BAB II
LANDASAN TEORI

2.1. Pemeliharaan

2.1.1 Defenisi Pemeliharaan

Pemeliharaan adalah suatu kegiatan untuk memelihara dan menjaga kualitas yang ada serta memperbaiki, melakukan penyesuaian atau penggantian yang diperlukan untuk mendapatkan suatu kondisi operasi produksi agar sesuai dengan perencanaan yang ada (O'Connor, 2001). Menurut Sehwarat dan Narang (2001) pemeliharaan *(maintenance)* adalah sebuah pekerjaan yang dilakukan secara berurutan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga sesuai dengan standar (sesuai dengan standar fungsional dan kualitas). Oleh karena itu, sangat dibutuhkan kegiatan pemeliharaan yang meliputi kegiatan pemeliharaan dan perawatan mesin yang digunakan dalam proses produksi.

Kata pemeliharaan diambil dari bahasa yunani terein artinya merawat, menjaga dan memelihara. Pemeliharaan adalah suatu kobinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Untuk Pengertian Pemeliharaan lebih jelas adalah tindakan merawat mesin atau peralatan pabrik dengan memperbaharui umur masa pakai dan kegagalan/kerusakan mesin (Setiawan, 2008). Sedangkan menurut Assauri (2004) pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

2.1.2 Jenis Pemeliharaan

Menurut Asyari (2007), dalam bukunya Manajemen pemeliharaan mesin membagi pemeliharaan menjadi:

1. Pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*): Pemeliharaan pencegahan adalah pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara pemeliharaan yang direncanakan untuk pencegahan. Ruang lingkup pekerjaan preventif termasuk inspeksi,

perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi terhindar dari kerusakan.

2. Pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*): Pemeliharaan korektif adalah pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas atau peralatan sehingga mencapai standar yang dapat di terima. Dalam perbaikan dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik,
3. Pemeliharaan berjalan (*Running Maintenance*): Pemeliharaan ini dilakukan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja. Pemeliharan berjalan diterapkan pada peralatan-peralatan yang harus beroperasi terus dalam melayani proses produksi.
4. Pemeliharaan prediktif (*Predictive Maintenance*): Pemeliharaan prediktif ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem peralatan. Biasanya pemeliharaan prediktif dilakukan dengan bantuan panca indra atau alat-alat monitor yang canggih,
5. Pemeliharaan setelah terjadi kerusakan (*Breakdown Maintenance*): Pekerjaan pemeliharaan ini dilakukan ketika terjadinya kerusakan pada peralatan, dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, alat-alat dan tenaga kerjanya.
6. Pemeliharaan Darurat (*Emergency Maintenance*): Pemeliharan ini adalah pekerjaan pemeliharaan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.
7. Pemeliharaan berhenti (*shutdown maintenance*): Pemeliharaan berhenti adalah pemeliharaan yang hanya dilakukan selama mesin tersebut berhenti beroperasi.
8. Pemeliharaan rutin (*routine maintenance*): Pemeliharaan rutin adalah pemeliharaan yang dilaksanakan secara rutin atau terus-menerus.
9. *Design out maintenance* adalah merancang ulang peralatan untuk menghilangkan sumber penyebab kegagalan dan menghasilkan model kegagalan yang tidak lagi atau lebih sedikit membutuhkan *maintenance.*

2.1.3 Manfaat Pemeliharaan

Manfaat dari adanya kegiatan pemeliharaan *(maintenance)* antara lain (Donsantosa, 2009):

1. Perbaikan terus-menerus. Kegiatan ini menjadi kajian yang penting dalam manajemen operasi, baik manufaktur maupun jasa, terutama pabrik-pabrik yang menggunakan mesin yang berputar dan beroperasi setiap saat.
2. Meningkatkan kapasitas. Dengan adanya perbaikan yang terus-menerus, maka tidak aka nada pengerjaan ulang / proses ulang, sehingga kapasitas akan meningkat.
3. Mengurangi persediaan. Karena tidak perlu ada tumpukan bahan baku yang harus disiapkan untuk melakukan produksi ulang.
4. Biaya operasi lebih rendah. Akibat kapasitas yang meningkat disertai dengan persediaan yang rendah, maka secara otomatis akan mengakibatkan biaya operasi lebih rendah. Tidak perlu penyimpanan bahan baku dan tidak perlu adanya biaya tambahan karena proses pengerjaan ulang.
5. Produktivitas lebih tinggi. Jika biaya operasi lebih rendah, maka dari rumus produktivitas adalah output/input akan diperoleh bahwa produktivitas akan lebih besar (dengan catatan *output* konstan). Tentunya produktivitas akan lebih besar lagi jika *output* semakin besar.
6. Meningkatkan kualitas. Akan tercipta *cost advantage*, artinya dengan kualitas yang sama baik, harga dapat ditetapkan menjadi lebih murah.

2.1.4 Fungsi dan Tujuan Pemeliharaan

Fungsi pemeliharan adalah memperbaiki mesin atau peralatan (*equipment*) yang rusak dan menjaga agar selalu dalam kondisi siap dioperasikan. Suatu kalimat yang perlu diketahui oleh orang pemeliharaan dan bagian lainnya bagi suatu pabrik adalah pemeliharaan *(maintenance)* murah sedangkan perbaikan *(repair)* mahal (Setiawan, 2008). Menurut Asyari (2007) tujuan pemeliharaan yang utama dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang kegunaan aset,
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin,

3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu,
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

Sedangkan Menurut Assauri (2004), tujuan pemeliharaan yaitu:

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 *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

2.2.1 Perubahan Dunia Perawatan

Sejak 1975 perawatan telah berubah, mungkin melebihi disiplin manajemen lainnya. Perubahan ini disebabkan oleh peningkatan yang amat besar dalam jumlah dan variasi asset fisik (pabrik, peralatan, gedung) yang harus dirawat, lebih peliknya rancangan, adanya teknik perawatan baru, dan adanya perubahan pandangan pada organisasi dan tanggung jawab perawatan. (Pranoto, 2015)

