

LEMBAR PENGESAHAN
“PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PERAWATAN
PERALATAN CONTAINER CRANE”

OLEH :

SRI MARWA DEWI TANTU

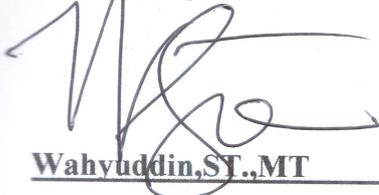
D321 14 010

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Tanggal : Januari 2019

Di : Gowa

Pembimbing I



Wahyuddin, ST., MT

Nip. 197202051999031002

Pembimbing II



Daeng Paroka, ST., MT., Ph.D

Nip. 197201181998021001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan



Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT.

NIP. 196908021997021001



LEMBAR PENGESAHAN
“PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PERAWATAN
PERALATAN CONTAINER CRANE”

O L E H :

SRI MARWA DEWI TANTU

D321 14 010

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Tanggal : Januari 2019

Di : Gowa

Pembimbing I

Pembimbing II

Wahyuddin,ST.,MT

Nip. 197202051999031002

Daeng Paroka,ST.,MT.,Ph.D

Nip. 197201181998021001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan

Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT.

NIP. 196908021997021001



LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI

Judul Skripsi

“PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PERAWATAN PERALATAN CONTAINER CRANE”

Disusun dan diajukan oleh:

SRI MARWA DEWI TANTU

D321 14 010

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi dan dinyatakan telah memenuhi syarat pada:

Tanggal : Januari 2019

Di : Gowa

Dengan susunan kepanitiaan sebagai berikut :

1. Ketua : Wahyuddin,ST.,MT
2. Sekertaris : Daeng Paroka,ST.,MT.,Ph.D
3. Anggota 1 : Ir. Juswan,MT
4. Anggota 2 : Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan

Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT.

NIP. 196908021997021001



ABSTRAK

Sebagai salah satu sarana bongkar muat, pelabuhan dituntut untuk memiliki kelengkapan fasilitas untuk membantu kelancaran dalam proses kerja pelabuhan tersebut. Salah satunya adalah *Container Crane* sangat dibutuhkan karena dapat mempermudah proses bongkar muat. *Container crane* merupakan suatu alat yang digunakan untuk membongkar dan memuat peti kemas dari dan ke dermaga atau memindahkan peti kemas dari suatu tempat ketempat lain di dalam terminal peti kemas. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menentukan tingkat ketersediaan (*availability*) dan keandalan (*reliability*) serta menentukan tindakan pencegahan atau perawatan yang sesuai pada sistem *container crane* dengan *Metode Reliability Centred Maintenance*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Reliability Centered Maintenance*, dengan menggunakan analisis kualitatif yang meliputi *FMEA*, sedangkan untuk Analisa kuantitatif menggunakan *distribusi Weibull*. Metode *Reliability Centered Maintenance* digunakan untuk menentukan interval perawatan berdasarkan *RCM II Decision Worksheet*.

Hasil dari penelitian ini didapatkan tingkat ketersediaan dan tingkat keandalan serta tindakan perawatan yang sesuai pada *container crane*. Tingkat ketersediaan pada komponen yaitu *Engine* nilai rata-rata *availability* 0.894, generator nilai rata-rata *availability* 0.987, *Wire Rope* nilai rata-rata *availability* 0.906, *Limit Switch* nilai rata-rata *availability* 0.963, *Rel Trolley* nilai rata-rata *availability* 0.920, *Twistlock* nilai rata-rata *availability* 0.962, Motor Boom nilai rata-rata *availability* 0.907. Dan tingkat keandalan tiap komponen yaitu 0.4. serta tindakan perawatan pada komponen *container crane* yaitu : *Engine* dengan tindakan *On Condition Task*, *Generator* dengan tindakan *On Condition Task*, *Wire Rope* dengan tindakan *Hard Time Task* dan *On Condition Task*, *Limit Switch* dengan tindakan *Hard Time Task*, *Rel Trolley* *On Condition Task*, *Twistlock* dengan tindakan *Hard Time Task*, *Motor Boom* dengan tindakan *On Condition Task*.



nci : *Container Crane, FMEA, distribusi Weibull, RCM II Decision*
et

ABSTRACT

As a means of loading and unloading, it is necessary to manage facilities to help smooth the work process. One of them is a *Crane Container* is very necessary because it can facilitate the loading and unloading process. Crane container is a tool used to dismantle and load containers from and to the front or into containers from other places inside the container terminal. The place of this research is the *availability* and *reliability* and determine the appropriate action or in accordance with the system of *container cranes* with the *Reliability Centered Maintenance method*.

The research method used is the *Reliability Centered Maintenance method*, using qualitative analysis that includes *FMEA*, while quantitative analysis uses the *Weibull distribution*. The *Reliability Centered Maintenance method* is to determine maintenance intervals based on *RCM II Decision Worksheet*. The results of this study obtained the level and level of work and appropriate actions in the *container crane*.

The average level of *Machine* components has an average *availability* of 0.894, *Generator* domain average *availability* is 0.987, *Wire Rope* average *availability* is 0.906, average *Limit Switch* *availability* is 0.963, *Rail Trolley* information *availability* is 0.920, *Twistlock* value is average *availability* average of 0.962, *Motorized Boom*, average *availability* of 0.907. and level each component which is 0.4. also maintenance actions on *container crane* components, namely: *Engine* with *On Condition Task*, *Generator* action with *On Condition Task*, *Wire Rope* with *Hard Time Task* command and *On Condition Task*, *Limit switch* with *Hard Time Task* command, *Trolley Rail* *On Task Condition*, *Twistlock* with *Hard Time Task* and *Motor Boom* with *On Condition Task*.



