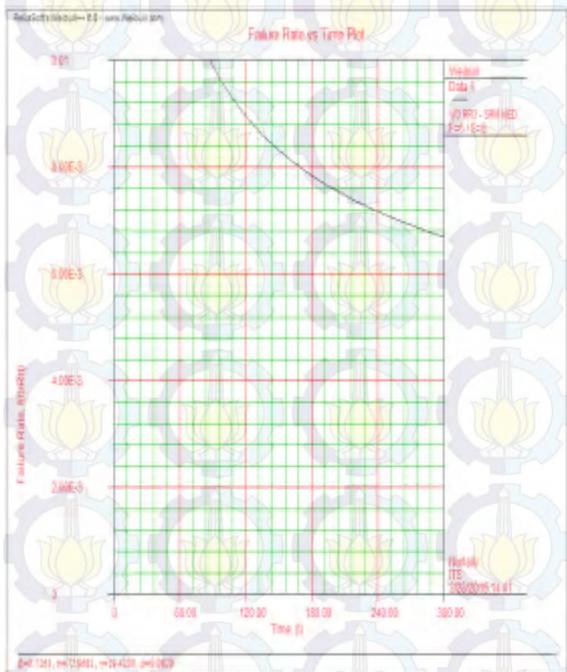
### 8. Ponton No.4 Dok I



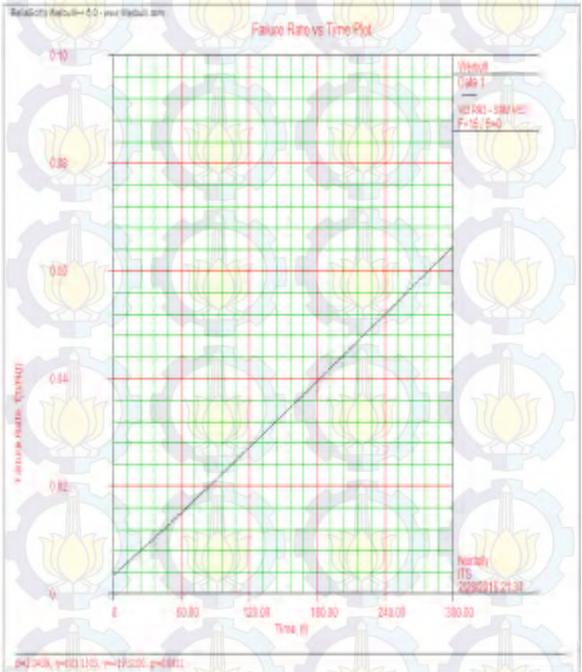
### 9. Ponton No.5 Dok I



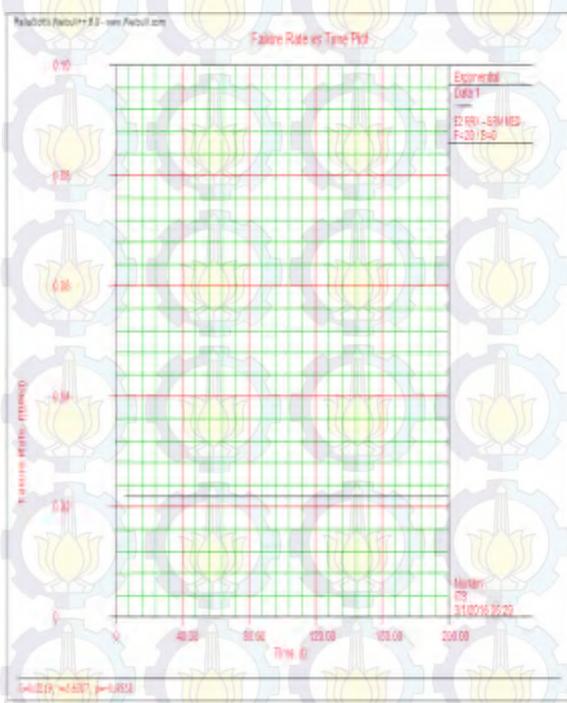
10. Capstan Dok I



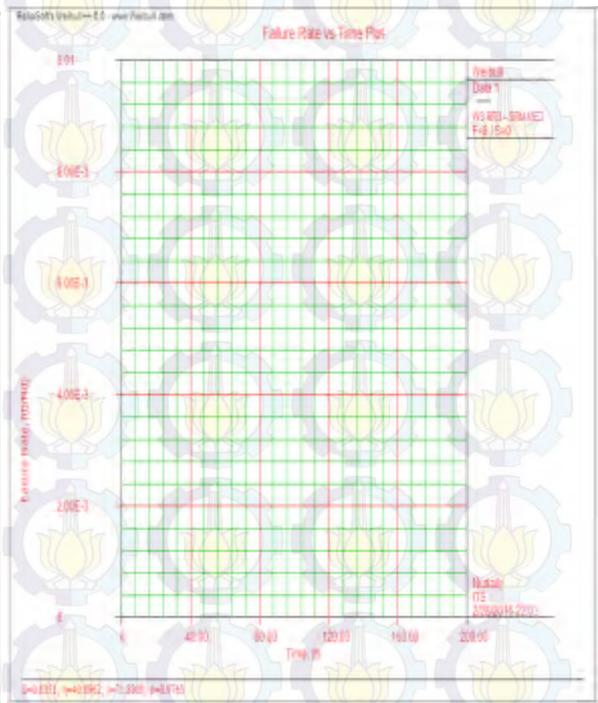
11. Crane utara Dok II



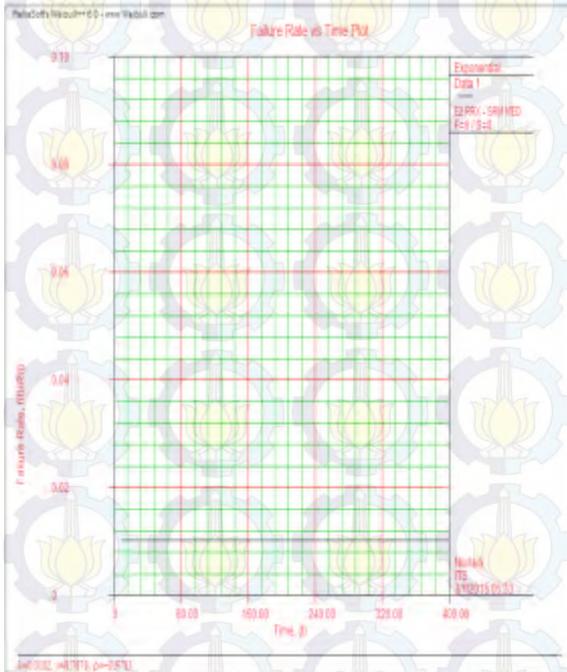
12. Crane selatan Dok II



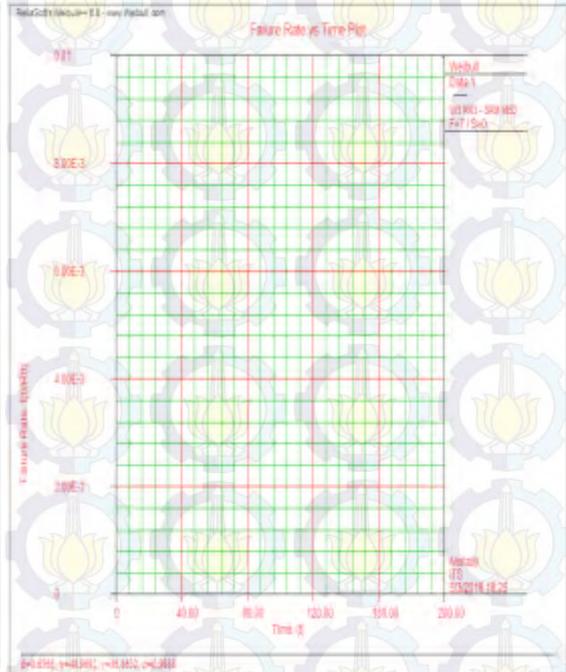
13. Pompa No.1 Dok II



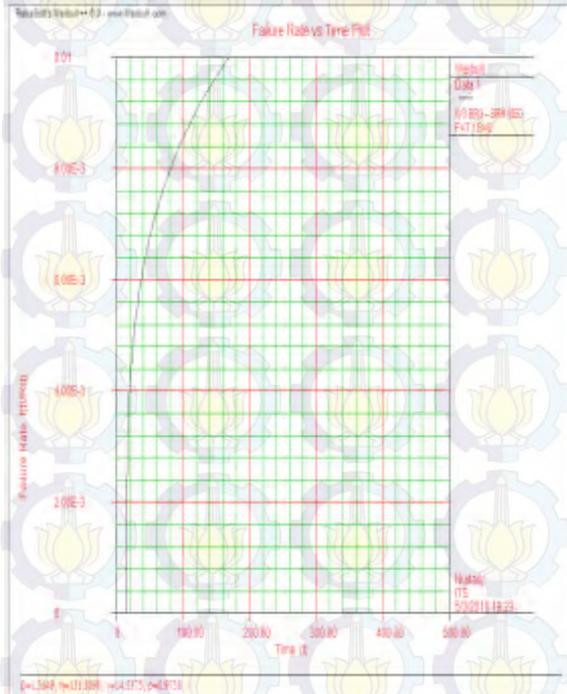
14. Pompa No.4 Dok II



15. Pompa No.6 Dok II



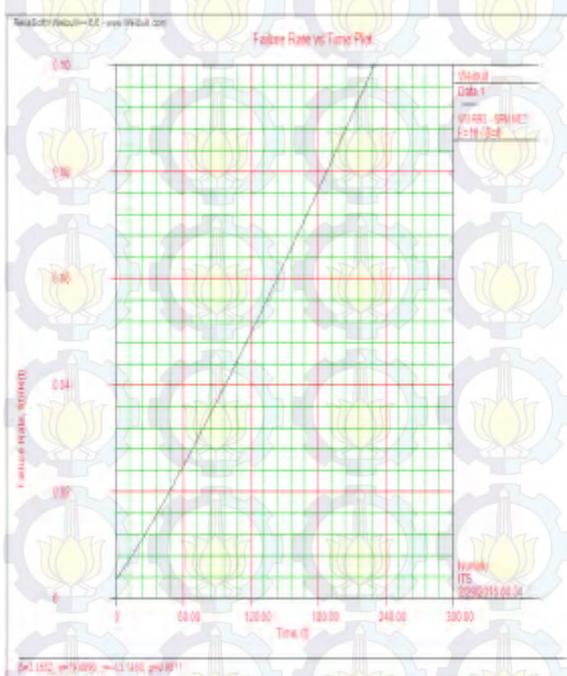
16. Ponton No.2 Dok II



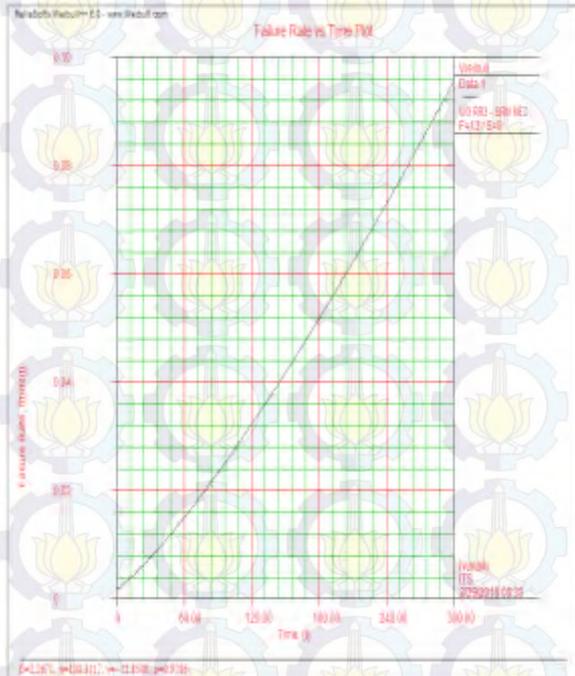