Perawatan juga merespons perubahan-perubahan akan harapan. Termasuk kesadaran yang meningkat cepat akan berpengaruh kerusakan peralatan terhadap keselamatan dan lingkungan, peningkatan kesadaran pada hubungan antara perawatan dengan kualitas produk, dan meningkatnya perhatian untuk mencapai ketersediaan *(avaibility)* pabrik yang tinggi serta penekanan pada kesadaran

terhadap biaya *(cost consciousness).* Sumber daya manusia dalam perawatan harus mengadopsi gaya pemikiran dan usaha baru pada perawatan secara menyeluruh, sebagai insinyur maupun sebagai manajer. Pada waktu yang sama, batasan dari sistem perawatan menjadi makin jelas, seberapa pun tingginya sistem komputerisasi. Dari sekian banyak perubahan, manajer perawatan dimanapun mencari suatu pendekatan baru untuk perawatan. Mereka ingin menghindari salah langkah dan jalan buntu yang selalu mengikuti dalam pergolakan utama. Akhirnya mereka mencari kerangka yang strategis, yang mensintesakan pengembangan baru dalam suatu pola yang koheren, sehingga mereka dapa mengevaluasinya dengan baik dan menerapkan suatu programyang dianggap paling baik buat dirinya maupun perusahaannya.

Bila RCM diterapkan secara tepat, RCM akan mentransformasikan hubungan antara mereka yang menggunakannya, asset fisik, serta orang-orang yang mengoperasikan dan merawat aset tersebut. Sejak 1930 evolusi dalam perawatan dapat dilacak melalui perkembangan tiga generasi. RCM secara cepat menjadi sebuah *(cornerstone)* dari perawatan generasi ketiga. Perkembangan perawatan hingga mencapai taraf seperti saat ini membutuhkan waktu yang sangat lama, sekitar 50 tahunan. Sejak 1930 evolusi perawatan dapat dibagi dalam 3 generasi.

		Generasi 3 (1980-an)
		Perencanaan availabilitas dan reliabilitas yang tinggi
		Keselamatan lebih baik
	Generasi 2 (1960-an)	Kualitas produk lebih baik
	Perencanaan availabilitas tinggi	Tidak ada kerusakan lingkungan
Generasi 1 (1960-an)	Umur peralatan lebih lama	Umur peralatan lebih lama
Perbaiki bila rusak	Biaya pemeliharaan rendah	Biaya lebih besar

Gambar 2. 1 Perkembangan Harapan pada Perawatan
(Pranoto, 2015)

		Generasi 3 (1980-an)
		Alat monitoring kondisi peralatan
		Perencanaan atas dasar reliability dan maintainability studi mengenai kerusakan
	Generasi 2 (1960-an)	Komputer kecil tapi cepat
	Penjadwalan *Overhaul*	Pemakaian FMEA
Generasi 1 (1960-an)	Sistem perencanaan dan kontrol	Pemakaian sistem cerdas
Perbaiki bila rusak	Pemakaian komputer besar tapi lambat	Keterampilan dan kerjasama tim

Gambar 2. 2 Perubahan Teknik Perawatan
(Pranoto, 2015)

GENERASI PERTAMA

Generasi pertama mencakup periode hingga Perang Dunia ke-II. Pada waktu itu mekanisme industri tidaklah tinggi, sehingga *downtime* bukan merupakan maslaah besar. Ini berarti bahwa pencegahan kerusakan peralatan bukan merupakan prioritas utama dibenak para manajer. Pada waktu itu peralatan pun sangat sederhana dan kadang-kadang dirancang secara berlebihan. Ini membuatnya andal dan mudah dirawat, sebagai hasilnya pada waktu itu tidak dibutuhkan perawatan yang sistematis kecuali membersihkan, *service*, dan pelumasan rutin. Keterampilan yang dibutuhkannya pun lebih rendah dibandingkan dengan saat ini.

GENERASI KEDUA

Perubahan besar terjadi selama Perang Dunia ke-II. Tekanan saat perang meningkatkan kebutuhan terhadap bermacam-macam barang di saat memasok tenaga kerja untuk industri sangat berkurang. Hal ini menjurus ke peningkatan mekanisme. Pada sektiar 1950-an jenis-jenis mesin banyak dan makin kompleks. Industri mulai bergantung pada mereka.

Selagi ketergantungan ini meningkat, *downtime* menjadi perhatian utama. Ini menjurus kepada ide bahwa kerusakan mesin sebisanya dan harus dicegah, maka terciptalan perawatan pencegahan *(preventive maintenance)*. Pada 1960 perawatan ini terutama terdiri dari *overhaul* yang dilakukan pada interval waktu yang tetap.

Biaya perawatan mulai meningkat tajam relatif terhadap biaya operasi lain. Hal ini menjurus ke peningkatan sistem perencanaan dan kontrol perawatan. Kegiatan ini telah menolong banyak dalam pengongontrolan perawatan dan kini merupakan bagian yang baku dari praktik-praktik perawatan. Akhirnya, jumlah kapital yang terkait dengan asset yang tetap, bersama-sama dengan kenaikan biaya yang tajam dari kapital tersebut menyebabkan orang untuk mulai mencari jalan yang dapat memaksimalkan umur asset.

GENERASI KETIGA

Sejak pertengahan 1970-an, generasi ini menjadi fokus utama dalam pemeliharaan adalah waktu rusak. Waktu rusak selalu mempengaruhi kemampuan produktivitas dari suatu asset dengan mengurangi jumlah *output*, meningkatkan biaya operasi dan bertolak belakang dengan pelayanan konsumen. Pada tahun 1960 dan 1970-an hal ini telah menjadi sebuah masala yang cukup diperhatikan dalam sector pertambangan, manufaktur dan transportasi. Dalam manufaktur, waktu rusak menjadi penghalang dalam waktu produksi, yang berusaha mengurangi jumlah peningkatan produksi. Dalam beberapa tahun ini, pertumbuhan mekanisasi dan otomasi memberikan arti bahwa reliabilitas dan ketersediaan telah menjadi masalah yang penting dalam menghasilkan keluaran yang sesuai denga kapasitas yang telah ditentukan.

2.2.2 Definisi *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu metode perawatan yang memanfaatkan informasi yang berkenaan dangan keandalan suatu fisik, untuk memperoleh strategi perawatan yang efektif, efisien dan mudah untuk dilakukan. Melalui penggunaan RCM, dapat diperoleh informasi apa saja yang harus dilakukan untuk menjamin mesin/peralatan dapat terus beroperasi dengan baik. Selain itu juga ada yang mendefinisikan RCM adalah suatu metode yang digunakan untuk mengembangkan dan meilih alternatif desain pemeliharaan berdasarkan kriteria keselamatan operasional (Kurniawan , 2013).