s: *Container Crane, FMEA, Weibull distribution, RCM II Decision*
et

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yesus oleh karena berkat dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini merupakan suatu persyaratan yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan study guna meraih gelar sarjana Teknik pada Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak, sehingga perlu disyukuri dan diucapkan terimakasih kepada Bapak Wahyuddin,ST.,MT selaku pembimbing pertama dan Bapak Daeng Paroka,ST.,MT,PhD selaku pembimbing kedua yang senantiasa membimbing dan memberikan saran dan kritikan dari awal pengerjaan sampai pada saat pengerjaan skripsi ini selesai. Tidak lupa juga ucapan terimakasih disampaikan kepada pihak yang sudah membantu serta mendukung penulis hingga skripsi ini boleh selesai, oleh karena itu diucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ayah Silas Dawisa dan Ibu Hastuti Saripa Yanti,serta saudara dan keluarga yang senantiasa mendukung penulis baik dukungan dalam bentuk doa,moril maupun materil selama ini.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Taufiqur Rachman ST,MT. selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas hasanuddin.
4. Bapak Dr. Eng Firman Husain ST,MT. selaku Sekretaris Departemen Teknik Kelautan fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Ir. Juswan,MT., Taufiqur Rachman ST,MT., dan Dr. Eng Firman Husain ST,MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritikan dan saran pada skripsi ini.
6. Segenap Dosen-Dosen Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin telah membantu penulis selama menjalani perkuliahan.

pegawai dan staf akademik terutama kepada Ibu Marwah, Pak Rio, Pak [redacted] dan yang lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.



8. Kepada semua pihak Terminal Petikemas Makassar yang telah membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
9. Kepada Antonius Tappi yang selama ini memberikan motivasi, memberikan semangat serta mendukung penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
10. Kanda Yulianti Mangalik yang selama ini memberikan motivasi, memberikan informasi serta mendukung penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
11. Teman -teman Big Family KP IKI yang telah membantu dan mendukung penulis.
12. Teman -teman Departemen Teknik Kelautan 2014, Departemen Teknik Perkapalan dan Departemen Teknik System Perkapalan yang telah membantu dan mendukung penulis.
13. Teman -teman Posko KKN UNHAS Gelombang 99 Kelurahan Mappasaile, kelurahan Pangkajene yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis.
14. Dan seluruh orang yang tak sempat kusebutkan satu-persartu, terima kasih atas seluruh bantuan moril maupun materil yang telah diberikan.

Penulis menyadari keterbatasannya sehingga mungkin dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan yang perlu diperbaiki. Olehnya itu penulis akan senantiasa menerima segala saran dan kritikan dari semua pihak . harapan penulis agar kiranya skripsi ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri dan bagi semua pihak yang berkenan untuk membaca dan mempelajarinya serta dapat menambah wawasan bagi orang yang membacanya.

Gowa, januari 2019

(Sri Marwa Dewui Tantu)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI.....	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Container crane	4
2.2 Sistem Perawatan.....	5
2.3 Jenis Perawatan	6



2.4 Jenis-Jenis Perawatan	6
2.5 Failure Modes and Effects Analysis (FMEA).....	7
2.6 Reliability Centered Maintenance (RCM)	9
2.7 Hubungan antara Keandalan dengan Ketidakandalan	16
2.8 Distribusi kegagalan	16
2.9 Mean Time to Failure (MTTF)	18
2.10 Mean Time to Repair (MTTR)	19
2.11 Mean Time Between Failure (MTBF)	19
2.12 Isograph Availability Workbench	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	21
3.2 Jenis Data	21
3.3 Data Container Crane	21
3.4 Kerangka Alur Penelitian	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Diagram Skematik	26
4.2 Hirarki Fasilitas dalam Bentuk Sistem, Subsystem dan Komponen	26
4.3 Failure Mode Effect and Analysis	30
4.4 Distribusi Kegagalan (Distribusi Weibull)	33
4.4.1 Distribusi Kegagalan Subsystem Power Source	33
4.4.2 Distribusi Kegagalan Subsystem hoist	45
4.4.3 Distribusi Kegagalan Subsystem trolley	57



4.4.4 Distribusi Kegagalan Subsistem spreader	63
4.4.5 Distribusi Kegagalan Subsistem boom	69
4.5 Metode Perawatan RCM II Decision Worksheet	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	81
1.1 Kesimpulan	81
1.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Container Crane</i>	4
Gambar 2.2 Diagram Analisa pohon.....	14
Gambar 3.1 Flowchart kerangka alur penelitian.....	25
Gambar 4.1 Diagram Skematik Alur <i>Container Crane</i>	26
Gambar 4.2 Susunan Hirarki semua fasilitas <i>Container Crane</i>	29
Grafik 4.3 <i>Probability Density Function Engine</i>	34
Grafik 4.4 <i>Failure Rate Engine</i>	34
Gambar 4.5 <i>Grafik Probabilitas Kumulatif Engine</i>	35
Grafik 4.6 <i>Probability Density Function Engine</i>	36
Grafik 4.7 <i>Failure Rate Engine</i>	37
Gambar 4.8 <i>Grafik Probabilitas Kumulatif Engine</i>	37
Gambar 4.9 <i>Grafik Probability Density Function Generator</i>	40
Gambar 4.10 <i>Grafik Failure Rate Generator</i>	40
Gambar 4.11 <i>Grafik Probabilitas Kumulatif Generator</i>	41
Gambar 4.12 <i>Grafik Probability Density Function Generator</i>	42
Gambar 4.13 <i>Grafik Failure Rate Generator</i>	43
Gambar 4.14 <i>Grafik Probabilitas Kumulatif Generator</i>	43
Gambar 4.15 <i>Grafik Probability Density Function Limit switch</i>	46
Gambar 4.16 <i>Grafik Failure Rate Limit Switch</i>	46
Gambar 4.17 <i>Grafik Probabilitas Kumulatif Limit Switch</i>	47
Gambar 4.18 <i>Grafik Probability Density Function Limit Switch</i>	48



