

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah beberapa penelitian – penelitian terdahulu yang memiliki tema mengenai pemeliharaan atau pemeliharaan yang menjadi perbandingan dengan penelitian yang akan dilakukan :

- Iksan (2010) meneliti untuk menentukan interval *preventive maintenance* pada mesin *stripping* khususnya pada sistem pemanas dengan komponen kritis adalah *heater* di PT Aditama Raya Farmino menggunakan metode *Age Replacement* dan didapatkan interval pemeliharaan 11 hari sekali dengan total biaya minimum Rp.69.150.000,- dan tingkat keandalan 57,77% dibandingkan sebelumnya Rp.81.562.500,- dan keandalan 50%.
- Christian (2012) meneliti perancangan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mengurangi *downtime* pada perusahaan manufaktur aluminium. Dalam kasus ini seringkali terjadi *downtime* pada line produksi mesin 2500 ton. Tahapan perancangan meliputi *Fault Tree Analysis* (FTA), dan *Failure mode and Effect Analysis* (FMEA) sehingga perusahaan dapat menurunkan *downtime* sebesar 58,07%.
- Praharsi (2015) meneliti perancangan penjadwalan di PT ARTHA PRIMA SUKSES MAKMUR . Industri tersebut memiliki lima mesin yang menjalankan kegiatan produksi sol sepatu 24 jam/hari . kerusakan pada mesin masih terhitung tinggi dan di perlukan perencanaan *maintenance* yang baik . penjadwalan yang diusulkan menggunakan *preventive maintenace* dengan metode *age replacement* dan didapat *downtime* berkurang 2,85% dan penghematan sebesar 38%.
- Aritonang (2015) Meneliti perencanaan Sistem *Reliability Centered Maintenace* pada instalasi *belt conveyor stacking 2* di PT. Kaltim Prima Cool. Terdapat 5 komponen kritis pada instalasi *belt conveyor* tersebut dan part terkritis ranking pertama adalah *belt conveyor* yang nilai *realibility* akhirnya dapat meningkat menjadi 88% dari nilai sebelumnya 26,11% dengan interval waktu pemeliharaan $t = 10$ jam dan dilakukan *redesign*.

Pada tabel 2.1 dijelaskan perbandingan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 2.1
Perbandingan Penelitian

	Iksan (2010)	Christian (2012)	Praharsi (2015)	Aritonang (2015)
Tujuan	Menentukan interval pemeliharaan pencegahan pada mesin untuk efisiensi pada biaya dan keandalan	Mengurangi downtime pada mesin agar memenuhi target perusahaan	Pengurangan downtime pada mesin yang bekerja 24 jam	Jadwal interval pemeliharaan agar didapatkan keandalan mesin yang baik
Metode Analisis	<i>Age Replacement</i>	FMEA , FTA	<i>Age Replacement</i>	FMEA, LTA
Objek Penelitian	Efisiensi biaya yang dikeluarkan , memaksimalkan reliability mesin	Mencapai target produksi dengan mengurangi downtime	Tindakan kegiatan pemeliharaan	Identifikasi komponen kritis, interval pemeliharaan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2.2 Definisi Pemeliharaan

Menurut Jay Hazier dan Barry Render (2001) definisi pemeliharaan adalah segala kegiatan yang didalamnya untuk menjaga sistem peralatan agar bekerja dengan baik dan dilakukan secara berkala. Assauri (2004) mendefinisikan *maintenance* sebagai kegiatan memelihara atau menjaga fasilitas dengan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan supaya terdapat suatu keadaan operasional produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan. Menurut Dhillon (2002) *maintenance* adalah semua tindakan yang tepat untuk mempertahankan *item*, komponen, peralatan dalam kondisi tertentu atau mengembalikannya ke kondisi semula atau kondisi yang diinginkan.

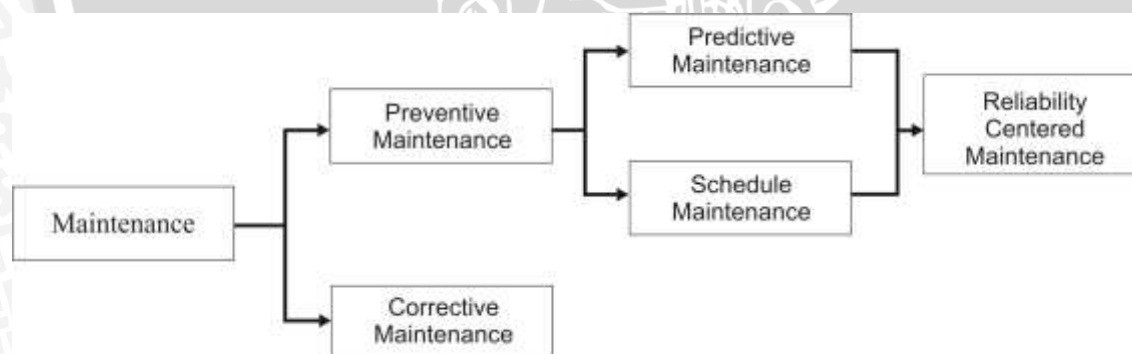
Berdasarkan definisi – definisi tersebut, pemeliharaan (*maintenance*) adalah kegiatan untuk mengembalikan suatu sistem agar tetap dalam kondisi yang baik dan bekerja secara optimal.

Tujuan utama dari *maintenance* menurut assauri (2004) adalah :

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi,
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu,
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang di luar batas dan menjaga modal yang di investasikan tersebut,
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan secara efektif dan efisien,
5. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja
6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi – fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan (*return on investment*) yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.

2.2.1 Jenis – jenis Pemeliharaan (*maintenance*)

Aktivitas perawatan atau *maintenance* dibagi menjadi dua garis besar yaitu *planned maintenance* (pemeliharaan terencana) dan *Unplanned maintenance* (pemeliharaan tidak terencana) dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 pembagian jenis *maintenance*

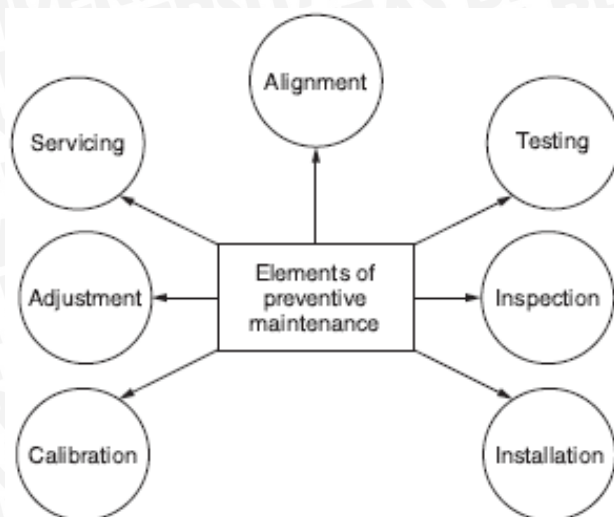
2.2.2 Preventive Maintenance (Pemeliharaan Pencegahan)