17. Ponton No.5 Dok II



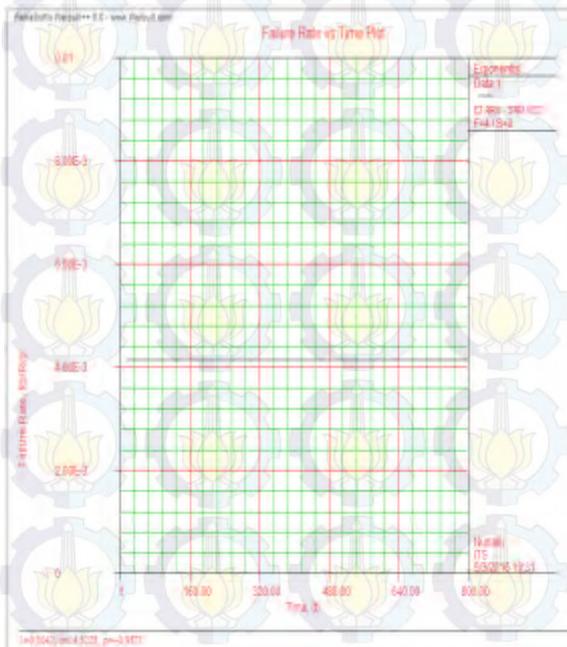
18. Crane selatan Dok IV



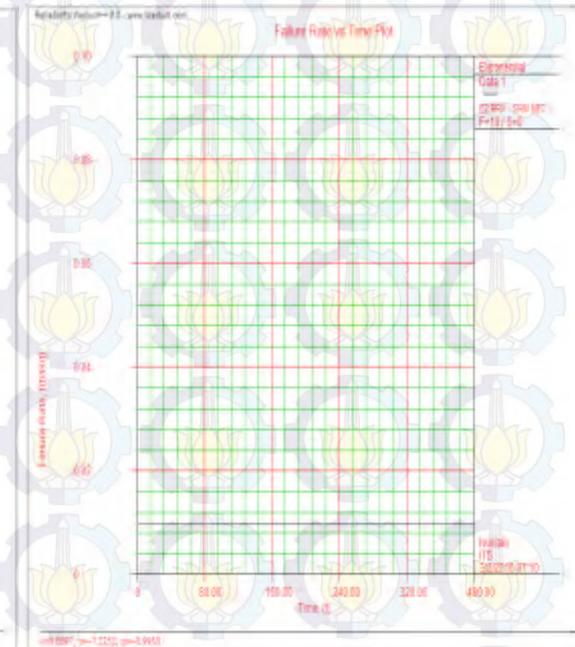
19. Crane utara Dok IV



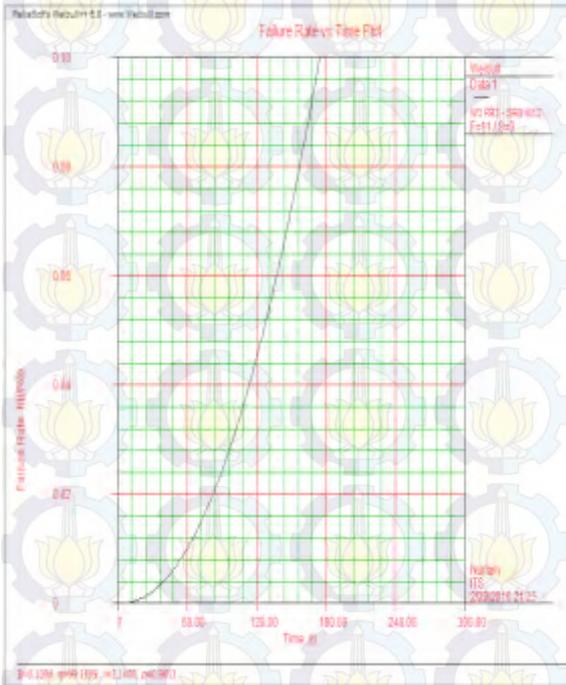
20. Pompa No.1 Dok IV



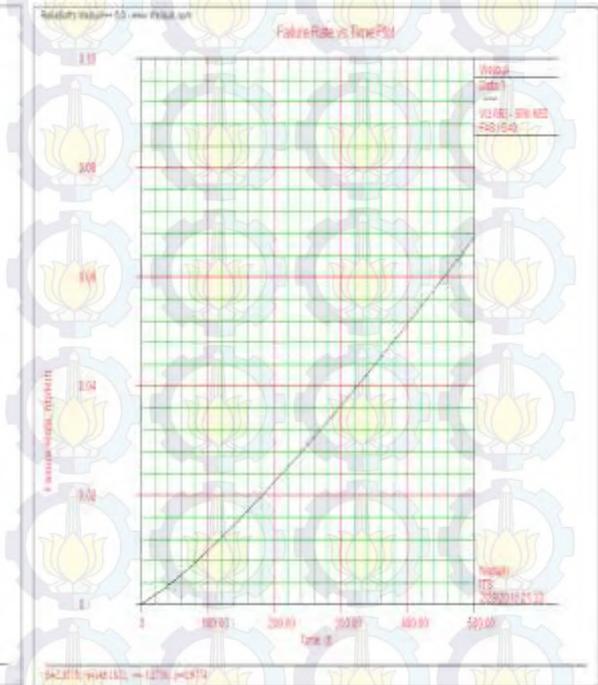
21. Ponton No.1 Dok V



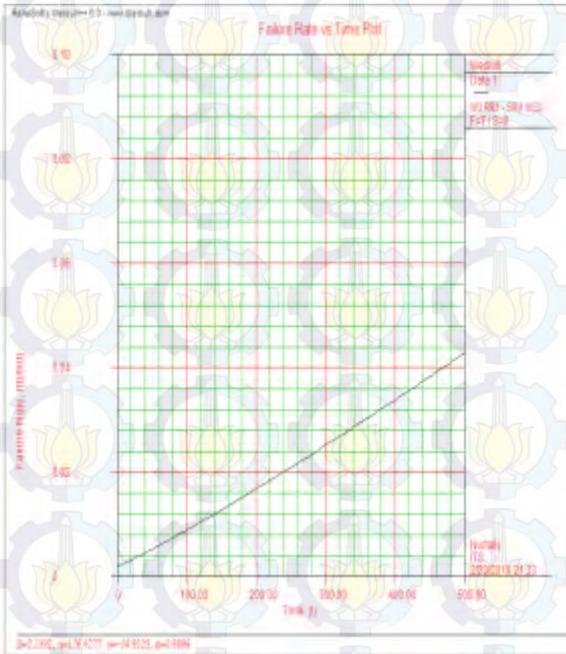
22. Ponton No.2 Dok V



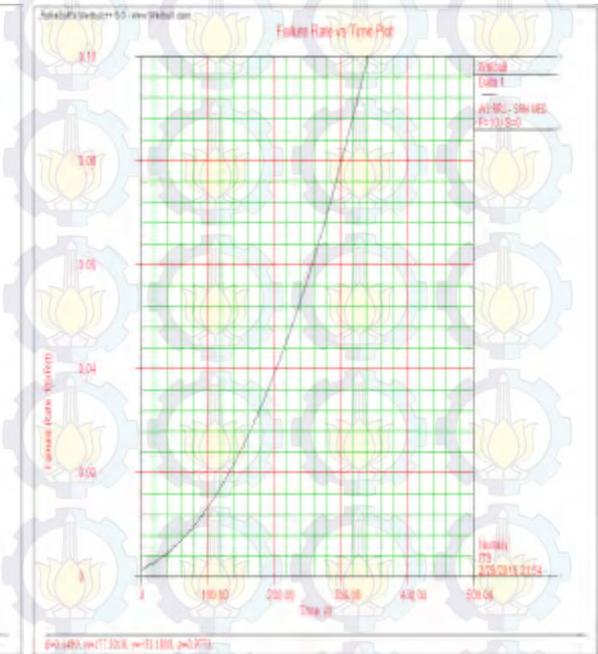
23. Ponton No.3 Dok V



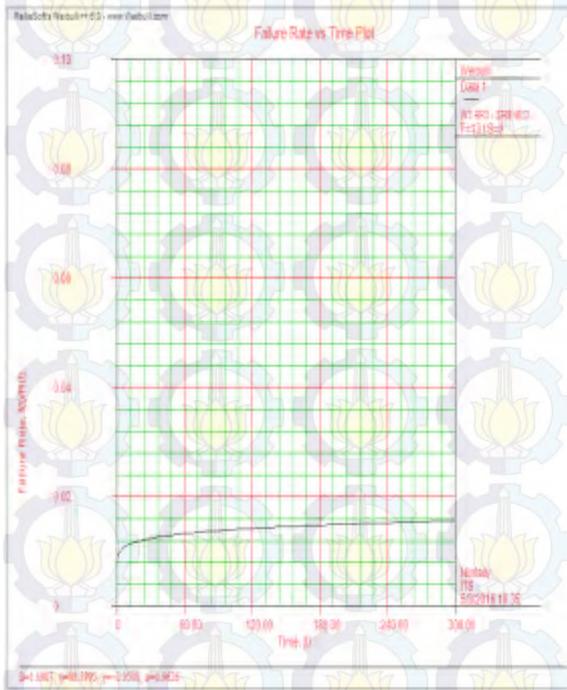
24. Ponton No.4 Dok V



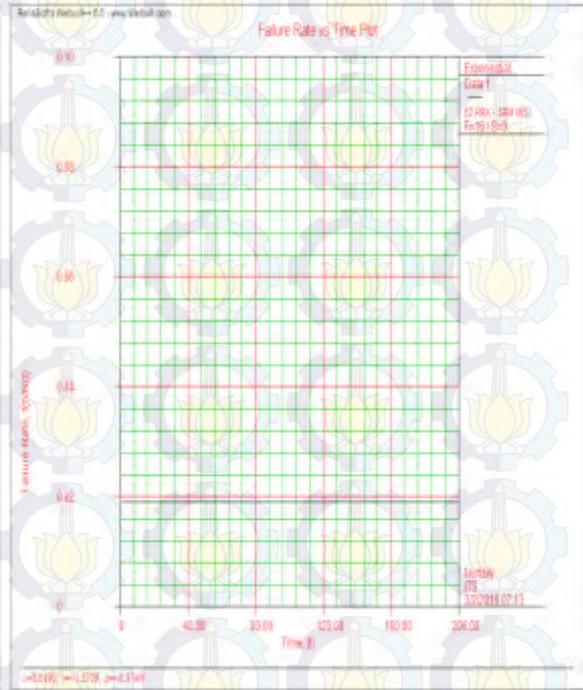
25. Ponton No.5 Dok V



26. Ponton No.6 Dok V



