

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Maintenance merupakan kegiatan pendukung bagi proses produksi, maka *maintenance* harus efektif efisien dan berbiaya rendah. Dengan adanya *maintenance* ini, maka mesin/peralatan produksi dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama jangka waktu tertentu yang telah direncanakan Sudrajat (2011):

Tujuan dilakukan pemeliharaan menurut Sudrajat (2011) yaitu:

1. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan pada produksi itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu,
3. Untuk mencapai tingkat biaya *maintenance* secara efektif dan efisien keseluruhannya.
4. Untuk menjamin keselamatan sarana untuk orang yang menggunakannya.
5. Memaksimalkan ketersediaan semua peralatan system produksi (mengurangi *downtime*)

2.1 Jenis Pemeliharaan

Terdapat dua tipe tindakan utama pada pemeliharaan, yakni:

- a. *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan)

Pemeliharaan pencegahan dilakukan guna memperpanjang umur sistem atau meningkatkan kehandalan dari sistem tersebut. Tindakan ini dimulai dari perawatan ringan yang membutuhkan durasi kegagalan pendek seperti

overhaul yang memerlukan waktu durasi kegagalan yang signifikan. Tindakan perbaikan pencegahan biasanya sudah direncanakan dan terjadwal.

b. *Corective Maintenance* (Pemeliharaan Perbaikan)

Pemeliharaan yang terdiri dari tindakan pengembalian kondisi system atau produk yang rusak atau gagal beroperasi kembali ke kondisi beroperasi. Tindakannya biasanya berupa perbaikan dari komponen rusak ataupun penggantian komponen yang rusak. Pemeliharaan perbaikan biasanya dilakukan apabila terjadi kegagalan yang tiba-tiba dan biasanya tidak direncanakan.

2.2 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Sudrajat (2011) menyebutkan bahwa *Reliability Centered Maintenance* adalah proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilaksanakan untuk memastikan setiap fasilitas dapat terus menjalankan fungsinya dalam operasionalnya. RCM berfokus pada preventive maintenance (PM) terhadap kegagalan yang sering terjadi.

Beberapa tujuan penting dari penerapan RCM adalah:

- a. Membentuk desain yang berhubungan supaya dapat memfasilitasi *preventive maintenance* (PM).
- b. Mendapatkan informasi yang berguna untuk meningkatkan desain produk atau mesin yang ternyata tidak memuaskan, yang berhubungan dengan kehandalan.
- c. Membentuk PM dan tugas yang berhubungan yang dapat menegembalikan kehandalan dan keamanan pada levelnya semula pada saat terjadinya penurunan kondisi peralatan atai system.

2.2.1 Bentuk Kebijakan Perawatan

Menurut Sudrajat (2011) bentuk kebijakan perawatan adalah sebagai berikut:

1. *Prventive Maintenance*

Perawatan pencegahan adalah merupakan perawatan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin. Kebijakan ini cukup baik dapat mencegah berhentinya mesin yang tidak direncanakan. Keuntungan kebijakan perawatan pencegahan terutama akan menjamin kehandalan dari suatu sisten tersebut.

2. *Breakdown Maintenance*

Perawatan kerusakan dapat diartikan sebagai kebijakan perawatan dengan cara mesin/peralatan dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki atau diganti.

Keuntungan dari kebijkan perawatan kerusakan:

- Murah dan tidak perlu melakukan perawatan.
- Cocok untuk peralatan yang murah dan sederhana atau modular.
- Kasar dan berbahaya
- Menimbulkan kerugian besar bila ditetapkan pada mesin yang mahal, kompleks dan dituntut keselamatan tinggi.
- Tidak bisa menyiapkan sumber daya manusia.

3. *Secheduled Maintenance*

Perawatan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan dan perawatannya dilakukan secara periodic dengan rentan waktu tertentu. Rentang waktu perawatan ditentukan berdasarkan pengalaman, data masa lalu atau rekomendasi dari pabrik pembuatan mein yang bersangkutan.

4. *Predictive Maintanance*

Peawatan *predictive* ini pun merupakan bagian perawatan pencegahan. Perawatan *predictive* dapat diartikan sebagai strategis perawatan dimana pelaksanaannya didasarkan kondosi mesin itu sendiri. Perawatn *predictive* disebut juga perawatan (*condition based*

maintenance) atau juga disebut *monitoring* yang artinya sebagai penentuan kondisi mesin dengan cara memeriksa mesin secara rutin, sehingga dapat diketahui kehandalan mesin serta keselamatan kerja terjamin. Pemeliharaan ini memerlukan data performa mesin, pengujian dan pengawasan secara visual. Analisis dari kondisi mesin selanjutnya akan digunakan untuk membuat perencanaan dan penjadwalan pemeliharaan dalam seblum terjadinya kegagalan. Penerapan *predictive maintenance* ini dapat meningkatkan *reliability* dari mesin.