Preventive maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan dengan cara pemeriksaan dan pengamatan secara rutin atau berkala terhadap performansi sistem dan telah direncanakan terlebih dahulu dalam jangka waktu tertentu untuk memperpanjang kemampuan berfungsinya suatu peralatan. Pemeliharaan ini dilakukan untuk mencegah

kerusakan pada mesin dan untuk memperpanjang umur mesin (*lifetime*) serta meningkatkan keandalan dari mesin tersebut

Dhillon (2002 : 55) menuliskan tujuh elemen dalam kegiatan *preventive maintenance* yang dapat dilihat pada gambar 2.2 dengan penjelasan yaitu :

1. Inspeksi : inspeksi secara berkala komponen yang berpengaruh pada kerja mesin dengan membandingkan sifat karakteristik komponen tersebut seperti bentuk fisik , mekanik dan elektrik dengan komponen yang standart dipakai.
2. Servis : Berupa pembersihan, pelumasan, pengisian daya, pemeliharaan pada komponen secara berkala untuk mencegah atau meminimalisir akan terjadinya *failure*.
3. Kalibrasi : pengkalibrasian secara rutin terhadap komponen – komponen mesin untuk mengukur apakah komponen tersebut masih sesuai standart yang ada atau tidak.
4. Pengecekan : pengecekan atau pengetesan secara rutin untuk memastikan *serviceability* dan mendeteksi penurunan performa terkait elektrik maupun mekanik dari komponen tersebut
5. *Alignment* : merubah variabel spesifik dari komponen atau item yang bertujuan untuk mendapatkan performansi yang optimal.
6. *Adjustment* : penyetelan part atau komponen secara rutin untuk mendapatkan performansi yang optimal.
7. Instalasi : ganti komponen secara berkala sesuai dengan *lifetime* komponen tersebut dengan cara mengetahui siklus keausan atau penurunan performa dari komponen tersebut. Hal ini bertujuan untuk mempertahankan sistem bekerja dengan baik sesuai dengan toleransi kinerja sistem



Gambar 2.2 Elemen-elemen pada *preventive maintenance*
 Sumber : Dhillon (2002:55)

Preventive maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin (Sudrajat, 2011). *Preventive maintenance* terbagi dalam 2 kategori tugas yaitu sebagai berikut :

1. *Scheduled maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan yang terjadwal yaitu komponen diganti berdasarkan waktu atau jarak tempuh tertentu. Menurut Sudrajat (2011 : 20) pemeliharaan terjadwal (*scheduled maintenance*) bertujuan mencegah terjadi kerusakan dan pemeliharaannya dilakukan secara periodik dalam waktu tertentu. Kegiatan pemeliharaan ini juga dikenal sebagai kegiatan pemeliharaan berdasarkan waktu atau *time based maintenance*.
2. *Predictive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dengan melihat kondisi dari mesin itu sendiri. Menurut Sudrajat (2011 : 21) kegiatan ini dilakukan dengan cara melakukan monitoring mesin secara rutin sehingga saat mesin menunjukkan gejala kerusakan, segera diambil tindakan perbaikan. Kegiatan pemeliharaan ini juga dikenal dengan *condition based maintenance*. Dengan kegiatan pemeliharaan ini diharapkan kondisi mesin dapat terjaga sehingga bisa mempertahankan keandalan mesin dan menjamin keselamatan kerja operator.

2.2.3 *Corrective Maintenance* (Pemeliharaan Korektif)

Corrective maintenance atau kegiatan perbaikan adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada mesin atau mesin tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya . Menurut Dhillon (2002 : 73) dalam bukunya, *corrective*

maintenance adalah tindakan perbaikan yang terjadi setelah adanya kekurangan pada *preventive maintenance* yang digunakan untuk memperbaiki mesin agar kembali ke semula.

Selain itu menurut Sudrajat (2011 : 17) *corrective maintenance* dapat diartikan sebagai kebijakan pemeliharaan dengan cara mesin/peralatan dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki atau diganti. Tindakan yang dapat diambil adalah berupa penggantian komponen (*corrective replacement*), perbaikan kecil (*repair*), dan perbaikan besar (*overhaul*). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *corrective maintenance* adalah kegiatan yang tidak terjadwal dan tidak dapat diprediksi yang dilakukan setelah mesin mengalami kerusakan. Kegiatan pemeliharaan ini juga dikenal dengan *failure based maintenance*.

2.3 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability adalah suatu probabilitas dari mesin atau alat untuk bekerja dengan hasil yang dihasilkan dinyatakan memuaskan dalam periode waktu tertentu dan digunakan pada kondisi yang ditentukan pula (Dhillon : 2002).

Menurut Moubray (1997) secara garis besar *Reliability Centered Maintenance* di definisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan kebutuhan apa yang diperlukan dalam pemeliharaan aset fisik untuk melakukan kegiatan operasionalnya. Sedangkan arti khusus dari *Reliability Centered Maintenance* merupakan suatu proses sistematis yang digunakan untuk menentukan langkah – langkah apa saja yang harus dilakukan dan memastikan bahwa suatu mesin, fasilitas atau sistem dapat terus beroperasi sesuai dengan ketentuan dan sebagaimana fungsinya. *Reliability Centered Maintenance* dikhususkan untuk metode pemeliharaan pencegahan (*Preventive maintenance*) pada mode kegagalan tertentu yang mungkin terjadi (Dhillon : 2002).

Reliability Centered Maintenance memiliki tujuh pertanyaan masalah umum untuk membantu melakukan metode ini (Moubray : 1997) , yaitu :

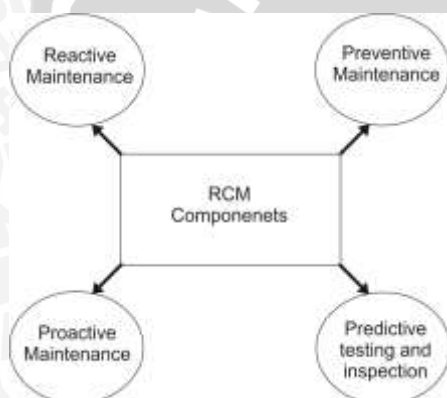
- a. apa saja fungsi dan kinerja yang berhubungan dengan standar aset dalam konteks operasi ini ?
- b. Dalam kegagalan apa saja aset tidak bekerja memenuhi fungsinya ?
- c. Apa saja penyebab dari tiap kegagalan fungsi ?
- d. Apa yang akan terjadi apabila terjadi pada tiap kegagalan fungsi ?
- e. Seberapa berpengaruh kegagalan fungsi terhadap aset ?
- f. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah sebelum terjadinya kegagalan ?

- g. Apa yang harus dilakukan jika kegiatan pencegahan yang sesuai sudah dilakukan namun tetap tidak diketahui penyebabnya ?