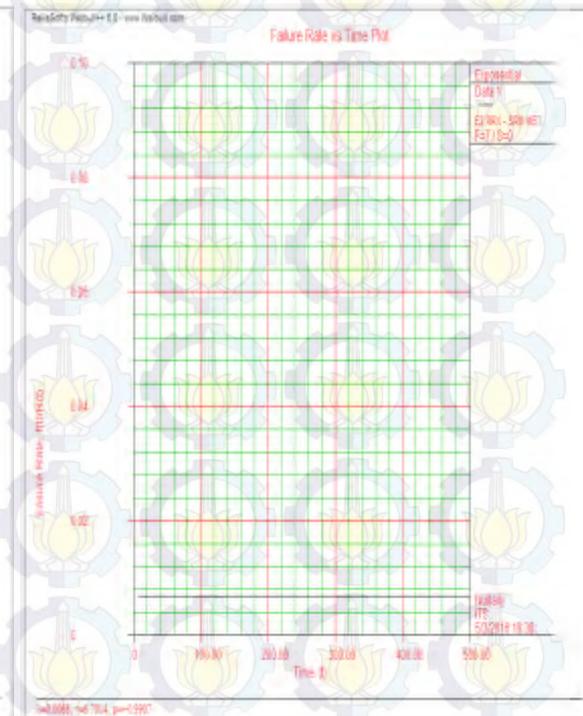
27. Crane utara Dok V



28. Crane selatan Dok V

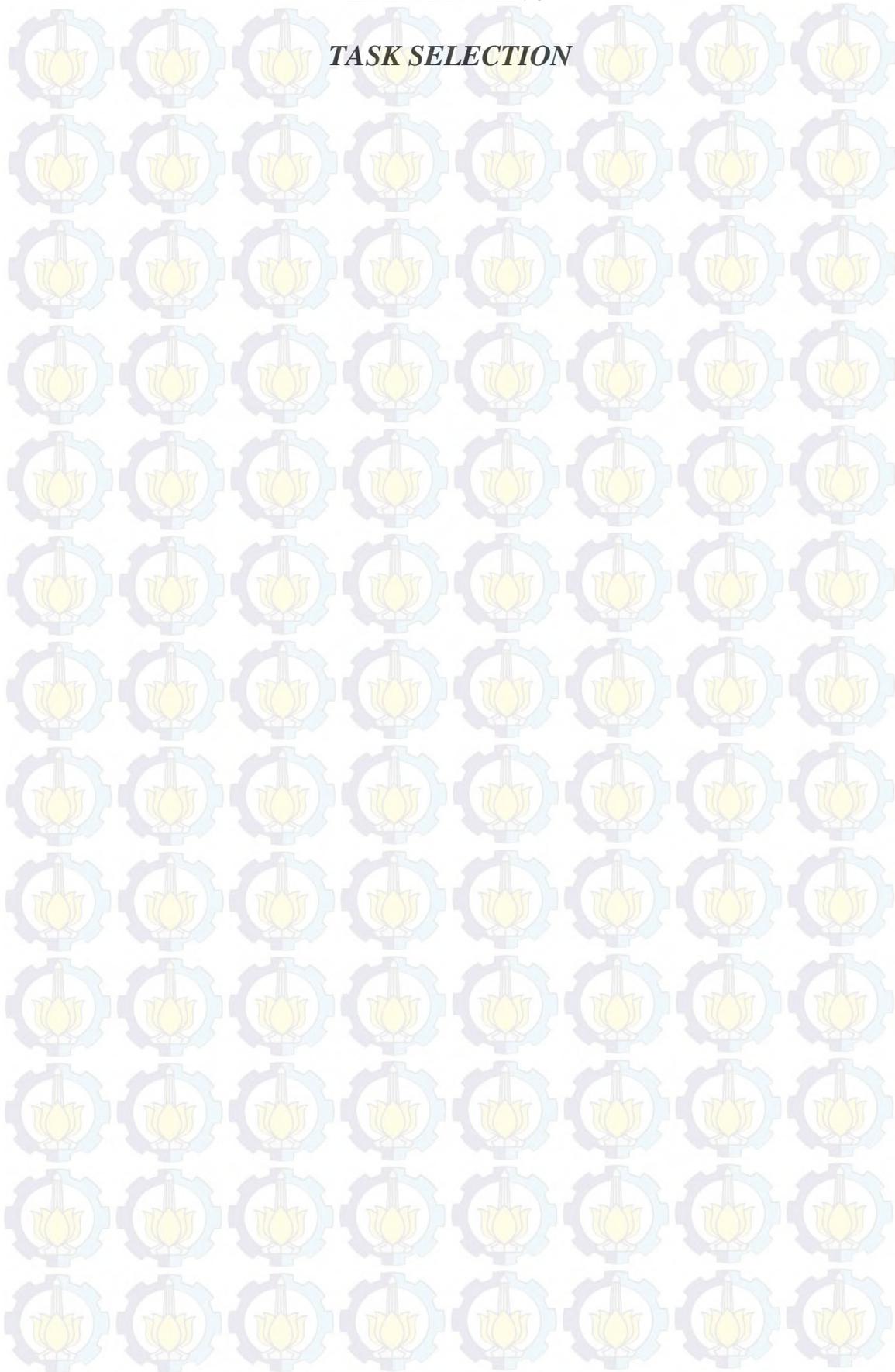


29. Pompa No.5 Dok



## LAMPIRAN 9

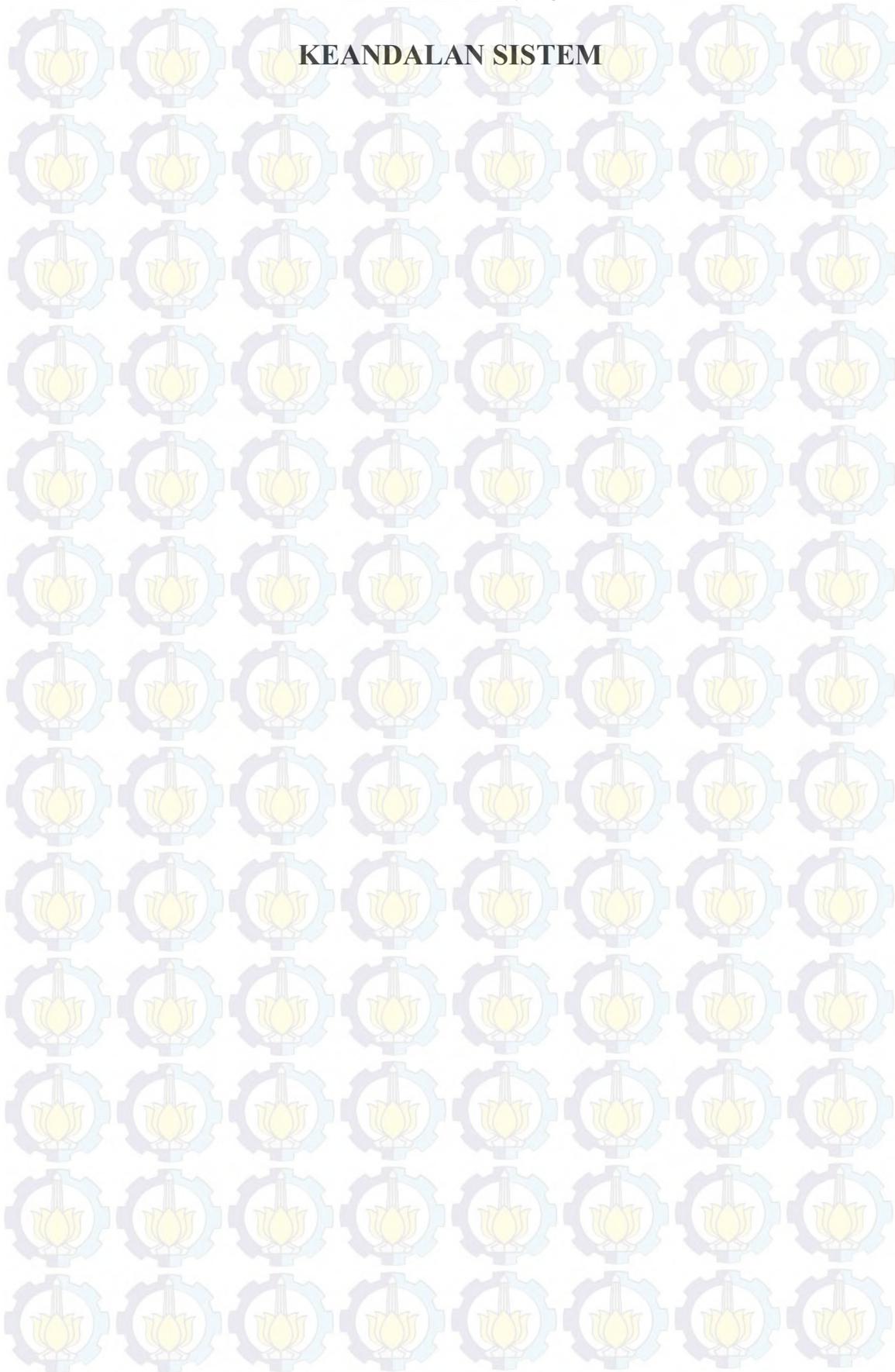
### *TASK SELECTION*



NO	NAMA KOMPONEN	TASK KEBIJAKAN SAAT INI	EVALUASI KONSEKUENSI				H1	H2	H3	H4	S3	TASK SELECTION	KETERANGAN
			H	S	E	O	S1 E1 O1	S2 E2 O2					
1	Crane	On condition & hard time	Y	Y	-	Y	Y	-	-	-	-	On condition task	Kegiatan <i>on condition task</i> dipilih dengan pertimbangan bahwa jauh lebih hemat melakukan kegiatan <i>on condition</i> berupa inspeksi melihat, mendengar, merasakan