2.2.3 Manfaat RCM

Terdapat beberapa manfaat bagi perusahaan apabila melaksanakan RCM (Kurniawan , 2013):

1. Meningkatkan kinerja operasi, sehingga mampu menghasilkan produk yang berkualitas.
2. Meningkatkan keselamatan dan perlindungan terhadap lingkungan kerja.
3. Efisiensi terhadap biaya pemeliharaan.
4. Memperpanjang umur pemakaian peralatan dan mesin, khususnya mesin dengan biaya yang mahal.
5. Memperbaiki sistem *database* pada departemen perawatan, sehingga dapat lebih teratur.
6. Meningkatkan kerjasama antar karyawan dan memotivasi individu untuk dapat bekerja dengan lebih baik.

2.2.4 Prinsip-Prinsip RCM

Prinsip-prinsip RCM (Rausand, 1998) antara lain:

1. RCM memelihara fungsional sistem, bukan sekedar memelihara suatu sistem atau alat agar beroperasi tetapi memelihara agar fungsi sistem tersebut sesuai harapan.
2. RCM lebih fokus kepada fungsi sistem daripada suatu komponen tunggal, yaitu apakah sistem masih dapat menjalankan fungsi utama jika suatu komponen mengalami kegagalan.
3. RCM berbasiskan pada kehandalan yaitu kemampuan suatu sistem atau alat untuk terus beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan.
4. RCM bertujuan menjaga agar kehandalan fungsi sistem tetap sesuai dengan kemampuan yang didesain untuk sistem tersebut.
5. RCM mengutamakan keselamatan (*safety*) baru kemudian untuk masalah ekonomi.
6. RCM mendefinisikan kegagalan (*failure*) sebagai kondisi yang tidak memuaskan (*unsatisfactory*) atau tidak memenuhi harapan, sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi sesuai performa standar yang ditetapkan.

7. RCM harus memberikan hasil-hasil yang nyata/jelas. Tugas yang dikerjakan harus dapat menurunkan jumlah kegagalan *(failure)* atau paling tidak menurunkan tingkat kerusakan akibat kegagalan.

2.2.5 Karakteristik *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Karakteristik RCM yaitu (Hakim & Fahrizal, 2014):

1. Tujuan utama dari metode RCM adalah untuk menjaga fungsi sistem peralatan, dan juga menjaga peralatan agar tetap bekerja. Mengetahui fungsi sistem berarti mengetahui keluaran yang menjadi tujuan sistem dan dengan demikian dapat direncanakan tindakan perawatan untuk menjaga keluaran sistem sesuai dengan performa yang dimiliki perawatan.
2. Mengidentifikasi mode kerusakan spesifik dalam bagian-bagian peralatan yang potensial menghasilkan kerusakan fungsi sistem.
3. Membuat prioritas perawatan dari mode kerusakan yang terjadi. Prioritas ini berdasarkan mode kerusakan yang memberikan kontribusi terbesar dalam sistem akan mendapat prioritas tertinggi. Sistematika prioritas berdasarkan *Logic Tree Analysis.*
4. Tindakan yang telah diberi prioritas diberi tindakan pencegahan yang dapat diterapkan.

2.2.6 Langkah Implementasi RCM

Secara umum ada 7 langkah implementasi RCM (Smith & Hinchcliffe, 2004):

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi.
2. Pendefinisian Batasan Sistem.
3. Deskripsi Sistem dan *Functional Block Diagram* (FDB)
4. Penentuan Fungsi dan Kegagalan Fungsional
5. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
6. *Logic Tree Analysis* (LTA).
7. Pemilihan tindakan *(Task Selection).*

2.2.6.1 Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Pemilihan sistem dapat didasarkan pada beberapa aspek kriteria yaitu (Hakim & Fahrizal, 2014):

1. Sistem yang mendapat perhatian yang tinggi karena berkaitan dengan masalah keselamatan *(safety)* dan lingkungan
2. Sistem yang memiliki *preventive maintenance* dan/atau *biaya preventive maintenance* yang tinggi.
3. Sisem yang memiliki tindakan *corrective maintenance* dan/atau *biaya corrective maintenance* yang banyak.
4. Sistem yang memiliki kontribusi yang besar atas terjadinya *full* atau *partial outage (shutdown)*

Sedangkan dokumen atau informasi yang dibutuhkan dalam analisis RCM antara lain:

1. Blok diagram merupakan sebuah gambaran dari sistem, rangkaian atau program yang masing-masing fungsinya diwakili oleh gambar kotak berlabel dan hubungan diantaranya digambarkan dengan garis penghubung.
2. Vendor manual yaitu berupa dokumen data dan informasi mengenai desain dan operasi tiap peralatan *(equipment)* dan komponen.
3. *Equipment history* yaitu kumpulan data kegagalan *(failure)* komponen dan peralatan dengan data *corrective maintenance* yang pernah dilakukan

2.2.6.2 Pendefinisian Batas Sistem

Jumlah sistem dalam suatu fasilitas sangat banyak karena itu perlu dilakukan definisi batas sistem. Pendefinisian bertujuan untuk menghindari tumpang tindih antara satu sistem dengan sistem lainnya. Dalam melakukan pendefinisian batas sistem harus (Smith & Hinchcliffe, 2004):

1. Memiliki pengetahuan apa yang harus dimasukkan dalam sistem dan mana yang tidak, sehingga fungsi penting yang potensial tidak terabaikan.
2. Mengetahui batas sistem dan temukan faktor atau parameter yang masuk kedalam sistem serta faktor keluaran sistem.

Hal-hal yang didokumentasikan dalam proses pendefinisian batas sistem yaitu berupa:

1. Gambaran umum batas sistem yang meliputi pendefinisian elemen-elemen setiap sistem dan batas fisik primer sistem.
2. Gambaran detail batas sistem yang melibatkan masukan dan keluaran setiap sistem.