Tujuan dari penerapan *Reliability Centered Maintenance* antara lain :

1. Mengembangkan prioritas desain terkait yang dapat memfasilitasi kegiatan *preventive maintenance*.
2. Mengumpulkan informasi yang bermanfaat untuk meningkatkan desain atau produk yang dinilai belum memuaskan, yang berhubungan dengan keandalan.
3. Mengembangkan proses yang berhubungan dengan *Preventive Maintenance* yang dapat mengembalikan keandalan dan keamanan ke level awalnya semula pada saat terjadinya penurunan kualitas kerja pada mesin atau sistem.
4. Mencapai semua tujuan tersebut dengan *total cost* seminimal mungkin.

2.4 Komponen – Komponen *Reliability Centered Maintenance* (RCM)



Gambar 2.3 Komponen RCM
Sumber : Dhillon (2002)

Pada RCM terdapat empat komponen utama seperti bagan pada gambar 2.3 dengan penjelasan yaitu :

1. *Reactive maintenance*

Pada jenis *maintenance* ini juga dikenal dengan sebutan *breakdown*, *fix-when-fail*, *run-to-failure*, atau *repair maintenance*. Ketika memakai pendekatan pemeliharaan reaktif ini , pemeliharaan, perbaikan alat atau penggantian alat dilakukan pada saat alat tidak bekerja pada sesuai fungsinya atau terjadi kegagalan. Pada saat menggunakan pemeliharaan secara *reactive* persentase penggantian alat dan suku cadang yang digunakan meningkat, lalu rendahnya usaha kegiatan pemeliharaan, lalu tingginya nilai pemeliharaan yang tidak direncana.

Reactive *maintenance* dapat dilakukan secara efektif apabila memang hasil keputusan yang sengaja dibuat untuk memilih pemeliharaan jenis ini tapi, berdasarkan analisis RCM dengan membandingkan resiko dan biaya pemeliharaan dengan biaya yang dibutuhkan untuk mengatasi kegagalan tersebut. Berikut pada tabel 2.2 merupakan klasifikasi prioritas pada *reactive maintenance*

Tabel 2.2
Klasifikasi Prioritas pada *Reactive maintenance*

Priority Description	Priority Level	Criteria Based on System/Equipment Failure Consequences
Emergency	I	Serious and an immediate impact on mission Safety of life/property is under threat
Urgent	II	Serious and an impending impact in mission Continuity of facility operation is threatened
Priority	III	Significant and adverse effect on project is imminent Degradation in quality of mission support
Routine	IV	Insignificant impact on mission Existence of redundancy
Discretionary	V	Resources are available Impact on mission is negligible
Deferred	VI	Unavailability of resources Negligible impact on mission

Sumber : Dhillon (2002)

2. Preventive maintenance

Preventive maintenance juga disebut *time-driven* atau *interval-based maintenance* dilakukan tanpa memperhatikan kondisi peralatan. Pada pemeliharaan ini terpaku dari kegiatan inspeksi alat secara terjadwal, penggantian komponen, perbaikan komponen, penyetelan alat, kalibrasi, pelumasan, dan pembersihan yang secara teratur tanpa menunggu alat terjadi kerusakan. Penjadwalan inspeksi pada *preventive maintenance* dan pemeliharaan dengan interval tertentu bertujuan untuk mengurangi terjadinya kegagalan di peralatan yang rentan dan mengurangi terjadinya kegagalan yang sering terjadi secara mendadak.

Mean Time Between Failures (MTBF) merupakan parameter yang sering digunakan untuk menentukan interval waktu *preventive maintenance*. Tetapi dengan pendekatan MTBF ini masih dinilai kurang dikarenakan pendekatan ini tidak menghasilkan informasi tentang efek peningkatan umur dan keandalan alat. Sehingga perlu pendekatan lain yaitu pemantauan terhadap kondisi alat untuk menentukan kondisi mesin dan menetapkan kecenderungan kondisi mesin yang

akan datang. Beberapa pendekatan yang dapat digunakan untuk mengetahui kecenderungan mesin secara periodik antara lain :

- a. Antisipasi kegagalan alat dari data sebelumnya, hal yang dibutuhkan yaitu data historis dari mesin dan pengalaman dari personil untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya kegagalan.
- b. Distribusi statistik dari data kegagalan, Distribusi kegagalan dan probabilitas terjadinya kegagalan harus diketahui secara statistik untuk menentukan jadwal pemeliharaan periodik.
- c. Pendekatan konservatif, dilakukan dengan *monitoring* alat secara rutin sesuai dengan jadwal yang direncanakan untuk memastikan kondisi alat tetap dalam kondisi baik.

3. *Predictive Testing and Inspection (PTI)*

Biasa disebut juga dengan *monitoring maintenance* atau *predictive maintenance*. Untuk menilai kondisi dari alat dapat dilihat dari data performansi mesin, melakukan pengujian *non intrusive* dan melakukan inspeksi secara visual. Pada PTI digunakan *maintenance task* yang berubah-ubah dilakukan sesuai dengan keperluan dari kondisi mesin itu sendiri.

Kumpulan data PTI digunakan untuk menetapkan kondisi dari mesin dan menyoroti tanda – tanda kegagalan dengan berbagai cara, termasuk pengenalan pola kerja mesin, analisis kecenderungan, hubungan dari beberapa teknologi, perbandingan data, analisis statistik proses, dan pengujian terhadap batasan dan jangkauan mesin.

4. *Proactive maintenance*

Pada pemeliharaan jenis ini membantu meningkatkan tindakan pemeliharaan seperti desain, keahlian, kegiatan instalasi penjadwalan dan prosedur yang lebih baik. Karakteristik dari *proactive maintenance* termasuk mempraktekan *continuous improvement*, dengan adanya feedback atau komunikasi balik yang memastikan kalau usaha *improvement* mendapatkan hasil yang baik. Analisa *root-cause failure* dan *predictive maintenance* diterapkan untuk mendapatkan pemeliharaan yang efektif, mendapatkan interval pemeliharaan yang tepat, mengadakan evaluasi teknis, mengintegrasikan fungsi dan mendukung *maintenance* ke dalam perencanaan kegiatan *maintenance*, lalu menggunakan *life cycle* mesin dan fungsi pendukung dari mesin itu sendiri.