Gambar 4.19 <i>Grafik Failure Rate Limit Switch</i>	49
Gambar 4.20 <i>Grafik Probabilitas Kumulatif Limit Switch</i>	49
Gambar 4.21 <i>Grafik Probability Density Wire Rope</i>	52
Gambra 4.22 <i>Grafik Failure Rate Wire Rope</i>	52
Gambar 4.23 <i>Grafik Probabilitas Kumulatif Wire Rope</i>	53
Gambar 4.24 <i>Grafik Probability Density Wire Rope</i>	54
Gambra 4.25 <i>Grafik Failure Rate Wire Rope</i>	55
Gambar 4.26 <i>Grafik Probabilitas Kumulatif Wire Rope</i>	55
Gambar 4.27 <i>Grafik Probability Density Rel Trolley</i>	58
Gambar 4.28 <i>Grafik Failure Rate Rel Trolley</i>	58
Gambar 4.29 <i>Grafik Probabilitas Kumulatif Rel Trolley</i>	59
Gambar 4.30 <i>Grafik Probability Density Rel Trolley</i>	60
Gambar 4.31 <i>Grafik Failure Rate Rel Trolley</i>	61
Gambar 4.32 <i>Grafik Probabilitas Kumulatif Rel Trolley</i>	61
Gambar 4.33 <i>Grafik Probability Density Twistlock</i>	64
Gambar 4.34 <i>Grafik Failure Rate Twistlock</i>	64
Gambar 4.35 <i>Grafik Probabilitas Kumulatif Twistlock</i>	65
Gambar 4.36 <i>Grafik Probability Density Twistlock</i>	66
Gambar 4.37 <i>Grafik Failure Rate Twistlock</i>	67
Gambar 4.38 <i>Grafik Pobabilitas Kumulatif Twistlock</i>	67
Gambar 4.39 <i>Grafik Probability Density Function Motor Boom</i>	70
Gambar 4.40 <i>Grafik Failure Rate Motor Boom</i>	70



Gambar 4.41 *Grafik Probabilitas Kumulatif Motor Boom*71

Gambar 4.42 *Grafik Probability Density Motor Boom*72

Gambar 4.43 *Grafik Failure Rate Motor Boom*73

Gambar 4.44 *Grafik Probabilitas Kumulatif Motor Boom*.....73



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 data perawatan komponen <i>power source</i>	22
Tabel 3.2 Data perawatan komponen <i>hoist</i>	22
Tabel 3.3 data perawatan pada <i>trolley</i>	23
Tabel 3.4 data perawatan pada <i>spreader</i>	23
Tabel 3.5 data perawatan pada <i>boom</i>	23
Tabel 4.1 FMEA subsistem <i>power source</i>	30
Tabel 4.2 FMEA subsistem <i>hoist</i>	31
Tabel 4.3 FMEA subsistem <i>trolley</i>	31
Tabel 4.4 FMEA subsistem <i>spreader</i>	32
Tabel 4.5 FMEA subsistem <i>boom</i>	32
Tabel 4.6 Hasil Analisa kuantitatif interval kegiatan subsistem <i>power source</i> ...	75
Tabel 4.7 Hasil Analisa kuantitatif interval kegiatan subsistem <i>hoist</i>	76
Tabel 4.8 Hasil Analisa kuantitatif interval kegiatan subsistem <i>trolley</i>	76
Tabel 4.9 Hasil Analisa kuantitatif interval kegiatan subsistem <i>spreader</i>	76
Tabel 4.10 Hasil Analisa kuantitatif interval kegiatan subsistem <i>boom</i>	76
Tabel 4.11 RCM II Decision Worksheet subsistem <i>power source</i>	78
Tabel 4.12 RCM II Decision Worksheet subsistem <i>hoist</i>	79
Tabel 4.13 RCM II Decision Worksheet subsistem <i>trolley</i>	79
Tabel 4.14 RCM II Decision Worksheet subsistem <i>spreader</i>	80
Tabel 4.15 RCM II Decision Worksheet subsistem <i>boom</i>	80



Daftar Notasi

β	=	Parameter bentuk pada Distribusi Weibull
η	=	Parameter skala pada Distribusi Weibull
γ	=	Parameter lokasi pada Distribusi Weibull
t	=	Waktu rata - rata
f	=	Fungsi densitas probabilitas
R	=	Keandalan
λ	=	Laju Kegagalan
σ	=	Standar Deviasi



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu sarana bongkar muat, pelabuhan dituntut untuk memiliki kelengkapan fasilitas untuk membantu kelancaran dalam proses kerja pelabuhan tersebut. Salah satunya adalah *container crane* sangat dibutuhkan karena dapat mempermudah proses bongkar muat. *Container crane* merupakan salah satu alat angkat yang biasa digunakan didalam proses bongkar muat dipelabuhan. Sebagai salah satu sarana bongkar muat , maka penggunaan suatu *container crane* merupakan suatu hal yang berisiko karena dapat menyebabkan pekerjaan tidak selesai sesuai jadwal yang diinginkan. Jika peralatan mengalami kerusakan maka dapat menghambat pekerjaan lain, untuk itu diperlukan perawatan untuk upaya pencegahan kerusakan pada *container crane* agar proses bongkarmuat dapat terus berjalan dan mencegah terjadinya kerugian kepada perusahaan apabila terjadinya kecelakaan, dan sebagai usaha yang dapat dilakukan untuk mempertahankan fungsi suatu komponen dengan melakukan kegiatan perawatan menggunakan *Reliability Centered Maintenance*. Saat ini perusahaan belum memiliki kegiatan perawatan yang teratur dan terjadwal dengan interval waktu yang tepat untuk *container crane*. Perawatan di lakukan jika ada kerusakan komponen saja. *Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah salah satu metodologi perawatan perencanaan yang bertujuan untuk menjaga sistem secara keseluruhan agar dapat berfungsi sesuai dengan tingkat performasi yang diinginkan. Penerapan metode akan memberikan keuntungan yaitu : efektivitas biaya operasi yang lebih rendah, meningkatkan ketersediaan dan releabilitas mesin dan umur komponen mesin yang lama. Dengan metode ini merupakan solusi untuk perawatan peralatan *container crane* sehingga penulis memilih judul “ PERENCANAAN DAN PENJADWALAN