2.2.6.3 Deskripsi Sistem dan *Functional Block Diagram* (FDB)

Tahap ketiga dari RCM adalah mengidentifikasi dan mendokumentasikan data-data atau informasi detail bagaimana sistem tersebut bekerja. Ada lima informasi yang secara terpisah dikembangkan dalam tahap ini yaitu (Smith & Hinchcliffe, 2004):

a. Deskripsi Sistem

   Deskripsi sistem berisi analisa yang menjelaskan cara kerja sistem serta fitur pelindung yang ada dalam sistem

b. Diagram Blok Fungsional

   Diagram blok fungsional memperlihatkan interaksi antara satu blok diagram fungsi dengan blok diagram fungsi lainnya.

c. Masukan dan keluaran sistem

   Penetapan batas-batas sistem dan pengembangan dari fungsi subsistem memungkinkan kita untuk melengkapi dan mendokumentasikan fakta dari variasi elemen-elemen melintasi batas sistem. Elemen-elemen melintasi sistem dapat berupa energi, panas, sinyal, uap, dan sebagainya. Beberapa elemen berperan sebagai input yang melintasi batas sistem dan beberapa elemen berperan sebagai output yang melintasi batas sistem.

d. *System Work Breakdown Structure* (SWBS)

   System Work Breakdown Structure (SWBS) merupakan terminologi yang diambil dari Depertemen Pertahanan Amerika untuk aplikasi RCM. SWBS digunakan untuk menggambarkan kelompok bagian-bagian peralatan yang menjalankan fungsi tertentu.

2.2.6.4 Penentuan Fungsi dan Kegagalan Fungsional

Harus diingat prinsip RCM adalah menjaga fungsi sistem. Oleh karena itu perlu untuk berpikiran bahwa (Smith & Hinchcliffe, 2004):

1. Pada tahap proses analisa, fokus pada kegagalan fungsi bukan kegagalan peralatan.
2. Kerusakan fungsi biasanya dinyatakan dalam sebuah pernyataan kegagalan fungsi.

Pembuatan daftar fungsi sistem yang lengkap akan membantu dalam menentukan tindakan perawatan dalam menjaga fungsi sistem tetap bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

2.2.6.5 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Tahap ini merupakan tahap analisa penyebab terjadinya kegagalan fungsi pada bagian mesin yang diteliti. Kegagalan fungsi pada bagian mesin yang diteliti akan ditampilkan dalam bentuk matriks. Pembuatan matrik ini menggambarkan hubungan antara kegagalan fungsi (baris) dengan bagian-bagian mesin yang diteliti (kolom) yang akan menjadi dasar pembuatan tabel FMEA. Melalui pembuatan tabel FMEA dapat diketahui mode kerusakan dan penyebab kerusakan bagian-bagian mesin yang diteliti.

Dalam proses analisa FMEA sumber informasi yang dapat digunakan antara lain sebagai berikut (Smith & Hinchcliffe, 2004):

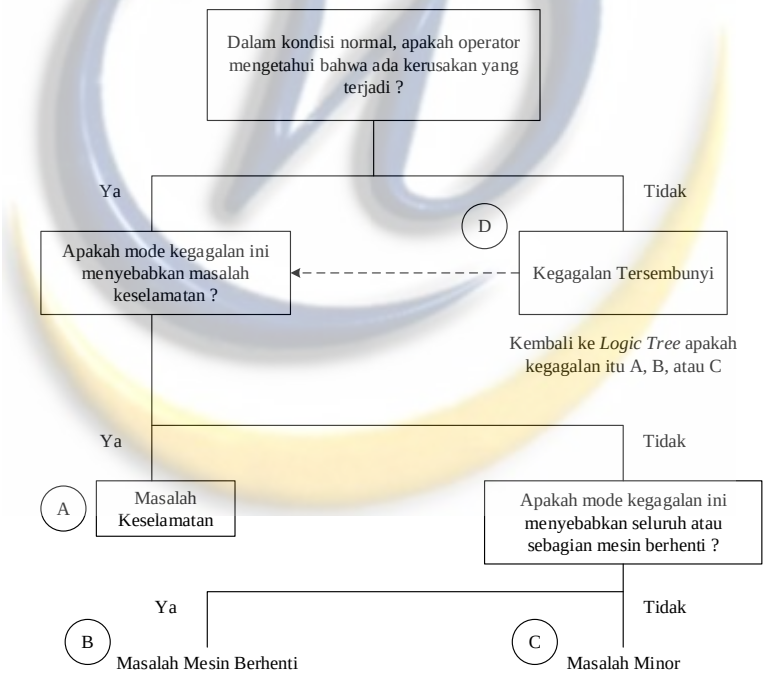
1. Data historis kerusakan peralatan, melalui data historis dapat memberikan informasi mode kerusakan yang sebenarnya terjadi pada komponen.
2. *Original Equipment Manufacture* (OEM) yang merupakan dokumen mengenai perancangan, operasi, dan perawatan peralatan yang bersangkutan.

Tahap akhir dari proses FMEA adalah menentukan akibat dari mode kerusakan terhadap tiga tingkatan yaitu akibat kerusakan untuk lokal, akibat kerusakan untuk sistem, dan akibat kerusakan untuk fasilitas. Redudansi berfungsi untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsi, oleh karena itu apabila redudansi dapat menghapus mode kerusakan, prioritas analisis untuk mode kerusakan tersebut akan dikeluarkan dari analisis dan dicatat pada daftar *Run to Failure* (RTF).

2.2.6.6 *Logic Tree Analysis* (LTA)

Penyusunan LTA merupakan proses yang kualitatif. Tujuan tahap ini adalah memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dari fungsi, kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. Proses RCM menggunakan tiga pertanyaan logika yang sederhana atau struktur keputusan untuk mempermudah analis secara akurat menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori setiap pertanyaan akan dijawab dengan "ya" atau "tidak". Tiga pertanyaan yang akan diajukan adalah (Smith & Hinchcliffe, 2004):

a. Apakah operator mengetahui dalam kondisi normal telah terjadi gangguan dalam sistem?
b. Apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
c. Apakah mode kerusakan ini meyebabkan seluruh atau sebagian mesin berhenti (*outage*)?