2.5 Metodologi *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Pada RCM memiliki sepuluh tahap metodologi. Metodologi ini menjamin dokumentasi yang mencatat bagaimana *maintenance tasks* dipilih untuk diaplikasikan dan kenapa dipilih menjadi kemungkinan terbaik dari beberapa alternatif *maintenance tasks* yang disediakan :

1. Pemilihan dan Pengumpulan Informasi pada Sistem
2. Mendefinisikan batasan sistem
3. *Functional Block Diagram*
4. *Functional Failure and failures modes*
5. *Failure Effect*
6. *Failure Consequence*
7. *Proactive Task and Initial Interval*
8. *Default Action*
9. FMEA
10. *RCM Woksheet Decision*

2.5.1 Pemilihan dan Pengumpulan Informasi pada Sistem

Pada Tahapan pertama kita menentukan sistem apa dan dimana sistem tersebut yang ingin kita aplikasikan menggunakan RCM. Pada RCM sistem yang dipilih merupakan sistem terbaik untuk dilakukan analisis dan mudah mencari informasi tentang runtutan kerja sistem. Sistem yang dipilih bisa berupa semua alat yang terdapat di fasilitas maupun beberapa alat saja. Kendalanya disini yaitu jika terdapat data kegagalan yang tidak konsisten dan juga terdapat biaya pemeliharaan yang tidak sesuai dengan biaya semestinya. Jika terjadi situasi seperti itu, maka terdapat beberapa pilihan rencana skema pemilihan sebagai berikut:

1. Sistem dengan jumlah kegiatan *corrective maintenance* terbanyak dalam beberapa tahun terakhir.
2. Sistem dengan jumlah kegiatan *preventive maintenance* terbanyak dan atau biaya pemeliharaan dalam beberapa tahun terakhir.
3. Kombinasi dari skema 1 dan 2
4. Sistem dengan biaya pemeliharaan terbesar dari *corective maintenance* dalam beberapa tahun terakhir.
5. Sistem yang berkontribusi secara signifikan dalam proses kerja di suatu pabrik dan dapat menyebabkan *shutdowns* dalam beberapa tahun terakhir.
6. Sistem yang memiliki keterkaitan tinggi dengan keselamatan
7. Sistem yang memiliki keterkaitan tinggi dengan lingkungan

Setelah didapatkan sistem yang ingin dianalisa sesuai dengan bantuan beberapa skema tersebut, maka langkah selanjutnya yaitu mengumpulkan data informasi yang berhubungan dengan sistem. Contoh data informasi yang berhubungan yaitu seperti diagram pemipaan, data historis sistem, skema dari sistem, spesifikasi desain peralatan, dan program pemeliharaan yang digunakan saat ini.

2.5.2 Mendefinisikan Batasan Sistem

Identifikasi dari sistem tergantung dari beberapa faktor. Hal ini mungkin termasuk dari kerumitan pabrik, kebijakan regulasi perusahaan maupun pemerintah, praktek khusus dari industri sendiri, struktur keuangan perusahaan dan lain-lain. Meskipun seperti itu definisi dari kondisi sistem dan batasan secara umum dapat diidentifikasi untuk kasus tertentu. Detail dan identifikasi suatu batasan dengan tepat merupakan hal yang vital. Alasan utama dari hal ini adalah :

1. Untuk mengetahui hal apa yang termasuk atau tidak termasuk dalam sistem, pada sistem untuk meyakinkan tidak ada fungsi sistem yang penting atau peralatan yang tidak tercantumkan, khususnya pada dua sistem berdampingan yang terpilih.
2. Penentuan batasan juga termasuk *system interfaces* dan interaksi yang menetapkan *input output* dari sistem.

Bagaimana pun juga batasan dari sistem harus diidentifikasi, dan harus ada dokumentasi yang jelas sebagai bagian dari proses yang berhasil.

2.5.3. Deskripsi Sistem dan *Functional Block Diagram* (FBD)

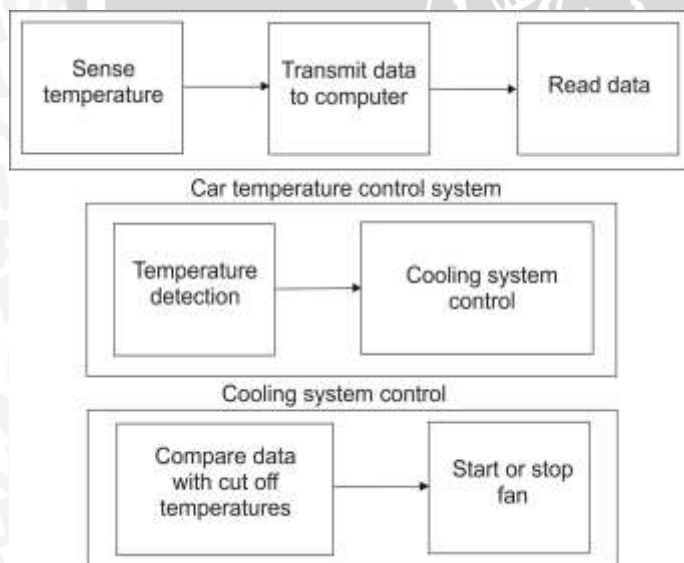
Pada langkah ini data mesin atau sistem yang dikumpulkan di cantumkan pada form analisis sistem. Dokumen atau data definisi sistem yang baik dan akurat akan membantu memudahkan menganalisis sistem. Informasi dari dokumen tersebut juga berguna untuk data *record* sistem yang bisa digunakan sebagai perbandingan saat sistem dalam proses modifikasi dan *upgrades* desain atau operasi sistem. Pada gambar 2.4 terdapat contoh form analisis sistem yang dapat membantu kegiatan preventive *maintenance* seperti karakteristik sistem, nama sistem, parameter sistem, dan lain-lain. Berikut contoh diagram sistem analisis RCM.

RCM System Analysis (system description)		
Date:	Plant:	Location:
System Name:		RCM Analyst(s): 1. 2.
System ID:		
System Location:		
Functional Description		
Key Parameters		
Key equipment		
Redundancy Features		
Safety Features		

Gambar 2.4 Contoh Form System Description Pada RCM
Sumber : Ben-Daya (2009)

A. Functional Block Diagram (FBD)

Functional Block Diagram berguna untuk menguraikan alur fungsional pada sistem yang di analisa, dengan tingkat representasi baik dari fungsi utama performa sistem. Pada FBD terdapat blok-blok yang mewakili fungsi dari sistem, dan tanda panah yang mewakili interaksi diantara fungsi tersebut. Contoh FBD secara sederhana dijelaskan pada gambar 2.5 dibawah



Gambar 2.5 Contoh Functional Block Diagram
Sumber : Ben-Daya (2009)

B. In/Out Interfaces

Setelah mendefinisikan sistem bersama dengan batasan sistem dan fungsi utamanya, kita bisa menentukan *system interface*. IN interfaces berada dalam sistem sedangkan OUT interfaces berada dalam batasan sistem tersebut, keduanya merupakan prinsip tujuan untuk menjaga fungsi sistem. Pada IN interfaces bisa juga menjadi OUT interfaces pada sistem

lain. Jika terdapat interface tanpa memiliki *system boundary* (batasan sistem) yang menghubungkan ke lingkungan sistem maka itu disebut dengan istilah *Internal Out interface* dan contoh form dapat dilihat pada gambar 2.6.