PERAWATAN PERALATAN CONTAINER CRANE”



1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka prediksi, perencanaan perawatan terhadap komponen yang mendukung kinerja peralatan *container crane* dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apa penyebab kegagalan pada komponen *container crane*?
2. Apa dampak kegagalan komponen *container crane*?
3. Apa jenis kegiatan perawatan pada peralatan *container crane*?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka penulis dapat batasan masalah sebagai berikut:

1. Kerusakan pada peralatan dapat diasumsikan karena operasinya, bukan karena kesalahan manusia dan pengaruh alam yang tidak diinginkan.
2. Penyelesaian masalah ini hanya dibatasi sampai pada penentuan perencanaan kegiatan perawatan, dan penyebab kerusakan

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menentukan tingkat ketersediaan (*availability*) dan keandalan (*reliability*) pada sistem *container crane*.
2. Menentukan jenis kegiatan perawatan pada peralatan *container crane*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui tingkat resiko dari masing-masing komponen *container crane*.
2. Dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan biaya perawatan

1.6 Sistematika Penulisan

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



AMAN JUDUL
A PENGANTAR
TAR ISI
I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang dari penulisan skripsi, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematis penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

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

BAB III METODOLOGI PENULISAN

Bab ini berisi tentang lokasi penelitian, waktu penelitian, metode pengumpulan data, metode pengolahan data, dan langkah-langkah pemecahan masalah.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penulis



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Container crane*

Container crane merupakan suatu alat yang digunakan untuk membongkar dan memuat peti kemas dari dan ke dermaga atau memindahkan peti kemas dari suatu tempat ketempat lain di dalam terminal peti kemas. Peti kemas yang diangkat, atau dipindah adalah petikemas ISO yang berukuran panjang 20, 40 dan 45 kaki yang dari truk chasis bergerak di bawah crane kemudian diangkat ke atas dan kemudian ke kapal dan sebaliknya. Crane bergerak di atas rel sehingga posisi crane hanya bisa bergerak menelusuri dermaga. Beberapa komponen dari container crane :

- Power source
- Hoist
- Trolley
- Spreader
- Boom



Gambar 2.1 *Container Crane*



Secara umum *container crane* adalah jenis crane portal tinggi berkaki tegak yang mengangkat benda dengan hoist yang dipasang disebuah troli hoist dan bergerak secara horizontal pada rel atau sepasang rel dipasang dibawah balok atau rantai kerja. Sebuah *container crane* memiliki ujung balok pendukung bertumpu pada kaki tegak beroda berjalan pada rel diatas pondasi.

Container crane yang akan dipergunakan harus sesuai dengan kebutuhan pada pekerjaan. Bila jenis crane tidak atau kurang sesuai dengan kebutuhan pekerjaan maka akan mengakibatkan kecelakaan karena keadaan atau tempat yang kurang sesuai (*unsafe condition*). Penggunaan setiap jenis *container crane* memerlukan perencanaan yang lebih cermat karena menyangkut konstruksi, fondasi, dan penempatan di lokasi yang tetap untuk jangka waktu yang lama. Adapun pertimbangan prosedur dalam pengoperasian *container crane* untuk meminimalisasikan kecelakaan adalah :

- sebelum *container crane* dioperasikan hendaknya beban payload diperiksa apakah sudah memenuhi toleransi agar beban tidak melebihi load maksimum yang dimiliki *container crane*.
- Kegiatan operasi harus diawasi oleh tenaga kerja yang profesional
- Operator *container crane* harus terbiasa mengoperasikan alat tersebut.

2.2 Defenisi Perawatan

Perawatan adalah kombinasi dari semua tindakan yang dilakukan dalam rangka mempertahankan atau mengembalikan suatu kondisi yang dapat diterima dan berfungsi seperti sediakala atau paling tidak mendekati sehingga kegiatan produksinya dapat berjalan dengan lancar (mesin dan peralatannya paling tidak mencapai umur ekonomisnya dan menghindari kemacetan serta kerusakan sekecil mungkin) sehingga peralatan tetap beroperasi dengan baik untuk menunjang pekerjaan tetap berjalan secara efektif, efisien, dan tepat waktu sesuai dengan yang telah direncanakan.

Menurut Suharto (1991) perawatan adalah suatu usaha untuk memelihara ketahanan dan kesempurnaan dari suatu perlengkapan, dimana perlengkapan itu harus selalu dalam keadaan baik dan siap pakai. Sedangkan menurut Soesanto (1996), perawatan merupakan suatu usaha untuk memelihara keawetan



dan kesempurnaan dari alat perlengkapan, agar peralatan tersebut selalu berada dalam keadaan baik, benar, dan siap pakai. Kegiatan perawatan ditujukan untuk meyakinkan asset fisik yang dimiliki dapat terus berlanjut memenuhi apa yang diinginkan oleh pengguna (*user*) terhadap fungsi yang dijalankan oleh aset tersebut . Perawatan merupakan salah satu cara efektif untuk meningkatkan keandalan suatu system. Kegiatan tersebut dapat bersifat terencana (*planned*) dan tidak terencana (*unplanned*). Hanya ada satu bentuk kegiatan perawatan yang tidak terencana yakni breakdown maintenance, dimana perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan. Sistem perawatan ini tidak melakukan kegiatan perawatan apapun sebelum kerusakan terjadi. Sedangkan planned perawatan terbagi atas dua bagian utama yakni preventive (*scheduled*) dan corrective (*unscheduled*).