Gambar 2. 3 Struktur *Logic Tree Analysis*
(Smith & Hinchcliffe, 2004)

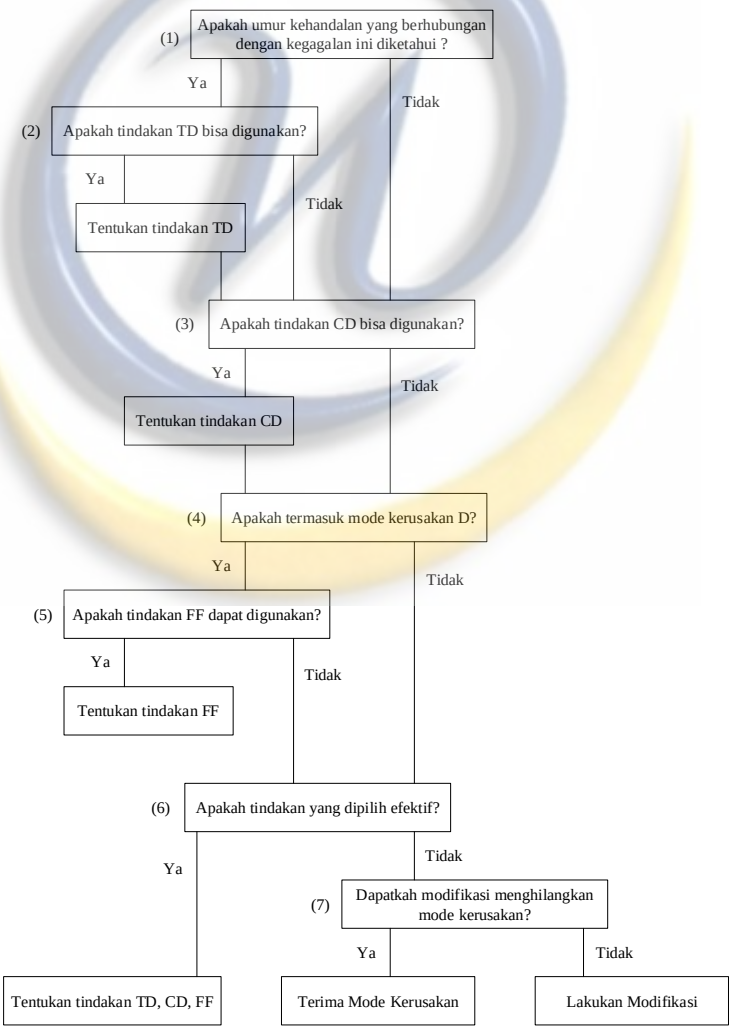
Pada bagian struktur LTA, prioritas yang dihasilkan dikelompokkan menjadi empat ketegori yaitu:

a. Kategori A (masalah keselamatan) yang merupakan prioritas tertinggi.
b. Kategori B (masalah mesin berhenti) yang merupakan prioritas kedua.

c. Kategori C (masalah minor) yang diklasifikasikan menjadi RTF.
d. Kategori D (masalah kerusakan tersembunyi) akan ditinjau kembali dan kemudian digolongkan dalam D/A atau D/B atau D/C.

2.2.6.7 Pemilihan Tindakan *(Task Selection)*

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dari proses analisa RCM. Dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang mungkin untuk dilakukan dan selanjutnya memilih tindakan yang paling efektif. Proses analisa ini akan menentukan tindakan PM yang tepat untuk mode kerusakan tertentu. Jika tidak ada tindakan yang bisa dilakukan, maka hanya bisa dimasukkan dalam RTF, selain itu bila biaya untuk melakukan tindakan melebihi biaya yang diakibatkan mode kerusakan maka mode kerusakan ini masuk dalam RTF.



Gambar 2. 4 Diagram Alir Pemilihan Tindakan
(Smith & Hinchcliffe, 2004)

Dalam pelaksanaannya pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan empat cara yaitu (Smith & Hinchcliffe, 2004):

a. *Time Directed* (TD) yaitu suatu tindakan yang bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
b. *Condition Directed* (CD) yaitu suatu tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat. Apabila dalam pemeriksaaan ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.
c. *Failure Finding* (FF) yaitu suatu tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.
d. *Run to Failure* (RTF) yaitu suatu tindakan yang menggunakan peralatan sampai rusak, karena tidak ada tindakan yang ekonomis dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan.

2.3 Keandalan *(Reliability)*

2.3.1 Defenisi Keandalan *(Reliability)*

Pemeliharaan komponen atau peralatan tidak bisa lepas dari pembahasan mengenai keandalan (*reliability*). Selain keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan sistem pemeliharaan juga keandalan digunakan untuk menentukan penjadwalan pemeliharaan sendiri. Akhir-akhir ini konsep keandalan digunakan juga pada berbagai industri, misalnya dalam penetuan interval penggantian komponen mesin/spare part. Ukuran keberhasilan suatu tindakan pemeliharaan (*maintenance*) dapat dinyatakan dengan tingkat *reliability*. Secara umum reliability dapat didefenisikan sebagai probabilitas suatu sistem atau produk dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu kondisi tertentu dan waktu yang telah ditentukan (Govil, 1993).

1. Probabilitas

Berdasarkan defenisi reliability dibagi atas empat komponen pokok, yaitu: Merupakan komponen pokok pertama, merupakan input numerik bagi pengkajian reliability sutau sistem yang juga merupakan indeks kuantitatif untuk menilai

kelayakan suatu sistem. Menandakan bahwa *reliability* menyatakan kemungkinan yang bernilai 0-1

2. Kemampuan yang diharapkan (*Satisfactory Performance*)

Komponen ini memberikan indikasi yang spesifik bahwa kriteria dalam menentukan tingkat kepuasan harus digambarkan dengan jelas. Untuk setiap unit terdapat suatu standar untuk menentukan apa yang dimaksud dengan kemampuan yang diharapkan.

3. Tujuan yang Diinginkan

Tujuan yang diinginkan, dimana kegunaan peralatan harus spesifik. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa tingkatan dalam memproduksi suatu barang konsumen.

4. Waktu (*Time*)

Waktu merupakan bagian yang dihubungkan dengan tingkat penampilan sistem, sehingga dapat menentukan suatu jadwal dalam dalam fungsi *reliability*. Waktu yang dipakai adalah MTTF (*Mean Time to Failure*) untuk menentukan waktu kritis dalam pengukuran *reliability*.