RCM System Analysis (interface definition)		
Date:	Plant:	Location:
System Name:		RCM Analyst(s): 1. 2.
System ID:		
System Location:		
IN interfaces		
OUT interfaces		
Internal OUT interfaces		

Gambar 2.6 Contoh form sistem analisis RCM untuk definisi *interface*
Sumber : Ben-Daya (2009)

C. System Work Breakdown Structure

System Work Breakdown Structure atau disingkat SWBS adalah istilah yang digunakan untuk mengidentifikasi daftar komponen atau part pada tiap fungsi yang ditampilkan pada FBD. Daftar ini menjelaskan pada tingkat komponen *assembly* yang berada dengan batasan sistem itu sendiri. Identifikasi dari semua komponen yang berada dalam sistem sangat lah penting, karena jika tidak dilakukan akan terjadi penghapusan komponen-komponen yang tidak terdaftar secara tidak sengaja dari pertimbangan dilakukannya *preventive maintenance* dan contoh form dapat dilihat pada gambar 2.7.

RCM System Analysis (System Work Breakdown Structure)		
Date:	Plant:	Location:
System Name:		RCM Analyst(s): 1. 2.
System ID:		
System Location:		
	Item	Number of item used
Non-instrumentation List		
Instrumentation List		

Gambar 2.7 Contoh form sistem analisis RCM untuk *system work breakdown structure*
Sumber : Ben-Daya (2009)

D. Equipment History

History dari peralatan harus di catat ke dalam form untuk keperluan pemeliharaan dikemudian hari , dalam data ini berisikan sejarah kegagalan alat/mesin yang telah terjadi pada tahun-tahun sebelumnya. Data ini bisa didapatkan dari *work order* untuk *corrective* maupun *preventive maintenance* dan contoh form dapat dilihat pada gambar 2.8.

RCM System Analysis (Equipment History)			
Date:	Plant:	Location:	
System Name:		RCM Analyst(s):	
System ID:		1.	
System Location:		2.	
Component	Date	Failure Mode	Failure Cause

Gambar 2.8 Contoh form sistem analisis RCM untuk *equipment history*
Sumber : Ben-Daya (2009)

2.5.4. *Functional Failures and Failure Mode*

Tujuan dari proses pemeliharaan didefinisikan dari fungsi dan kinerja suatu mesin atau alat bekerja sesuai dengan keinginan dan di bawah pertimbangan pengguna alat atau mesin. Kejadian yang memungkinkan akan menghambat bahkan menghentikan suatu alat atau mesin bekerja sesuai dengan standar adalah beberapa jenis kegagalan fungsi pada mesin atau alat. Dikarenakan kegagalan fungsi merupakan penyebab yang paling berpengaruh untuk menghambat kinerja pada suatu alat, maka perlu diadakan suatu pendekatan yang cocok untuk manajemen kegagalan dalam kegiatan pemeliharaan.

Sebelum merencanakan *management tools* yang sesuai, kita harus mengidentifikasi apakah kegagalan dapat terjadi . Pada RCM terdapat dua point yaitu :

1. Dengan mengidentifikasi jumlah keadaan suatu alat mengalami fase kegagalan.
2. Dengan menanyakan kejadian apa yang menyebabkan alat mengalami fase kegagalan.

Dalam RCM fase kegagalan yang dimaksud adalah kegagalan fungsi yang terjadi dimana saat alat tidak bisa menjalankan fungsi sesuai dengan standar dari performa yang diinginkan.

Seperti dijelaskan sebelumnya, pada saat kegagalan fungsi telah diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah mencari tahu kejadian apa saja yang kemungkinan cukup besar menyebabkan alat mengalami kegagalan. Kegiatan inilah yang disebut mode kegagalan (*Failure Modes*). Mode kegagalan meliputi alat yang berbeda tetapi cara kerjanya dan hasil produknya sama, kegagalan pada alat yang telah dalam *regime preventive maintenance* dan pada alat yang belum terjadi kegagalan tetapi memiliki kemungkinan terjadi kegagalan dikemudian hari.

2.5.5. *Failure Effects* (Efek Kegagalan)

Pada efek kegagalan mendeskripsikan apa saja yang terjadi jika setiap mode kegagalan diketahui. Pada deskripsi ini harus mencakup semua informasi yang dibutuhkan untuk membantu mengevaluasi suatu efek dari kegagalan, seperti :

- a. Apa buktinya bahwa telah terjadi kegagalan.
- b. Dalam hal apa kegagalan tersebut mengancam keamanan di sekitar lingkungan.
- c. Dalam hal apa kegagalan tersebut mempengaruhi proses produksi dan operasional.
- d. Apa kerusakan fisik yang terjadi akibat kegagalan tersebut.
- e. Apa yang harus dilakukan untuk memperbaiki kegagalan.

2.5.6. *Failure Consequences*

Failure Consequences menentukan prioritas kegiatan pemeliharaan atau perbaikan desain diperlukan untuk mencegah terjadinya kegagalan (Nowlan : 1978). *Failure Consequence* sendiri adalah dampak yang akan terjadi jika terdapat kegagalan pada alat atau mesin. Pada RCM pengidentifikasian *failure consequences* jauh lebih penting di bandingkan mengetahui karakteristik teknik alat tersebut. Mengetahui *Failure consequences* bertujuan untuk menghindari atau mengurangi kegagalan yang terjadi pada alat. Pada Proses RCM, *failure cosequences* dikelompokkan menjadi empat , yaitu:

1. *Hidden Failure consequences* : Pada *hidden failure* tidak terdapat dampak langsung, tetapi menunjukan beberapa konsekuensi kegagalan yang cukup serius dan sering terjadi.
2. *Safety and environmental consequences* : Pada kegagalan ini memiliki konsekuensi keselamatan , yaitu dapat membahayakan keselamatan kerja seperti melukai sampai membunuh pekerja. Pada kegagalan ini pun memiliki konsekuensi *environmental* yaitu dapat menuju pelanggaran dari standar lingkungan perusahaan, wilayah, nasional atau internasional.
3. *Operational Consequences*: sebuah kegagalan yang berdampak pada proses produksi seperti *output*, kualitas dari produk, *customer service* atau biaya operasional dan kemungkinan biaya perbaikan
4. *Non- Operational Consequences* kegagalan ini tidak mempengaruhi kemanan atau keselamatan kerja ataupun kegiatan produksi , Jadi kegagalan ini berpengaruh pada biaya perbaikan langsung.

Setelah mengetahui mode kegagalan yang potensial terjadi dan *failure effects* serta *failure consequences*, Setelah itu mencari nilai RPN dari komponen tersebut diman tiap *potential failure mode* dan efek yang terjadi di golongkon dalam tiap-tiap faktor yang dibagi tiga, yaitu:

1. *Severity* : konsekuensi ketika kegagalan terjadi.
2. *Occurance* : probabilitas atau frekuensi kegagalan terjadi
3. *Detection* : probabilitas kegagalan yang di deteksi sebelum terjadi dampak dari efek kegagalan terjadi.