2.3 Tujuan Perawatan

Tujuan diadakannya kegiatan perawatan (*maintenance*) adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan komponen peralatan tersebut.
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan dan mendapatkan laba investasi semaksimal mungkin.
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam setiap waktu misalnya unit cadangan.
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan yang serendah mungkin dengan melaksanakan kegiatan maintenance secara efektif dan efisien keseluruhannya.

2.4 Jenis-Jenis Perawatan

Dalam istilah perawatan disebutkan bahwa disana tercakup dua pekerjaan yaitu istilah “perawatan” dan “perbaikan”. Perawatan dimaksudkan sebagai aktifitas untuk mencegah kerusakan, sedangkan Perbaikan dimaksudkan sebagai tindakan untuk memperbaiki kerusakan. Secara umum, ditinjau dari saat pelaksanaan pekerjaan perawatan, dapat dibagi menjadi dua cara:

1. Perawatan yang direncanakan (*planned maintenance*)

Perawatan yang tidak direncanakan (*unplanned maintenance*)

Perawatan yang direncanakan

Perawatan Preventif (*Preventive Maintenance*)



Adalah pekerjaan perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara perawatan untuk pencegahan (*preventive*). Ruang lingkup pekerjaan preventif termasuk : inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi terhindar dari kerusakan.

2. Perawatan Korektif

Adalah pekerjaan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas/peralatan sehingga mencapai standar yang dapat diterima. Dalam perbaikan dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik.

3. Perawatan Berjalan

Dimana pekerjaan perawatan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja. Perawatan berjalan diterapkan pada peralatan peralatan yang harus beroperasi terus dalam melayani proses produksi.

4. Perawatan Predektif

Perawatan predektif ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem peralatan. Biasanya perawatan predektif dilakukan dengan bantuan panca indra atau alat-alat monitor yang canggih.

2.4.2 Perawatan yang tidak direncanakan

1. Perawatan setelah terjadi kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Pekerjaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan pada peralatan, dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cabang, material, alat-alat dan tenaga kerjanya.

2. Perawatan Darurat (*Emergency Maintenance*)

Adalah pekerjaan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Failure modes and effects (FMEA) adalah salah satu teknik yang sistematis menganalisa kegagalan. Teknik ini dikembangkan pertama kali sekitar



tahun 1950-an oleh para reliability engineers yang sedang mempelajari masalah yang ditimbulkan oleh peralatan militer yang mengalami malfungsi. Teknik analisa ini lebih menekankan pada hardware-oriented approach atau bottom-up approach. Dikatakan demikian karena analisa yang dilakukan dimulai dari peralatan dan meneruskannya ke system merupakan tingkat yang lebih tinggi. *FMEA* sering menjadi langkah awal dalam mempelajari keandalan system. Kegiatan *FMEA* melibatkan banyak hal seperti mereview berbagai komponen, rakitan, dan subsistem untuk mengidentifikasi mode-mode kegagalannya, penyebab kegagalannya, serta dampak kegagalan yang ditimbulkan. Untuk masing-masing komponen, berbagai mode kegagalan berikut dampaknya pada sistem ditulis pada sebuah *FMEA worksheet*.

Sebuah *FMEA* akan berubah menjadi *FMECA* (*Failure Mode, Effects, and criticality Analysis*) jika kekritisitas atau prioritas akan dikaitkan dengan dampak dari mode kegagalan yang ditimbulkan oleh sebuah komponen. Secara umum tujuan dari penyusunan *FMEA* (IEEE Std.352) adalah sebagai berikut:

1. Membantu dalam pemilihan desain alternative yang memiliki keandalan dan keselamatan potensial yang tinggi selama fase desain.
2. Untuk menjamin bahwa semua bentuk mode kegagalan yang dapat diperkirakan berikut dampak yang ditimbulkannya terhadap kesuksesan operasional system telah dipertimbangkan.
3. Membuat list kegagalan potensial, serta mengidentifikasi seberapa besar dampak yang ditimbulkannya.
4. Mendvelop kriteria awal untuk rencana dan desain pengujian serta untuk membuat daftar pemeriksaan sistem.
5. Sebagai basis analisa kualitatif keandalan dan ketersediaan.
6. Sebagai dokumentasi untuk pada masa yang akan datang untuk membantu menganalisa kegagalan yang terjadi dilapangan untuk membantu menganalisa kegagalan yang terjadi dilapangan serta membantu menganalisa kegagalan yang

di dilapangan serta membantu bila sewaktu-waktu terjadi perubahan
n.
bagai data input untuk studi banding.



8. Sebagai basis untuk menentukan prioritas perawatan korektif.

FMEA merupakan salah satu bentuk analisa kualitatif, dan *FMEA* harus dilakukan oleh seorang desainer pada tahap desain system. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi desain di area mana yang masih memerlukan perbaikan agar persyaratan keandalan dapat dipenuhi.

2.6 *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Reliability Centered Maintenance didefinisikan sebagai sebuah proses yang digunakan dalam menentukan tindakan yang tepat diberikan untuk meyakinkan bahwa asset fisik yang dimiliki perusahaan dapat terus menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diinginkan. Proses yang dijalankan dalam *RCM* adalah dengan mengajukan tujuh pertanyaan terhadap tiap asset/sistem yang perusahaan (dalam konteks operasional). Ketujuh pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Apakah fungsi serta standar performansi yang dimiliki oleh asset dalam menjalankan operasinya (*Function*) ?
2. Dalam kondisi seperti apakah asset gagal untuk memenuhi fungsinya (*Functional Failure*) ?
3. Apa penyebab dari tiap kegagalan yang terjadi (*Failure Modes*)?
4. Apa yang akan terjadi pada saat kegagalan tersebut berlangsung (*Failure effect*)?
5. Bagaimana masalah yang ditimbulkan akibat kegagalan yang terjadi (*failure consequence*)?
6. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah terjadinya kegagalan (*Proactive task*)?
7. Apa selanjutnya yang harus dilakukan jika proactive task yang sesuai tidak dapat diberikan (*Default Action*)?