5. Kondisi Pengoperasian *(Specified Operating Condition)*

Faktor-faktor lingkungan seperti: getaran (*vibration*), kelembaban (*humidity*), lokasi geografis yang merupakan kondisi tempat berlangsungnya pengoperasiaan, merupakan hal yang termasuk kedalam komponen ini. Faktor-faktornya tidak hanya dialamatkan untuk kondisi selama periode waktu tertentu ketika sistem atau produk sedang beroperasi, tetapi juga ketika sistem atau produk berada di dalam gudang (*storage*) atau sedang bergerak (*trasformed*) dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Ukuran pemenuhan performa dinyatakan dalam sebuah notasi peluang. Pemenuhan performa tersebut bukan bersifat deterministik, sehingga tidak dapat diketahui dengan pasti terjadi atau tidak. Oleh sebab itu, kita harus menggunakan peluang dimana sebuah komponen akan sukses atau gagal dalam batasan tertentu karena tidak mungkin untuk menyatakannya secara pasti.

2.3.2 Konsep *Reliability*

Dalam teori *reliability* terdapat empat konsep yang dipakai dalam pengukuran tingkat keandalan suatu sistem atau produk, yaitu (Jardine, 2006):

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas.

Pada fungsi ini menunjukkan bahwa kerusakan terjadi secara terusmenerus (continious) dan bersifat probabilistik dalam selang waktu (0, ∞). Pengukuran kerusakan dilakukan dengan menggunakan data variabel seperti tinggi, jarak, jangka waktu. Untuk suatu variabel acak x kontinu didefenisikan berikut:

$f(x) \geq 0$ ..... (2.1)

$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$ ..... (2.2)

P(a < X < b) = $\int_{a}^{b}(x)dx$ ..... (2.3)

Dimana fungsi f(x) dinyatakan fungsi kepadatan probabilitas.

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

Fungsi ini menyatakan probabilitas kerusakan dalam percobaan acak, dimana variabel acak tidak lebih dari x:

$F(X) = P(X \leq x) = \int_{0}^{x} f(t)$ ..... (2.4)

3. Fungsi Keandalan

Bila variabel acak dinyatakan sebagai suatu waktu kegagalan atau umur komponen maka fungsi keandalan R(t) didefenisikan:

R(X) = P (T > t) ..... (2.5)

T: Waktu operasi dari awal sampai terjadi kerusakan (waktu kerusakan) dan f(x) menyatakan fungsi kepadatan probabilitas, maka f(x) dx adalah probabilitas dari suatu komponen akan mengalami kerusakan pada interval (ti + Δt). F(t) dinyatakan sebagai probabilitas kegagalan komponen sampai waktu ke t, maka:

$F(t) = P(T < t) = \int_{-\infty}^{0} f(t)$ ..... (2.6)

Maka fungsi keandalan adalah:

$R(t) = 1 - P\ (T < t)$

$= \int_{0}^{x} f(t)dt$

$= 1 - F(t)$ ..... (2.7)

Fungsi keandalan/ R(t) untuk *preventive maintenance* dirumuskan sebagai berikut:

R (t-nT) = 1- F (t-nT) ..... (2.8)

dimana n adalah jumlah pergantian pencegahan yang telah dilakukan sampai kurun waktu t, T adalah interval pergantian komponen, dan F(t) adalah Frekuensi Distribusi Kumulatif Komponen.

4. Fungsi Laju Kerusakan

Fungsi laju kerusakan didefenisikan sebagai limit dari laju kerusakan dengan panjang interval waktu mendekati nol, maka fungsi laju kerusakan adalah laju kerusakan sesaat. Rata-rata kerusakan yang terjadi dalam interval waktu t1-t2 dinyatakan. Keruskan rata-rata dinyatakan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\int_{t_1}^{t_2} f(t)dt}{(t_2 - t_1)\int_{t_1}^{\infty} f(t)dt}$$

$$= \frac{\int_{t_1}^{t_2} f(t)dt - \int_{t_1}^{t_2} f(t)dt}{(t_2 - t_1)\int_{t_1}^{\infty} f(t)dt}$$

$$= \frac{R(t_1) - R(t_2)}{(t_2 - t_1)\,R(t_1)} \quad \text{..... (2.9)}$$

Jika disubstitusi $t_1 = t$, dan $t_2 = t + h$ maka akan diperoleh laju kerusakan rata-rata (λ) adalah:

$$= \frac{R(t_1) - R(t_2)}{h\,R(t)} \quad \text{..... (2.10)}$$

Berdasarkan persamaan diatas maka fungsi laju kerusakan.

$$h(t) = \lim_{h \to 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{h\,R(t)}$$

$$= -\frac{1}{R(t)}\left[\frac{d}{dt}R(t)\right]; f(t) = -\frac{dR(t)}{dt}$$

$$= \frac{f(t)}{R(t)} \quad \text{..... (2.11)}$$

2.3.3 Pola Distribusi Data dalam Keandalan/*Reliability*

Pola distribusi data dalam Keandalan/*Reliability* antara lain:

1. Pola Distribusi *Weibull*

Distribusi ini biasa digunakan dalam menggambarkan karakteristik kerusakan dan keandalan pada komponen. Fungsi-fungsi dari distribusi *Weibull:*

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} exp\left[\left(-\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right];\ t \geq \gamma; \alpha, \beta \geq 0 \quad \text{.....(2.12)}$$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right] \quad \text{.....(2.13)}$$

c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right]$$

$$R(t) = 1 - F(t) \quad \text{.....(2.14)}$$

d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad \text{.....(2.15)}$$

Parameter β disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan *weibull* (*weibull slope*), sedangkan parameter α disebut dengan parameter skala atau karakteristik hidup. Bentuk fungsi distribusi weibull bergantung pada parameter bentuknya (β), yaitu:

β < 1: Distribusi *weibull* akan menyerupai distribusi *hyper-exponential* dengan laju kerusakan cenderung menurun.

β = 1: Distribusi *weibull* akan menyerupai distribusi eksponensial dengan laju kerusakan cenderung konstan.

β > 1: Distribusi *weibull* akan menyerupai distribusi normal dengan laju kerusakan cenderung meningkat.

2. Pola Distribusi Normal

Distribusi normal (*Gausian*) mungkin merupakan distribusi probabilitas yang paling penting baik dalam teori maupun aplikasi statistik. Fungsi-fungsi dari distribusi Normal:

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right); -\infty < t < \infty \quad \text{.....(2.16)}$$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad \text{.....(2.17)}$$

c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^\infty \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad \text{.....(2.18)}$$

d. Fungsi Laju Kerusakan

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

Konsep *reliability* distribusi normal tergantung pada nilai μ (rata-rata) dan σ (standar deviasi).