Ketiga faktor tersebut digabungkan lalu didapatkanlah *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN tersebut yang kemudian menjadi acuan prioritas identifikasi *failures mode*.

$$\text{Risk Priority Number} = \text{Severity} \times \text{Occurance} \times \text{Detection}$$

(Ben-Daya, 2009)

Menetapkan nilai *severity*, *occurance* dan *detection* ditulis menggunakan skala nilai 1 sampai 10 menggunakan tabel 2,3, tabel 2.4 dan tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.3
Parameter nilai *severity*

Effect	Criteria : severity of effect	Ranking
<i>Hazardous – without warning</i>	<i>Very high severity ranking when a potential failure mode affects safe operation and/or involves noncompliance with regulations without warning</i>	10
<i>Hazardous – with warning</i>	<i>Very high severity ranking when a potential failure mode affects safe operation and/or involves noncompliance with regulations with warning</i>	9
<i>Very High</i>	<i>Product/item inoperable, with loss of primary function</i>	8
<i>High</i>	<i>Product/item operable, but at reduced level of performance. Customer dissatisfied</i>	7
<i>Moderate</i>	<i>Product/item operable, but may cause rework/repair and/or damage to equipment</i>	6
<i>Low</i>	<i>Product/item operable, but may cause slight inconvenience to related operations</i>	5
<i>Very Low</i>	<i>Product/item operable, but possesses some defects (aesthetic and otherwise) noticeable to most customers</i>	4
<i>Minor</i>	<i>Product/item operable, but may possess some defects noticeable by discriminating customers</i>	3
<i>Very Minor</i>	<i>Product/item operable, but is in noncompliance with company policy</i>	2
<i>None</i>	<i>No effect</i>	1

Sumber : Ben-Daya (2009)

Tabel 2.4

Parameter nilai Occurance

Probability of Failure	Possible failure rates	Ranking
Very high: failure is almost inevitable	≥ 1 in 2	10
	1 in 3	9
High: repeated failures	1 in 8	8
	1 in 20	7
	1 in 80	6
Moderate: occasional failures	1 in 400	5
	1 in 2,000	4
Low: relatively few failures	1 in 15,000	3
	1 in 150,000	2
Remote: failure is unlikely	≤ 1 in 1,500,000	1

Sumber : Ben-Daya (2009)

Tabel 2.5

Parameter Detection

Effect	Criteria : likelihood of detection by design control	Ranking
Absolute uncertainty	Design control will not and/or can not detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode; or there is no design control	10
Very remote	Very remote chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	9
Remote	Remote chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	8
Very low	Very low chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	7
Low	Low chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	6
Moderate	Moderate chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	5
Moderately high	Moderately high chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	4
High	High chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	3
Very High	Very high chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	2
Almost certain	Design control will almost certainly detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	1

Sumber : Ben-Daya (2009)

2.5.7. Proactive Task and Initial Interval

Pada Proactive task dilakukuan untuk memprediksi atau mencegah setiap kegagalan yang mungkin akan terjadi (mobley : 2008). Terdapat tiga kategori *proactive task* yaitu :

1. On-condition task

Pada on-condition task digunakan untuk mendeteksi kegagalan yang potensial akan terjadi pada suatu alat. Pada kegiatan pemeliharaan on-condition task memiliki nama lain yaitu *predictive task*, *condition based tasks* dan *condition monitoring*.

2. *Schedule Discard Task*

Menetapkan jadwal untuk pergantian part atau komponen sesuai umur pakai komponen tersebut walaupun belum terjadi kegagalan. Pada schedule discard task harus mengikuti beberapa kriteria sebelum melakukan penggantian komponen, seperti menentukan umur part secara tepat dan terdapat peningkatan probabilitas pada kondisi part tidak akan terjadi kegagalan. Lalu mengurangi probabilitas terjadinya kegagalan secara prematur.

3. *Scheduled Restoration Tasks*

Menetapkan jadwal penggantian untuk mengembalikan kapabilitas mesin sebelum interval pemeliharaan (batas umur mesin) berlangsung, tanpa memperhatikan kondisi pada saat itu, dan bertujuan menaikkan probabilitas toleransi kerja mesin untuk bertahan sampai waktu atau interval pemeliharaan yang semestinya.

2.5.8. *Default Actions*

Default actions dilakukan jika tidak terdapat kecocokan pada *proactive task* untuk menemukan kegagalan. Dalam RCM terdapat tiga kategori tindakan :

1. *Failure finding*

Memeriksa kegagalan yang tidak tampak (*hidden failure*) pada alat secara berkala untuk mengetahui apakah alat mengalami kegagalan. Hal ini dapat dilakukan dengan menghitung *FFI (Failure Finding Interval)*

2. *Redesign*

Di redesign kita merubah suatu kemampuan sistem bukan merubah cara kerja sistem. Redesign mencakup modifikasi atau mendesain ulang komponen pada alat atau merubah prosedur penggunaan alat.

3. *No scheduled maintenance*

Atau biasa disebut juga dengan *run-to-failure*. Pada kegiatan ini tidak ada tindakan pencegahan terjadinya kegagalan. Alat di perbaiki saat telah terjadi kegagalan.

2.5.9. FMEA (Failure Mode Effects Analysis)

FMEA (*failure Mode and Effect Analysis*) yang dapat dilihat pada tabel 2.6 adalah salah satu metode yang sering digunakan untuk mengevaluasi desain pada tahap awal dari aspek keandalan (Dhillon, 2002). Metode ini membantu mengidentifikasi efek dari perubahan desain dari suatu sistem.

Proses FMEA menuntut untuk mendaftarkan mode kegagalan yang berpotensi terjadi pada sistem/alat/mesin komponen dalam bentuk tertulis, dan juga berisikan daftar informasi efek yang terjadi pada sistem, subsistem, komponen dan lain-lain.

Tabel 2.6
Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

RCM Information Worksheet		System :					
		Sub-system :					
		Sub-system Function :					
Equipment	Function		Functional Failure		Failure Modes		Failure Effects
1	2	3	4	5	6	7	8

Sumber : Moubray (1997)

Masing – masing kolom tersebut diisi sebagai berikut :

- Kolom 1 diisi dengan bagian dari suatu fungsional
- Kolom 2 diisi dengan nomor urut fungsi
- Kolom 3 diisi dengan fungsi dari komponen /peralatan
- Kolom 4 diisi dengan nomor urut *functional failure*
- Kolom 5 diisi dengan kegagalan fungsi dari komponen/peralatan
- Kolom 6 diisi dengan nomor urut untuk *failure mode*
- Kolom 7 diisi dengan jenis kegagalan dari komponen/peralatan
- Kolom 8 diisi dengan dampak kegagalan dari komponen/peralatan

Tujuan yang didapatkan dari penggunaan FMEA adalah untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya dan mengidentifikasi karakteristik signifikan dan karakteristik kritis.