Masing – masing dari pertanyaan diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Fungsi dan standar performansi

Umum kita dapat menentukan kegiatan yang sesuai diberikan dalam mempertahankan asset fisik sehingga dapat berjalan seperti yang diinginkan



oleh *user* dalam konteks operasionalnya, ada dua hal yang harus kita penuhi yaitu:

- Tentukan apa yang akan dikehendaki pemakai terhadap asset tersebut
- Pastikan bahwa asset tersebut mampu menjalankan apa yang dikehendaki oleh pemakai. Hal ini menjadi alasan mengapa langkah pertama yang diterapkan dalam proses *RCM* adalah menentukan apa fungsi tiap asset yang dimiliki dalam konteks operasi yang dijalankan, bersamaan dengan standar performansi yang diinginkan.

a) Kegagalan Fungsi

Sasaran yang ingin dicapai dalam menjalankan kegiatan perawatan adalah sama seperti apa yang telah didefinisikan dalam fungsi dan standar performansinya. Namun bagaimana mencapai sasaran tersebut itulah yang dipertanyakan. Satu satunya kejadian yang dapat menghentikan aset untuk dapat menjalankan apa yang menjadi tugasnya adalah terjadinya failure. Untuk itu diperlukan sebuah manajemen failure, dengan memperhatikan bagaimana terjadinya kegagalan tersebut.

Proses *RCM* untuk mengetahui kegagalan adalah:

- Dengan mengidentifikasi penyebab yang mengarah pada kondisi kegagalan (*failed state*).
- dengan mempertanyakan kejadian yang dapat menyebabkan aset gagal (*failed state*) menjalankan fungsinya. Dalam *RCM*, *failed state* dikenal sebagai *functional failure* karena hal tersebut terjadi ketika sebuah aset tidak dapat memenuhi fungsinya sesuai performansi standar yang dapat diterima / diinginkan oleh *user*.

b) Bentuk Kegagalan

Setelah mengetahui *functional failure*, selanjutnya yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi semua peristiwa/kejadian yang memungkinkan dapat menjadi penyebab terjadinya tiap-tiap kondisi kegagalan (*failed state*). Hal ini dikenal dengan sebutan *failure modes*/bentuk-bentuk kegagalan. Seringnya setiap daftar bentuk kegagalan disebabkan karena penurunan kemampuan akibat pemakaian. Meskipun demikian, setiap



daftar kerusakan juga dapat mencantumkan kegagalan yang disebabkan karena *human error* (baik karena operator maupun maintainers) maupun karena kesalahan desain.

c) Efek Kegagalan

Langkah keempat dalam proses RCM adalah membuat daftar efek dari kegagalan, yang menjelaskan apa saja yang terjadi ketika failure mode berlangsung. Pendeskripsian tersebut harus mencantumkan semua informasi yang dibutuhkan untuk mendukung evaluasi terhadap konsekuensi yang ditimbulkan oleh failure, yang meliputi :

1. Bukti (jika ada) bahwa failure telah terjadi ?
2. Dengan cara bagaimana (jika ada) *failure* tersebut mengancam keselamatan dan lingkungan?
3. Dengan cara bagaimana (jika ada) *failure* tersebut berakibat pada produksi dan operasional ?
4. Kerusakan fisik seperti apa (jika ada) yang disebabkan oleh *failure*?
5. Apa yang dapat dilakukan untuk memperbaiki *failure* tersebut?

d) Dampak/ Konsekuensi Kegagalan

RCM mengklasifikasikan konsekuensi kedalam empat bagian yakni :

- *Hidden failure consequence*

Adalah kegagalan fungsi yang tidak dapat menjadi bukti bagi operator bahwa telah terjadi kegagalan pada kondisi normal. Biasanya disebabkan oleh peralatan pengaman (*protective devices*) yang gagal bekerja. *Hidden failure* tidak memiliki dampak langsung, namun nantinya dapat mengarah pada *multiple failure* yang lebih serius, yakni konsekuensi catastrophic.

- *Safety and environmental consequence*

Kegagalan dapat dikatakan mempunyai konsekuensi terhadap keselamatan jika dapat melukai/ mencederai atau bahkan membunuh seseorang. Dan dikatakan memiliki konsekuensi terhadap lingkungan, jika melanggar standar regional lingkungan, nasional atau bahkan internasional.

- *Operational consequence*



Kegagalan dikatakan memiliki konsekuensi operasional jika berakibat atau berpengaruh pada kegiatan produksi (hasil keluaran, kualitas produk, pelayanan konsumen atau biaya operasi sebagai tambahan dari biaya langsung yang dikeluarkan untuk perbaikan).

- *Non-operational consequence*

Kegagalan tidak mengarah pada konsekuensi safety maupun produksi, Kegagalan hanya berpengaruh pada biaya langsung yang ditimbulkan karena perbaikan.

e) *Proactive Task*

Tindakan ini diambil sebelum *failure* terjadi, dengan harapan dapat mencegah item/ peralatan mengarah pada kondisi gagal (*failed state*). Hal ini dikenal dengan istilah *predictive* dan *preventive maintenance*. Sedangkan dalam *RCM* sendiri digunakan pendekatan *scheduled restoration*, *scheduled discard* serta *on-condition task*. Proactive task dapat menjadi sangat bermanfaat (*worth doing*) apabila dapat mengurangi konsekuensi kegagalan yang ada. Selain itu juga perlu ditambahkan pula bahwa sebelum ditentukan bahwa task tersebut telah sesuai (*worth doing*), kita juga harus menentukan bahwa hal tersebut *technically feasible*. *Technically feasible* dimaksudkan bahwa kegiatan yang diberikan memungkinkan atau sesuai diambil untuk dapat menurunkan konsekuensi dari *failure mode* yang ada dan masih dapat diterima/ dijalankan oleh pemilik atau pengguna dari aset tersebut.

f) *Default Action*

Tindakan ini diambil setelah tindakan proaktif tidak dapat diberikan dalam menghadapi *failure mode* yang terjadi. *Default action* yang diambil ditentukan berdasarkan konsekuensi yang ditimbulkan oleh failure sebagai berikut:

1. Jika proaktif task tidak dapat diberikan untuk menurunkan resiko terhadap multiple failure yang berkaitan dengan *hidden function*, maka kegiatan *periodic failure finding* dapat diberikan.