5. *Corrective Maintenance*

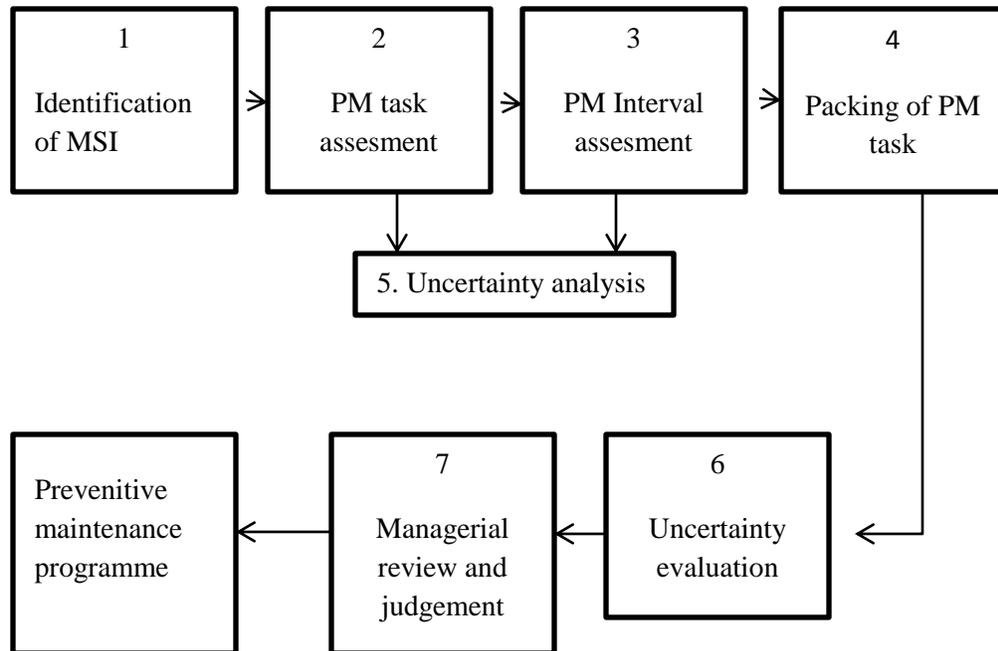
Menurut Nachnul dan Imron (2013) *corrective maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan sehingga peralatan tidak berfungsi dengan baik. Kegiatan perawatan korektif meliputi seluruh aktifitas mengembalikan system dari keadaan rusak menjadi beroperasi kembali. Perbaikan baru terjadi ketika mengalami kerusakan, walaupun terdapat beberapa perbaikan yang dapat diundur. Aktifitas *corrective maintenance* meliputi kegiatan persiapan (*Prepare Time*) berupa persiapan tenaga kerja untuk melakukan pekerjaan ini, adanya perjalanan, adanya alat test dan lain-lain,

2.2.2 Metodologi RCM

J.T. Selvik (2011) menjelaskan metodologi RCM menjadi tiga fase:

- a. Mengidentifikasi *Maintenance Signifikan Item* (MSI) atau bias disebut juga komponen yang kritis untuk dimaintenance.
- b. Membuat penugasan yang sesuai dengan pekerjaan PM yang sesuai MSI
- c. Mengimplementasikan dan memperbaharui pekerjaan PM.

Dalam tulisannya J.T. Selvik (2011) menjelaskan ketiga fase tersebut dalam *Reliability and Risk Centered Maintenance (RRCM)*.



Gambar 2.2 RRCM *Framework*

Sumber: A framework for reliability and risk centered maintenance, J. T. Selvik dan T. Aven, 2011.

Kotak 1 sampai dengan 4 memenuhi fase pertama (a) dan kedua (b) dalam metodologi RCM dengan mengaplikasikan PM task assesment dan PM interval assesment. Langkah selanjutnya mencakup fase terakhir (c) dengan mengevaluasi ketidakpastian yang terjadi dan dikomunikasikan ke pihak manajemen untuk ditindak lanjuti untuk membuat program PM.