2.3.10 RCM Decision Worksheet

RCM decision diagram yang ditampilkan pada tabel 2.7 berisikan semua informasi semua proses pada sistem atau mesin yang kemudian menganalisa sebab akibat kegagalan

yang terjadi yang akhirnya menjadi sebuah keputusan untuk ditindak atau *task*. RCM decision diagram berbentuk worksheet yang memudahkan untuk dipahami dan dikerjakan. Berisikan informasi kegiatan apa saja yang harus dikerjakan, meliputi jadwal pemeliharaan rutin, frekuensi pemeliharaan rutin yang dilakukan, juga informasi *redesign* pada mesin yang terjadi dan yang bertanggung jawab melaksanakan *redesign* tersebut. Serta informasi mengenai kegagalan yang terjadi pada mesin.

Tabel 2.7
RCM worksheet

RCM DECISION WORKSHEET			System :							System No:				Facilitator:	
			Sub System :							Sub System No:				Auditor:	
Information reference			Consequence evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			

Sumber : Moubray (1997)

- Kolom “*information reference*” (F, FF, FM) berisikan nomor yang mengacu pada fungsi, kegagalan fungsi, dan penyebab kegagalan peralatan pada tabel FMEA.
- Kolom “*Consequence evaluation*” (H,S,E,O) berisikan konsekuensi dari *failure* yang terjadi.
 - H = *hidden failure consequences*
 - S = *safety consequences*
 - E = *environmental consequences*
 - O = *operational consequences*
- Kolom H1, H2, H3 dan seterusnya ditulis berdasarkan *proactive task* yang dipilih.
 - H1/S1/O1/N1 = tindakan *schedule on-condition task* yang dipilih.
 - H2/S2/O2/N2 = tindakan *schedule restoration task* yang dipilih.
 - H3/S3/O3/N3 = tindakan *schedule discard task* yang dipilih
- Kolom “*default action*” berisikan kegiatan *default action* yang dipilih untuk dilakukan.
 - H4 = *failure finding*
 - H5 = *redesign*
 - H6 = *no scheduled maintenance*
- Kolom “*proposed task*” berisikan tindakan yang dilakukan (jika ada)

- f. Kolom “*initial interval*” berisi jangka waktu atau interval dilakukan tindakan yang dipilih
- g. Kolom “*can be done by*” berisi personil yang bisa melaksanakan.

2.6 Fungsi Keandalan (*Reliability*)

Seperti dijelaskan sebelumnya keandalan merupakan probabilitas dari suatu sistem dalam mengerjakan fungsinya secara baik selama rentang waktu tertentu dan dioperasikan dalam keadaan semestinya (Dhillon, 2002).

Menurut Dhillon (2002) keandalan dari suatu alat atau sistem dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut ini .

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt \dots\dots\dots (2-1)$$

$R(t)$ = Reliability

$F(t)$ = Fungsi distribusi kumulatif

$f(t)$ = Fungsi *failure density*

$$R(t) = \int_t^\infty f(t)dt \dots\dots\dots (2-2)$$

$$R(t) = \exp[- \int_0^t \lambda(t)dt] \dots\dots\dots (2.3)$$

$\lambda(t)$ = Hazard rate atau *failure rate* yang bergantung dengan waktu

2.7 Distribusi Keandalan

Distribusi disini bertujuan untuk mendapatkan nilai keandalan komponen atau sistem dalam mengetahui tingkat kerusakan komponen tersebut. Macam-macam distribusi yang digunakan sebagai dasar perhitungan mengetahui nilai keandalan tersebut yaitu distribusi *weibull*, distribusi Lognormal, distribusi normal, dan distribusi eksponensial.

Menurut Ebelling (1997), rumus yang digunakan untuk menentukan parameter distribusi keandalan antara lain :

1. Distribusi weibull
 - β = parameter bentuk (*shape parameter*)
 - θ = parameter skala (*scale parameter*)
2. Distribusi Eksponensial
 - Parameter $\sigma^2 = \beta^2$
 - Parameter $\mu = \beta$
3. Distribusi Normal
 - Parameter μ = parameter lokasi

Parameter σ = parameter skala

4. Distribusi Lognormal

Parameter σ = parameter bentuk

Parameter μ = parameter skala

2.7.1 Distribusi Weibull

Distribusi *weibull* biasa digunakan dalam menganalisis suatu kerusakan yang tidak konstan. Distribusi ini sering digunakan dalam analisa keandalan (Rausand, 2004).

Pada distribusi *weibull* terdapat 2 parameter yaitu *scale parameter* dan diwakilkan oleh simbol θ yang menggambarkan sebaran data pada distribusi *weibull*. Lalu parameter selanjutnya yaitu *shape parameter* diwakilkan oleh simbol β yang menggambarkan bentuk distribusinya. Berikut merupakan persamaan fungsi reliability yang digunakan menurut Ben-Daya (2009)

PDF dari distribusi *weibull* dengan tiga parameter adalah

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t-\delta}{\theta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta} \right)^{\beta}} \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana $t \geq 0, \delta, \beta, \theta \geq 0, \theta$ = parameter skala, β = parameter bentuk dan δ = parameter lokasi

Lalu untuk PDF dari *weibull* dengan dua parameter adalah

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta}} \dots\dots\dots (2-5)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta}} \dots\dots\dots (2-6)$$

dan

$$R(t) = 1 - F(t) \dots\dots\dots (2-7)$$

Lalu mensubstitusikan kedua persamaan tersebut yaitu persamaan (2-6) dengan persamaan (2-7) menjadi

$$R(t) = 1 - (1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta}}) \dots\dots\dots (2-8)$$

Sehingga didapatkan persamaan fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta} \right)^{\beta}} \dots\dots\dots (2-9)$$

2.7.2 Distribusi Lognormal

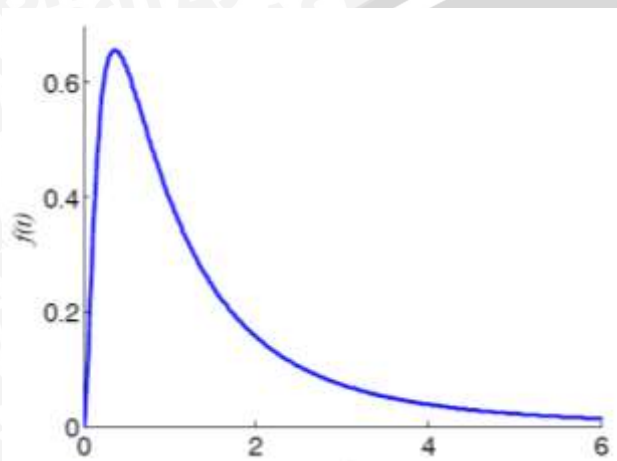
Pada distribusi ini terdapat dua parameter yaitu parameter bentuk (*shape parameter*) diwakilkan simbol σ dan parameter kedua yaitu parameter lokasi (*location parameter*) diwakilkan dengan simbol μ . Distribusi ini sering ditemui sehingga data yang didapatkan

sesuai dengan distribusi *weibull*. Fungsi keandalan (*reliability*) yang digunakan menurut Ben-Daya (2009)