2. Jika tindakan proaktif tidak dapat diberikan untuk menurunkan resiko kegagalan yang dapat berpengaruh pada *safety* atau *environment*, maka item tersebut harus diredesain atau proses yang dijalankan harus diubah.
3. Jika tindakan proaktif tidak dapat diberikan dimana biaya yang diberikan selama periode waktu tertentu kurang dari kegagalan yang disebabkan karena *operational consequens*, *default action* yang dapat diberikan adalah *no scheduled maintenance*. Jika hal tersebut terjadi, namun konsekuensi operasionalnya masih tetap tidak dapat diterima, *default action* yang dapat diberikan adalah *redesign*.
4. Jika tindakan proaktif tidak dapat diberikan dimana biaya yang diberikan selama tenggang waktu/periode tertentu kurang dari kegagalan yang ditimbulkan akibat *non-operational consequence*, *default action* yang dapat diberikan adalah *no scheduled maintenance*. dan jika biaya perbaikan terlalu tinggi, *default action* kedua dapat diberikan yakni melakukan *redesign*.



- a. Meningkatkan integritas keselamatan dan juga lingkungan
- b. Meningkatkan performansi operasi (output, kualitas produk, serta pelayanan terhadap konsumen)
- c. Meningkatkan efektivitas biaya perawatan *RCM* memfokuskan perhatian pada aktivitas perawatan yang memiliki efek langsung terhadap performansi
- d. Meningkatkan masa pakai/umur suatu peralatan. Difokuskan pada kegiatan teknik dalam *scheduled on-condition task*.
- e. Menyediakan / sebagai database yang lengkap (*comprehensive*) selain itu juga, informasi yang tersimpan dalam *RCM worksheets* dapat membantu staf/ pekerja baru yang kurang memiliki pengalaman atau kemampuan (keahlian) untuk menjalankan kegiatan *maintenance*.

2.6.2 *Functional Block Diagram (FBD)*

Langkah pendeskripsian sebuah system diperlukan untuk mengetahui komponen-komponen yang terdapat dalam system dan bagaimana komponen tersebut bekerja sesuai fungsinya. Data fungsi peralatan dan cara beroperasinya, dipakai untuk membuat defenisi dan dasar untuk menentukan kegiatan perawatan sebagai upaya pencegahan. Keuntungan dari *FBD* adalah sebagai berikut:

1. Sebagai dasar informasi dari system mengenai desain dan operasi, yang dipakai sebagai acuan untuk melakukan tindakan perawatan sebagai upaya pencegahan dikemudian hari.
2. Memperoleh pengetahuan system secara menyeluruh
3. Mengetahui proses identifikasi parameter-parameter operasi yang menyebabkan kegagalan sistem.

2.6.3 *RCM Decision Worksheet*

RCM Decision Worksheet merupakan dokumen lembar kerja kedua dalam pengerjaan *RCM*. *Worksheet* ini digunakan untuk merecord jawaban dari pertanyaan yang muncul dari *decision* diagram, sehingga kita dapat mengetahui:

Apa saja kegiatan rutin maintenance (jika ada) yang harus dilakukan, beberapa sering dilakukan dan siapa yang melakukan



- Kegagalan mana sajakah yang cukup sering sehingga perlu dilakukan *redesign*
- Keadaan/kondisi dimana keputusan yang sudah diambil diberikan untuk menghadapi kegagalan yang terjadi.

2.7 Hubungan antara Keandalan (*Reliability*) dengan Ketidakandalan

(*Unreliability*)

Fungsi distribusi kumulatif nilainya akan naik mulai dari nol sampai satu seiring dengan naiknya nilai variabel random dari yang terkecil sampai yang terbesar. Fungsi distribusi ini bertambah seperti anak tangga untuk variabel random diskrit dan bertambah seperti kurva yang kontinyu untuk variabel random yang kontinyu. Dalam mengevaluasi keandalan suatu sistem, variabel random yang dipakai umumnya adalah waktu. Pada saat $t = 0$, komponen atau sistem berada dalam kondisi akan beroperasi, sehingga probabilitas komponen atau sistem itu untuk mengalami kegagalan pada saat $t = 0$ adalah 0. Pada saat $t \rightarrow \infty$ probabilitas untuk mengalami kegagalan dari suatu komponen atau sistem yang dioperasikan akan cenderung mendekati 1. Karakteristik ini sama dengan fungsi distribusi kumulatif. Fungsi distribusi kumulatif ini akan mengukur probabilitas kegagalan dari suatu sistem atau komponen sebagai fungsi dari waktu. Dalam terminologi keandalan fungsi distribusi kumulatif ini dikenal sebagai fungsi distribusi kegagalan kumulatif (*cumulative failure distribution function*) atau disingkat distribusi kegagalan kumulatif (*cumulative failure distribution*). Distribusi kegagalan kumulatif ini biasanya dilambangkan dengan $Q(t)$. Jika $R(t)$ menyatakan fungsi keandalan dari suatu komponen atau suatu sistem sebagai fungsi waktu maka hubungan antara fungsi keandalan $R(t)$ dan distribusi kegagalan kumulatif atau fungsi ketidakandalan $Q(t)$ dihubungkan oleh sebuah formula di bawah ini.

$$R(t) = 1 - Q(t) \quad (2.1)$$

2.8 Distribusi kegagalan

Distribusi Normal

Distribusi normal sering juga disebut dengan *distribusi Gaussian* adalah salah satu jenis yang paling sering digunakan dalam menjelaskan sebaran data. Jika



distribusi time failure (t) dari suatu komponen terdistribusi normal, maka persamaan pdfnya adalah:

$$f(t) = \frac{1}{\alpha\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (2.2)$$