3. Pola Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal merupakan distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Distribusi lognormal banyak digunakan di bidang teknik, khusunya sebagai model untuk berbagai jenis sifat material dan kelelahan material. Fungsi-fungsi dari distribusi Lognormal:

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right);\ -\infty < t < \infty \quad \text{.....(2.20)}$$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad \text{.....(2.21)}$$

c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^\infty \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

$$R(t) = 1 - F(t) \quad \text{.....(2.22)}$$

d. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad \text{.....(2.23)}$$

Konsep *reliability* distribusi Lognormal tergantung pada nilai μ (rata-rata) dan σ (standar deviasi).

4. Pola Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial sering digunakan dalam berbagai bidang, terutama dalam teori keandalan. Hal ini disebabkan karena pada umumnya data kerusakan mempunyai perilaku yang dapat dicerminkan oleh distribusi eksponensial. Distribusi eksponensial akan tergantung pada nilai λ, yaitu laju kegagalan (konstan). Fungsi-fungsi dari distribusi Eksponensial:

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

$t > 0$ .....(2.24)

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ .....(2.25)

c. Fungsi Keandalan

$R(t) = e^{-\lambda t}$ .....(2.26)

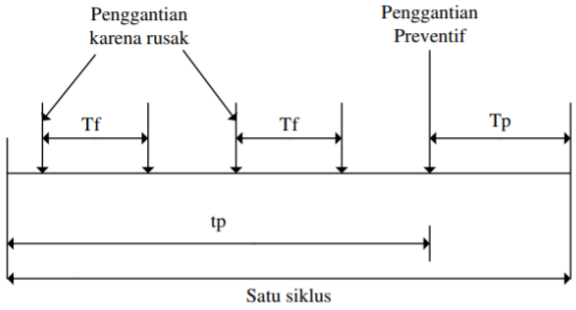
d. Fungsi Laju Kerusakan

$h(t) = \lambda$ .....(2.27)

2.4 Interval Penggantian Komponen dengan *Total Minimum Downtime*

Pada dasarnya downtime didefinisikan sebagai waktu suatu komponen sistem tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi yang baik), sehingga membuat fungsi sistem tidak berjalan (Gaspersz, 1992). Berdasarkan kenyataan bahwa pada dasarnya prinsip utama dalam manajemen perawatan adalah untuk menekan periode kerusakan (*breakdown period*) sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen sistem berdasarkan *downtime* minimum menjadi sangat penting. Pembahasan berikut akan difokuskan pada proses pembuatan keputusan penggantian komponen sistem yang meminimumkan downtime, sehingga tujuan utama dari manajamen sistem perawatan untuk memperpendek periode kerusakan sampai batas minimum dapat dicapai. Penentuan tindakan *preventif* yang optimum dengan meminimumkan downtime akan dikemukakan berdasarkan interval waktu penggantian (*replacement interval*).

Tujuan untuk menentukan penggantian komponen yang optimum berdasarkan interval waktu, tp, diantara penggantian *preventif* dengan menggunakan kriteria meminimumkan total *downtime* per unit waktu,



Gambar 2. 5 Penggantian Komponen Berdasarkan Interval Waktu (Gaspersz, 1992)

Dari Gambar 2.5 dapat dilihat bahwa total downtime per unit waktu untuk tindakan penggantian preventif pada waktu tp, dinotasikan sebagai D(tp) adalah:

$$D(t_p) = \frac{H(t_p)\,T_f + T_p}{t_p + T_p} \quad \text{.....(2.28)}$$

dimana:

H(t_p) = Banyaknya kerusakan (kagagalan) dalam interval waktu (0, tp), merupakan nilai harapan (*expected value*)

T_f = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena kerusakan.

T_p = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena tindakan preventif (komponen belum rusak).

$t_p + T_p$ = Panjang satu siklus.

Meminimumkan *total minimum downtime* akan diperoleh tindakan penggatian komponen berdasarkan interval waktu tp yang optimum. Untuk komponen yang memiliki distribusi kegagalan mengikuti distribusi peluang tertentu dengan fungsi peluang f(t), maka nilai harapan (*expected value*) banyaknya kegagalan yang terjadi dalam interval waktu (0, tp) dapat dihitung sebagai berikut:

$$H(t_p) = \sum_{i=0}^{t_p-1}[1 + H(t_p - 1 - i)] \int_i^{i+1} f(t)dt \quad \text{.....(2.29)}$$

H (0) ditetapkan sama dengan nol, sehingga untuk t_p = 0, maka H(t_p) = H (0) = 0.

2.5 Penelitian Terdahulu

Acuan dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis menggunakan beberapa penelitian tentang *Maintenance Management* sebelumnya, dilakukan untuk memberikan perbandingan sekaligus refrensi bagi peneliti.

Triesnata (2008) dalam skripsinya yang berjudul "ANALISA PERAWATAN *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (TPM) DEPARTEMENT PRESSING DI PT. SUZUKI INTERNASIONAL" membahas tentang permasalahan yang sering terjadi pada mesin Amino 200 ton pada *Department Pressing* antara lain mesin tidak stabil, *seal* bocor, injeksi tidak sempurna dan *heater* tidak mau panas. Program atau sistem usulan yang digunakan dalam penelitaian ini yaitu menggunakan *Total Productive Maintenance* (TPM) dengan harapan dapat meningkatkan efektivitas penggunaan mesin dan mengurangi ketidakefektifan kerja dari operator serta mengurani resiko rusak mesin lebih parah. Hasil pada penelitian ini didapatkan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada bulan juni sebesar 58,12% dan bulan juli sebesar 65,51% dan dapat dikatakan bahwa kemampuan produksi mesin tidak maksimal.