dipadukan dengan penjadwalan kegiatan <i>on condition monitoring</i> dibandingkan dengan kegiatan <i>hard time</i>
2	Pompa	On condition & hard time	Y	Y	-	Y	Y	-	-	-	-	On condition task	Kegiatan <i>on condition task</i> dipilih dengan pertimbangan bahwa jauh lebih hemat melakukan kegiatan <i>on condition</i> berupa inspeksi melihat, mendengar, merasakan dipadukan dengan penjadwalan kegiatan <i>on condition monitoring</i> dibandingkan dengan kegiatan <i>hard time</i>
3	Ponton	On condition & hard time	Y	Y	-	Y	-	-	-	Y	-	On condition task	Kegiatan <i>on condition task</i> dipilih dengan pertimbangan bahwa jauh lebih hemat melakukan kegiatan <i>on condition</i> berupa inspeksi melihat, mendengar, merasakan dipadukan dengan penjadwalan kegiatan <i>on condition monitoring</i> dibandingkan dengan kegiatan <i>hard time</i>
4	Capstan Dok I	On condition & hard time	Y	Y	-	Y	Y	-	-	-	-	On condition task	Kegiatan <i>on condition task</i> dipilih dengan pertimbangan bahwa jauh lebih hemat melakukan kegiatan <i>on condition</i> berupa inspeksi melihat, mendengar, merasakan dipadukan dengan penjadwalan kegiatan <i>on condition monitoring</i> dibandingkan dengan kegiatan <i>hard time</i>