Dengan rumus PDF sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2} \dots\dots\dots (2-10)$$

Dimana μ dan σ adalah parameter distribusi lognormal dengan nilai $\sigma > 0$. Grafik dari PDF lognormal dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Grafik PDF dari distribusi Lognormal dengan $\mu=0$ dan $\sigma=0$
Sumber : Ben-Daya (2009)

Jika variabel bebas X di definisikan sebagai $X = \ln T$, dimana T didistribusikan normal dengan parameter σ dan μ , maka X terdistribusikan secara normal dengan mean μ dan standart deviasi σ . Hubungan ini dapat digunakan untuk perhitungan standart distribusi lognormal

Mean dan Variansi dari lognormal dirumuskan :

$$\text{mean} = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} \dots\dots\dots (2-11)$$

$$\text{Variansi} = e^{2\mu + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1) \dots\dots\dots (2-12)$$

dan rumus CDF yaitu :

$$F(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2} dt \dots\dots\dots (2-13)$$

Sehingga didapatkan rumus *Reliability*

$$R(t) = P(T > t) = P\left(z > \frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots (2-14)$$

disederhanakan menjadi

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots (2-15)$$

dimana

$\Phi(z)$: didapatkan dari tabel standarisasi distribusi normal dan lognormal

2.7.3. Distribusi Normal

Distribusi normal baik digunakan untuk mendefinisikan fenomena kerusakan. Terdapat dua parameter dalam distribusi ini antara lain μ (rata - rata) dan σ (standar deviasi). Distribusi ini juga bisa digunakan untuk menganalisis suatu distribusi yang berdistribusi lognormal.

Menurut Ben-Daya (2009) fungsi *reliability* distribusi normal :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2} \dots\dots\dots (2-16)$$

dan

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2} dt \dots\dots\dots (2-17)$$

$$F(t) = P(T \leq t) = \left(z \leq \frac{t-\mu}{\sigma} \right) = \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \dots\dots\dots (2-18)$$

Sehingga rumus keandalan dituliskan

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \dots\dots\dots (2-19)$$

dimana

$\Phi(z)$: didapatkan dari tabel standarisasi distribusi normal dan lognormal

2.7.4 Distribusi Eksponensial

Distribusi ini digunakan untuk menghitung keandalan dari suatu distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan yang konstan. Distribusi ini memiliki laju kerusakan yang konstan terhadap waktu.

Dalam distribusi ini hanya dikenal satu parameter yaitu λ yang menunjukkan rata-rata kerusakan yang terjadi. Menurut Rausand (2004) fungsi *reliability* distribusi *eksponential* :

$$f(t) = \int_0^t \lambda e^{-\lambda} dt \dots\dots\dots (2-20)$$

dan

$$R(t) = 1 - f(t) \dots\dots\dots (2-21)$$

lalu substitusikan persamaan (2-20) ke persamaan (2-21)

$$R(t) = 1 - \int_0^t \lambda e^{-\lambda} dt \dots\dots\dots (2-22)$$

sehingga didapatkan fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda} \dots\dots\dots (2-23)$$

2.8 Mean Time To Failure (MTTF)

Mean time to failure adalah rata – rata interval waktu kerusakan dari suatu distribusi kerusakan dimana rata – rata waktu merupakan nilai yang diharapkan (*expected value*) dari unit – unit identik yang beroperasi pada kondisi normal. Nilai MTTF didapat dari hasil pengolahan data waktu antar kerusakan di *software* minitab 17. Dari hasil pengolahan data tersebut maka didapat nilai parameter setiap distribusi. Perhitungan nilai MTTF setiap distribusi adalah sebagai berikut :

- Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta \Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \dots\dots\dots (2-24)$$

- Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \dots\dots\dots (2-25)$$

- Distribusi Lognormal

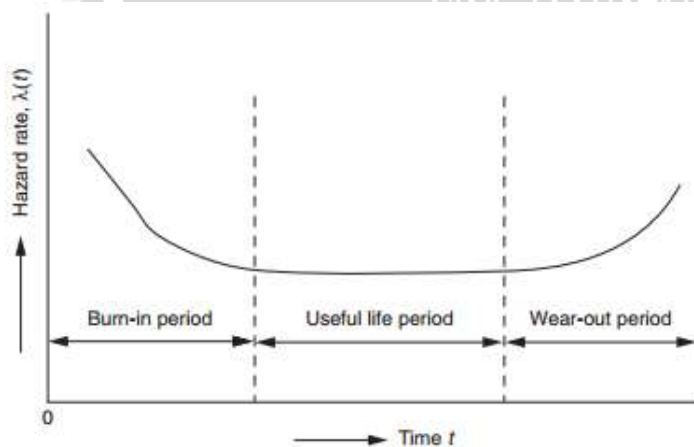
$$MTTF = \exp(\mu + \frac{1}{2} \sigma^2) \dots\dots\dots (2-26)$$

- Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots (2-27)$$

2.9 Pola Dasar Laju Kerusakan

Pola dasar laju kerusakan $\lambda(t)$ akan mengalami perubahan sepanjang waktu. Menurut Dhillon (2002) dan Ebellling (1997) Laju kerusakan secara umum digambarkan dalam bentuk kurva yang biasa dikenal dengan *bathub curve*. Hubungan antara kerusakan terhadap waktu bisa digambarkan dalam gambar 2.9 di bawah ini :



Gambar 2.10 *bathub curve*
Sumber : Dhillon (2001)

Secara umum, laju kerusakan dibagi menjadi 3 fase, yaitu :

1. *Burn in Period*

Pada bagian ini mesin dan komponen-komponennya bekerja untuk pertama kalinya. Sehingga keandalan dari mesin ini masih tinggi. Biasanya kegagalan mesin disebabkan oleh kesalahan pemakaian, performansi material atau tenaga kerja yang di bawah standar.

2. *Useful life/Normal Life Period*

Pada daerah ini laju kerusakan tergolong konstan. Dan pada fase inilah mesin berjalan dengan kondisi paling optimal sehingga pada fase ini nilai keandalan dari suatu mesin bisa kita tentukan.

3. *Wear out Period*

Pada fase ini frekuensi kerusakan mesin akan semakin meningkat. Salah satu penyebabnya adalah peralatan atau mesin yang digunakan sudah melebihi umur produk, terjadinya keausan karena pemakaian dan korosi (ditandai dengan berkarat) dan pemeliharaan yang tidak memadai.

2.10 Hipotesis

Dengan melakukan perencanaan *Reliability Centered Maintenance* maka diharapkan akan mengidentifikasi apa saja komponen – komponen kritis pada mesin *Grooving 8* di lini integrasi dan dapat menentukan interval waktu pemeliharaan pada komponen kritis serta merekomendasikan jenis tindakan pemeliharaan (*maintenance task*) pada tiap komponen kritis mesin *Grooving 8* dan menaikkan keandalan dari mesin tersebut.