Apriawan (2008) dalam skripsinya yang berjudul "PENENTUAN JADWAL PENGGANTIAN OPTIMAL KOMPONEN SCRAPER PLATE PADA MESIN GILINGAN" membahas tentang permasalahan yang terjadi di Stasiun Giling biasanya diakibatkan oleh kerusakan pada bagian mesin gilingan, yaitu komponen Scraper Plate. Komponen tersebut berfungsi untuk membersihkan ampas yang melekat pada alur rol gilingan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan interval penggantian komponen Scraper Plate yang optimal sehingga dapat meminimalkan biaya penggantian komponen Scraper Plate. Metode yang digunakan untuk mencari interval penggantian yang paling optimal adalah dengan menggunakan *Kurva Trade Off*. Solusi optimal dari penjadwalan penggantian komponen Scraper Plate diperoleh pada interval penggantian 99 hari.

Thaib (2015) dalam skirpsinya yang berjudul "PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN PRODUKSI PERCETAKAN MENGGUNAKAN METODE *MARKOV CHAIN* DI CV. DUNIA PRINTING" membahas tentang kerusakan yang sering terjadi pada mesin di CV. Dunia Printing yang

menimbulkan tingginya biaya pemeliharaan, serta terhentinya proses produksi, keefektifan mesin menurun dan kepercayaan konsumen menurun yang membuat kunsumen kurang loyal terhadap perusahaan. Untuk mengatasi masalah tersebut diusulkan perencanaan pemeliharaan mesin printing menggunakan metode *Markov Chain* untuk mengurangi biaya pemeliharaan. Dalam penelitian ini membagi kondisi mesin menjadi lima state yaitu baik, kerusakan ringan, kerusakan sedang, kerusakan agak berat, dan kerusakan berat. Hasil dari penilitan ini menjadwalkan pemeliharaan Mesin *Digital Indoor* setiap 41 hari, Mesin *Digital Outdoor* setiap 55 hari dan Mesin Digital Eco solvent setiap 45 hari dan dapat menghemat biaya sebesar Rp.1.004.668,38.

Wakjira dan Singh (2012) dalam jurnalnya yang berjudul *"TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE: A CASE STUDY IN MANUFACTURING INDUSTRY*" membahas tentang evaluasi kontribusi TPM untuk peningkatan kinerja di sektor manufaktur Asella Malt Factory, Etiophia Afrika. Kerugian utama industri ini dapat diidentifikasi dengan penyesuaian produksi, kegagalan peralatan (terutama boiler), kegagalan proses, kualitas cacat dan *rework*. Hasil pada penelitian ini diketahui sebelum diterapkannya TPM di bulan januari 2011 dengan nilai OEE sebesar 70,35%. Setelah diterapkan TPM pada bulan juni diketahui nilai OEE sebesar 80,23%.

Praveen dan Rudramurthy (2013) dalam jurnalnya dengan judul "*ANALYSIS OF BREAKDOWNS AND IMPROVEMENT OF PREVENTIVE MAINTENANCE ON 1000 TON HYDRAULIC PRESS*" tujuan utama dari proyek ini meningkatkan ketersediaan mesin dan mengurangi *downtime* untuk memaksimalkan kapasistas produksi dan memperbaiki jadwal *preventive maintenance* baru pada mesin 1000 Ton Hydraulic Press. 1000 Ton Hydraulic Press merupakan mesin yang penting. Meski perushaaan mengikuti jadwal *Preventive Maintenance* saat ini, tingkat kerusakan melebihi tingkat kerusakan minimum yang dapat diterima sehingga menyebabkan penurunan kapasitas produksi. Hasil dari penelitian ini diketahui setelah melakukan pengolahan data menggunakan *Root Cause Analysis (Fishbone, 5 Why Analysis, and Preventive Maintenance Program)* berupa peningkatan ketersediaan mesin sebesar 4,16%, meningkatnya *Mean Time*

Between Failures (MTBF) sebesar 13,46% dan menurunnya *Mean Time to Repair* (MTTR) sebesar 46,42%.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Triesnata (2008)	Analisa Perawatan *Total Productive Maintenance* (TPM) Departement Pressing di PT Suzuki Internasional	*Total Productive Maintenance* (TPM)	Penelitian yang dilakukan oleh Triesnata menghasilkan nilai OEE bulan juni sebesar 58,12% dan juli sebesar 65,51%..
2	Apriawan (2008)	Penentuan Jadwal Penggantian Optimal Komponen Scraper Plate pada Mesin Gilingan	*Kurva Trade Off*	Penelitian yang dilakukan oleh Apriawan memberikan usulan penjadwalan penggantian komponen *Scraper Plate* diperoleh pada interval penggantian 99 hari

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Nama	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
3	Thaib (2015)	Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Percetakan Menggunakan Metode *Markov Chain* di CV. Dunia Printing	*Markov Chain*	Penelitian yang dilakukan oleh Thaib memberikan usulan penjadwalan pemeliharaan Mesin Digital *Indoor* setiap 41 hari, Mesin Digital *Outdoor* setiap 55 hari dan Mesin Digital Eco solvent setiap 45 hari dan menghemat biaya sebesar Rp.1.004.668,38.
4	Wakjira dan Singh (2012)	*Total Productive Maintenance: A Case Study in Manufacturing Industry*	*Total Productive Maintenance* (TPM)	Penelitian yang dilakukan oleh Wakjira dan Singh dengan hasil Sebelum diterapkannya TPM bulan januari 2011 nilai OEE sebesar 70,35%. Setelah diterapkan TPM bulan juni nilai OEE sebesar 80,23%.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Nama	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
5	Praveen dan Rudramurthy (2013)	*Analysis of Breakdowns and Improvement of Preventive Maintenance on 1000 Ton Hydraulic Press*	*Root Cause Analysis*	Penelitian yang dilakukan oleh Praveen dan Rudramurthy yaitu Peningkatan ketersediaan mesin 4,16%, meningkatnya MTBF sebesar 13,46 dan menurunnya MTTR sebesar 46,42%.

Berdasarkan penelitian terdahulu, perbedaan penelitian yang dilakukan saat ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada mesin calender di PT Gunajaya Santosa. Melalui penerapan metode RCM diharapkan dapat mengeliminasi kegiatan pemeliharaan yang tidak diperlukan, mengurangi frekuensi *overhaul*, dan meminimasi terjadinya kegagalan peralatan secara mendadak. Hasil dari penelitian yang dilakukan saat ini yaitu memberikan usulan tindakan pemeliharaan dengan menggunakan metode RCM untuk mengurangi rata-rata *downtime* pada mesin calender di PT Gunajaya Santosa.