## LAMPIRAN 10

### KEANDALAN SISTEM



Keandalan sistem sebelum RM (t)

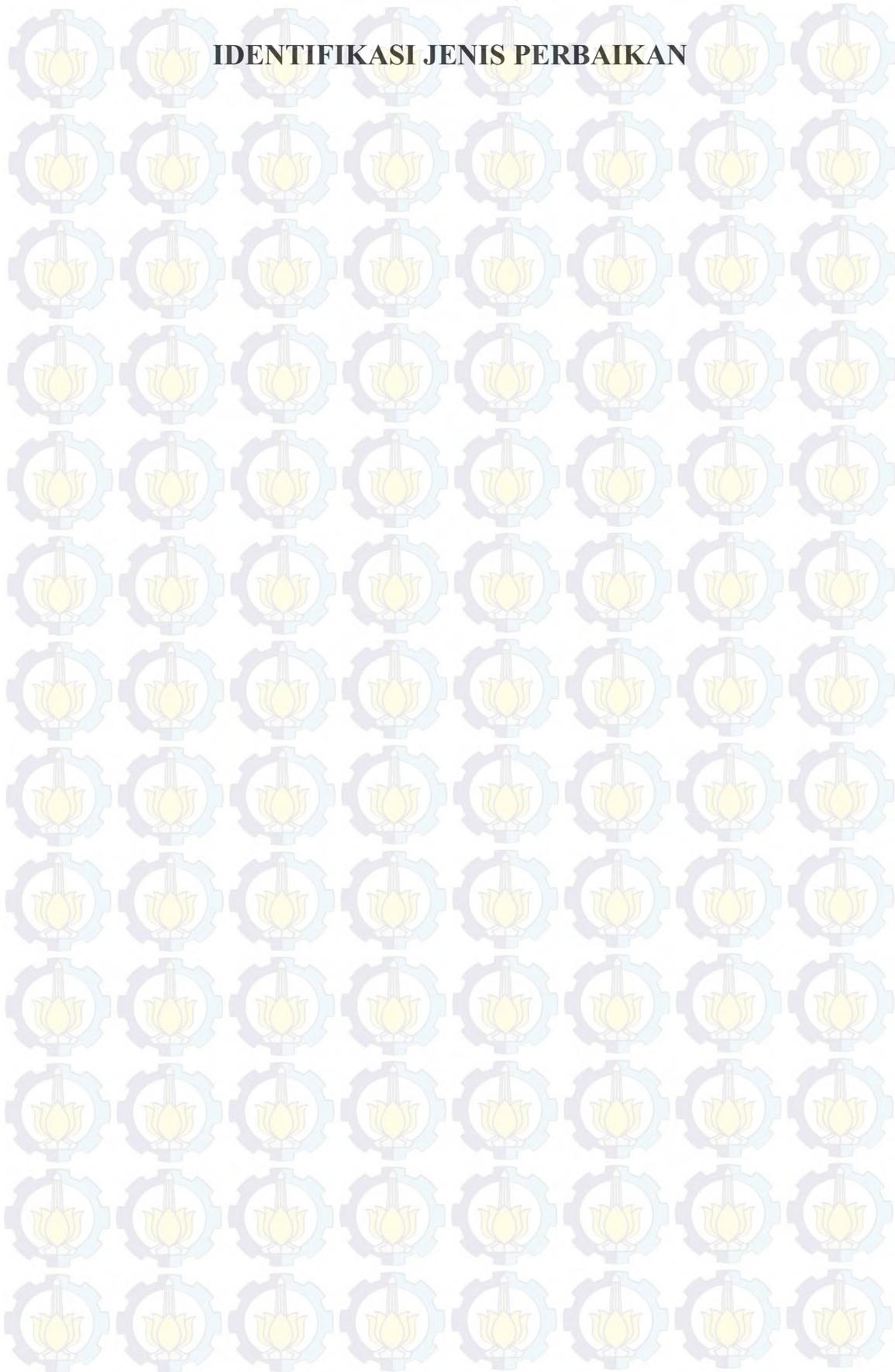
NO	T (Days)	DOK I	DOK II	DOK IV	DOK V
1	0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
2	42	0,9650	0,9813	0,9339	0,9673
3	84	0,7717	0,9083	0,8017	0,9120
4	126	0,5669	0,7714	0,6510	0,8434
5	168	0,4084	0,5988	0,4873	0,7682
6	210	0,2850	0,4288	0,3309	0,6968
7	252	0,1930	0,2866	0,2026	0,6338
8	294	0,1274	0,1805	0,1121	0,5770
9	336	0,0822	0,1081	0,0563	0,5241
10	378	0,0520	0,0621	0,0260	0,4748
11	420	0,0324	0,0344	0,0111	0,4296
12	462	0,0199	0,0186	0,0044	0,3887
13	504	0,0121	0,0099	0,0016	0,3519
14	546	0,0072	0,0052	0,0006	0,3188
15	588	0,0043	0,0028	0,0002	0,2891
16	630	0,0025	0,0015	0,0001	0,2623
17	672	0,0015	0,0008	0,0000	0,2382
18	714	0,0009	0,0005	0,0000	0,2165
19	756	0,0005	0,0003	0,0000	0,1969
20	798	0,0003	0,0002	0,0000	0,1791
21	840	0,0002	0,0001	0,0000	0,1630
22	882	0,0001	0,0001	0,0000	0,1485

Keandalan sistem setelah RM (t)