Dimana: α = standar deviasi

$$\mu = \text{rata - rata}$$

Persamaan fungsi keandalan R(t)

$$R(t) = \int_1^{\infty} f(t) dt \quad (2.3)$$

Dimana : $f(t)$ = probability densityfunction pada distribusi normal PDF

$$t = \text{rata - rata/mean}$$

Persamaan Laju Kegagalan (λ)

$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{\int_1^{\infty} f(t) dt} \quad (2.4)$$

Persamaan MTFB dan availability masing-masing distribusi diatas adalah:

$$MTFB = MTTF + MTTR \quad (2.5)$$

$$Availability = \frac{MTTF}{MTFB} \quad (2.6)$$

- *Distribusi Weibull*

Distribusi weibul juga banyak dipakai karena distribusi ini memiliki shape parameter sehingga distribusi mampu untuk memodelkan berbagai data. Jika *Time to Failure* dari suatu komponen adalah T mengikuti *distribusi weibull* dengan tiga parameter yaitu : parameter bentuk (β), parameter skala (η), dan parameter lokasi (γ), maka persamaan fungsi padat distribusi dapat

presikan sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (2.7)$$

maian nilai keandalan R(t) :



$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.8)$$

Persamaan laju kegagalan (failure rate)

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{r(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (2.9)$$

Persamaan waktu rata-rata mencapai kegagalan (*MTTF*)

$$MTTF = \eta * \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) + \gamma \quad (2.10)$$

Dimana : nilai Γ tergantung dari nilai parameter bentuk (β)

- *Distribusi Eksponensial*

Distribusi eksponensial biasanya digunakan untuk mendeskripsikan laju kegagalan yang konstan dari sebuah system. Jika *time to failure* (t) dari komponen yang berdistribusi eksponensial dengan dua parameter :

Failure rate (λ)

Shape parameter (γ)

Maka persamaan pdf dari t adalah :

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\gamma)} \quad (2.11)$$

Persamaan fungsi keandalan $R(t)$

$$R(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\gamma)} \quad (2.12)$$

$$\text{persamaan } MTTF = \gamma + \frac{1}{\lambda} \quad (2.13)$$

2.9 Mean Time to Failure (*MTTF*)

Mean time to failure adalah nilai rata-rata yang diharapkan (*expiated value*) dari suatu distribusi kerusakan didefenisikan sebagai $f(t)$ sebagai berikut:

$$MTTF = E(T) = \int_0^\infty t f(t) dt \quad (2.14)$$

Sedangkan :

$$f(t) = \frac{df(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad (2.15)$$

sehingga:

$$F = \int_0^\infty -\frac{dR(t)}{dt} t dt \quad (2.16)$$

$$F = -tR(t)|_0^\infty + \int_0^\infty R(t) dt \quad (2.17)$$



$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (2.18)$$

2.10 Mean Time to Repair (MTTR)

Mean time to repair adalah dimana suatu produk atau system mulai rusak sampai selesai diperbaiki. Secara umum, waktu perbaikan atau mean time to repair diberlakukan sebagian variable random karena kejadian yang berulang-ulang dapat mengakibatkan perbaikan yang berbeda-beda. *MTTR* diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$MTTR = \int_0^{\infty} t \cdot h(t)dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t))dt \quad (2.19)$$

Dimana : $h(t)$ = fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan

$H(t)$ = fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan

T = waktu

2.11 Mean Time Between Failure (MTBF)

MTBF adalah istilah dalam perhitungan reliability yang artinya waktu peralatan atau komponen mulai beroperasi sampai dengan failure. Semakin tinggi *MTBF*nya maka peralatan tersebut cenderung reliabel. *MTBF* digunakan untuk peralatan yang bisa dilakukan perbaikan.

2.12 Isograph Availability Workbench

Isograph availability workbench merupakan software maintainability yang menyediakan alat komprehensif untuk memecahkan masalah keandalan, ketersediaan dan keselamatan yang kompleks. Produk ini digunakan diseluruh dunia oleh perusahaan mulai konsultan kecil hingga perusahaan multinasional terbesar. *Isograph availability workbench* mencakup beberapa alat yang diperlukan seperti:

1. *FMECA dan FMEA*
2. *FaultTree + Fault Tree Analysis*

Analisis Diagram Block Keandalan
 Alokasi Keandalan dan Pertumbuhan
 Analisis Pohon Acara dan Markov



6. Weibull Analisis data kegagalan historis
7. Perpustakaan Suku Cabang Terpadu
8. Alat Pelaporan Ekstensif
9. Fasilitas Ekspor dan Impor
10. Alat Kolaborasi Kelas Perusahaan

Weibull analisis digunakan untuk menganalisa histori data kerusakan dan data perbaikan yang menghasilkan grafik dan nilai waktu rata-rata beserta parameter-parameternya. *Weibull analisis* menganalisa data time to failure dan time to repair menggunakan distribusi berikut :

- 1) Distribusi Weibull 1- parameter
- 2) Distribusi Weibull 2- parameter
- 3) Distribusi Weibull 3- parameter

Weibull analisis secara otomatis menyesuaikan distribusi yang dipilih dengan data yang dimasukkan dan menampilkan hasilnya secara grafis dalam bentuk plot probabilitas kumulatif, plot kepadatan probabilitas tanpa syarat dan plot kepadatan bersyarat. Data dimasukkan secara manual oleh pengguna dan secara otomatis terpilih *distribusi Weibull 2- parameter* apabila data yang dimasukkan adalah data *time to failure* dan data *time to repair*. *Weibull analisis* dapat didownload secara prabayar dan trial 30 hari, selain perbedaan harga adapun perbedaan hasil yang diperoleh secara prabayar grafik dapat disimpan dengan baik sedangkan untuk trial grafik hanya bisa disimpan dengan screenshot.