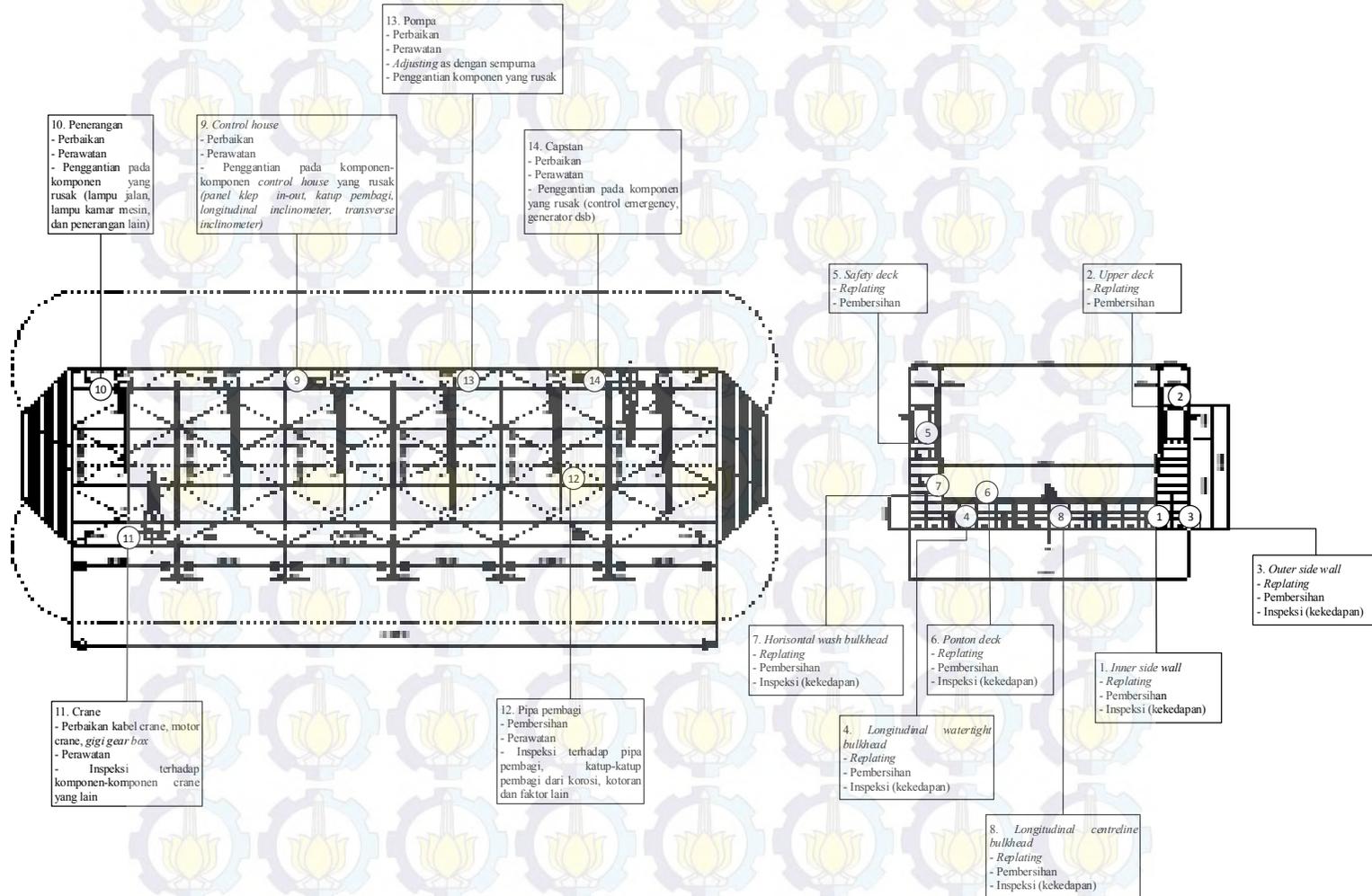
NO	T (Days)	DOK I	DOK II	DOK IV	DOK V
1	0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
2	42	0,9650	0,9813	0,9339	0,9673
3	84	0,7717	0,9165	0,8017	0,9120
4	126	0,6220	0,8697	0,7059	0,8471
5	168	0,5310	0,7345	0,5739	0,8029
6	210	0,3461	0,6789	0,5033	0,7481
7	252	0,3259	0,5462	0,3970	0,6653
8	294	0,2052	0,4976	0,3472	0,6197
9	336	0,1863	0,3896	0,2684	0,5544
10	378	0,1150	0,3531	0,2343	0,5113
11	420	0,1019	0,2726	0,1786	0,4512
12	462	0,0621	0,2471	0,1557	0,4177
13	504	0,0541	0,1896	0,1174	0,3744
14	546	0,0328	0,1723	0,1023	0,3487
15	588	0,0282	0,1319	0,0766	0,3053
16	630	0,0170	0,1203	0,0666	0,2854
17	672	0,0145	0,0921	0,0496	0,2590
18	714	0,0087	0,0843	0,0431	0,2337
19	756	0,0074	0,0646	0,0320	0,2129
20	798	0,0044	0,0593	0,0278	0,2008
21	840	0,0038	0,0455	0,0205	0,1842
22	882	0,0023	0,0419	0,0178	0,1747

## LAMPIRAN 11

### IDENTIFIKASI JENIS PERBAIKAN

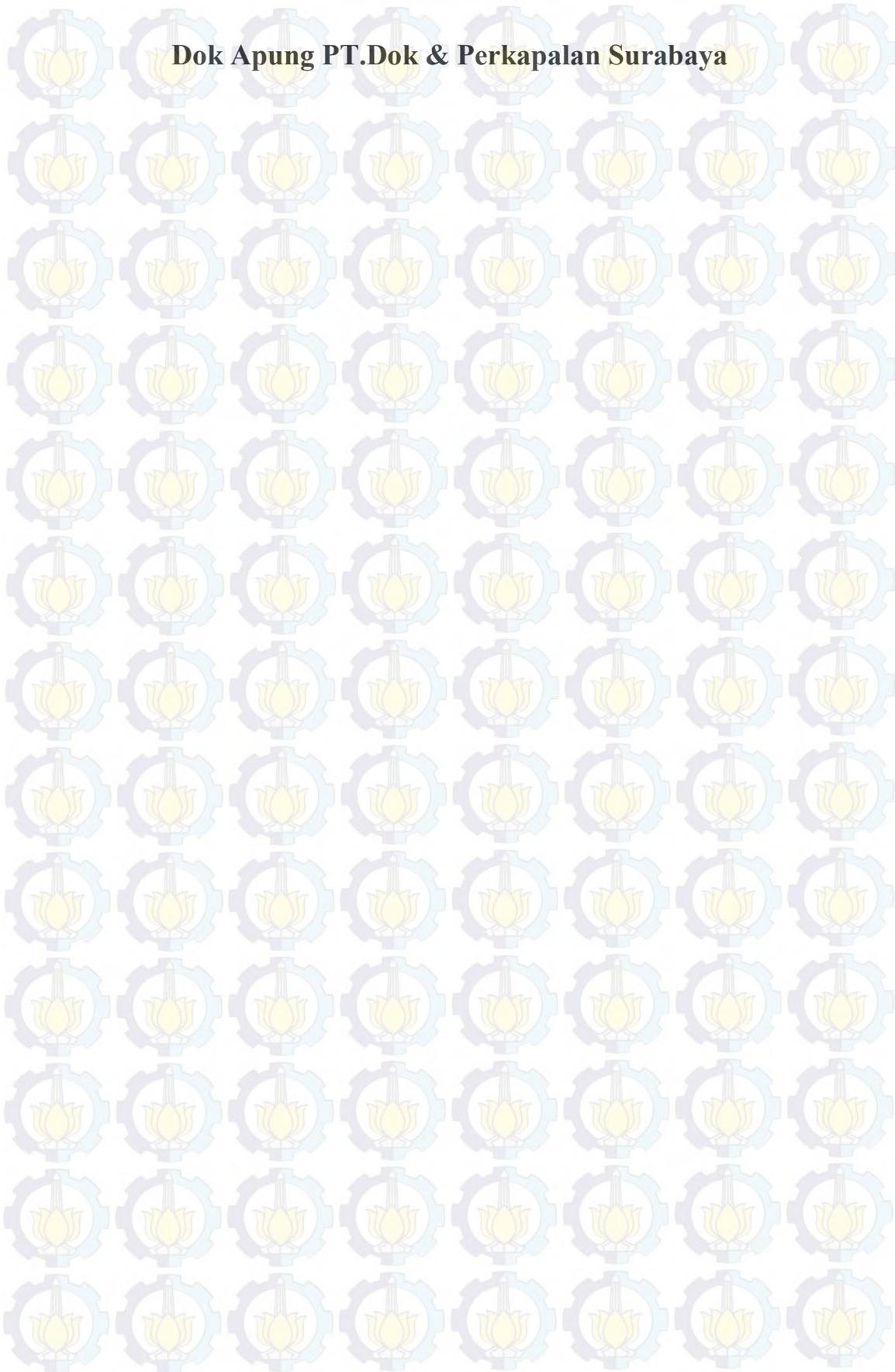


## IDENTIFIKASI TINDAKAN PERBAIKAN



## LAMPIRAN 12

Dok Apung PT.Dok & Perkapalan Surabaya



## DOK APUNG SURABAYA - I

### TRANSVERSE SECTION

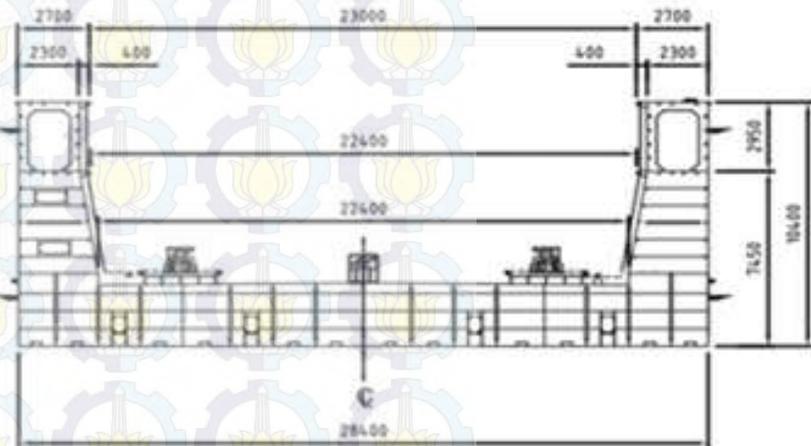


### PRINCIPAL DIMENSIONS

Length Over Pontoon	99.24 M
Length Over All	113.24 M
Breadth Internal	22.40 M
Breadth External	28.40 M
Depth to Upper Deck	9.90 M
Depth to Safety Deck	7.45 M
Max Draft of Vessel to be Docked	4.20 M
Draft Max. of Dock	8.40 M
Draft Loaded of Dock	2.60 M
Capacity	3500 TLC

## DOK APUNG SURABAYA - II

### TRANSVERSE SECTION

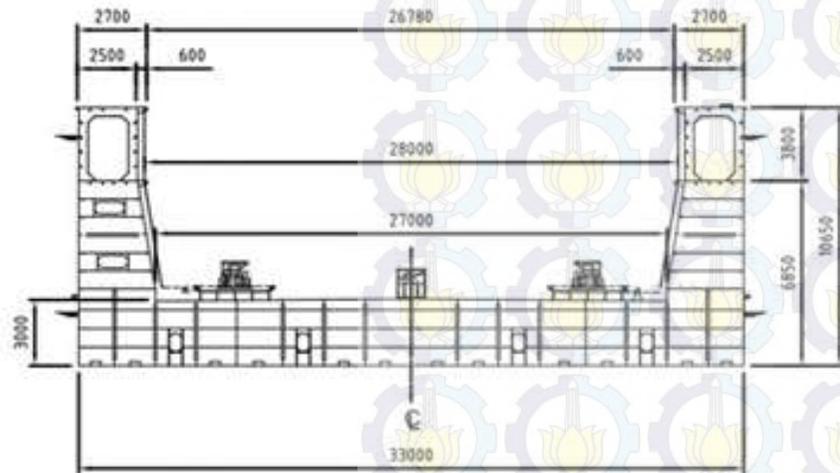


### PRINCIPAL DIMENSIONS

Length Over Pontoon	99.24 M
Length Over All	109.24 M
Breadth Internal	22.40 M
Breadth External	28.40 M
Depth to Upper Deck	10.40 M
Depth to Safety Deck	7.45 M
Max Draft of Vessel to be Docked	4.20 M
Draft Max. of Dock	8.40 M
Draft Loaded of Dock	2.60 M
Capacity	3500 TLC

## DOK APUNG SURABAYA - IV

### TRANSVERSE SECTION

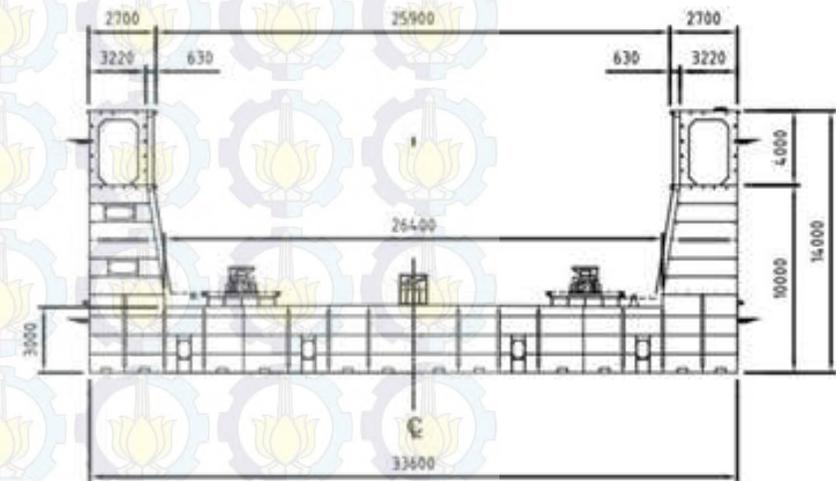


### PRINCIPAL DIMENSIONS

Length Over Pontoon	94.30 M
Length Over All	112.30 M
Breadth Internal	27.00 M
Breadth External	33.00 M
Depth to Upper Deck	10.65 M
Depth to Safety Deck	7.45 M
Max Draft of Vessel to be Docked	6.85 M
Draft Max. of Dock	9.65 M
Draft Loaded of Dock	2.20 M
Capacity	4000 TLC

## DOK APUNG SURABAYA - V

### TRANSVERSE SECTION



### PRINCIPAL DIMENSIONS

Length Over Pontoon	138.52 M
Length Over All	152.52 M
Breadth Internal	26.40 M
Breadth External	33.60 M
Depth to Upper Deck	14.00 M
Depth to Safety Deck	10.00 M
Max Draft of Vessel to be Docked	7.50 M
Draft Max. of Dock	12.20 M
Draft Loaded of Dock	2.90 M
Capacity	6000 TLC