2.3 Teori Keandalan

Reliability atau keandalan dari suatu produk atau sistem menyampaikan konsep dapat diandalkan atau sistem tersebut sukses beroperasi dengan tidak adanya kegagalan. Lebih tepatnya, reliability didefinisikan sebagai suatu konsep terkait sebagai berikut: Keandalan produk atau sistem adalah probabilitas suatu barang atau sistem mampu melakukan fungsi tertentu untuk periode waktu tertentu jika beroperasi secara normal. Jika merujuk pada pendapat ahli didapat bahwa:

- a. Menurut Ebeling, Reliability atau keandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi.
- b. Menurut Blancard, Reliability atau keandalan merupakan probabilitas bahwa sebuah unit akan memberikan kemampuan yang memuaskan untuk suatu tujuan tertentu dalam periode waktu tertentu ketika dalam kondisi lingkungan tertentu.
- c. Menurut Leith, Reliability atau keandalan suatu produk adalah ukuran terhadap kemampuan produk tersebut untuk melakukan fungsinya, pada saat dibutuhkan, untuk waktu tertentu dan pada lingkungan yang tertentu pula.

Beberapa item pada daftar ini melibatkan banyak isu-isu lain, termasuk prediksi, penilaian, optimasi, dan topik terkait. Ini didefinisikan sebagai berikut:

- a. *Reliability Prediction* atau prediksi keandalan pada dasarnya berhubungan dengan penggunaan model, sejarah masa lalu tentang produk serupa, dan sebagainya, dalam upaya untuk memprediksi keandalan dan produk pada tahap desain. Proses dapat diperbaharui pada tahap selanjutnya dalam upaya untuk memprediksi keandalan.

- b. *Reliability Assesment* atau penilaian kehandalan berkaitan dengan estimasi kehandalan didasarkan pada data aktual, yang mungkin bisa berupa data pengujian, data operasional, dan sebagainya. Sistem melibatkan pemodelan, goodness-of-fit untuk distribusi probabilitas, dan analisis terkait.
- c. *Reliability Optimization* atau optimasi kehandalan mencakup banyak area dan berkaitan dengan pencapaian trade-off yang cocok antara berbagai tujuan yang saling bersaing seperti kinerja, biaya, dan seterusnya.
- d. *Reliability Test Design* atau kehandalan uji desain berkaitan dengan metode untuk memperoleh validitas, kehandalan, dan data yang akurat, dan melakukannya secara efisien dan efektif.
- e. *Reliability Data Analisis* atau kehandalan analisis dapat berkaitan dengan estimasi parameter, pemilihan distribusi, dan banyak aspek yang dibahas di atas.

2.3.1 Mengukur Kehandalan

Kehandalan merupakan probabilitas dari peralatan atau proses yang berfungsi sesuai peruntukannya tanpa mengalami kegagalan, ketika dioperasikan pada kondisi yang semestinya untuk interval waktu tertentu. Biaya tinggi memotivasi para engineer untuk mencari solusi terhadap masalah kehandalan untuk mengurangi biaya pengeluaran, meningkatkan kehandalan, memuaskan pelanggan dengan pengiriman tepat waktu dengan cara meningkatkan ketersediaan peralatan, dan dengan mengurangi biaya dan masalah yang timbul dari produk-produk yang gagal dengan mudah.

Mengukur kehandalan suatu sistem atau peralatan dengan cara mengkuantitatifkan biaya tahunan dari peralatan atau sistem yang tidak handal tersebut dengan fasilitas yang tersedia akan menempatkan kehandalan tersebut dalam konteks bisnis. Sistem atau peralatan dengan kehandalan yang tinggi akan mengurangi biaya kegagalan peralatan. Kegagalan adalah hilangnya suatu fungsi jika fungsi tersebut diperlukan, terutama untuk mencapai tujuan keuntungan perusahaan. Kehandalan

adalah suatu ukuran dari probabilitas mampu beroperasi yang bebas dari kegagalan, yang sering dinyatakan sebagai berikut:

$$R(t) = e^{(-t/MTBF)} = e^{(-\lambda t)} \quad (2.1)$$

Reliability Sistem dengan banyak komponen didefinisikan sebagai berikut:

$$R = R.Component A \times R.Component B \times R.Component C \times \dots etc \quad (2.2)$$

Sementara perhitungan umum kehandalan didasarkan pada pertimbangan terhadap modus dari kegagalan awal, yang dapat disebut sebagai angka kegagalan dini (menurunnya tingkat kegagalan yang akan datang seiring dengan berjalannya waktu) atau memakai modus usang (yaitu meningkatnya kegagalan seiring dengan waktu). Parameter utama yang menggambarkan kehandalan adalah:

- a. *Mean Time To / Between Failure* (MTBF) yakni rata-rata jarak waktu antar setiap kegagalan.
- b. *Mean Time To Repair* (MTTR) yakni rata-rata jarak waktu yang digunakan untuk melakukan perbaikan.
- c. *Mean Life To Component* yakni angka rata-rata usia komponen
- d. *Failure Rate* yakni angka rata-rata kegagalan peralatan pada satu satuan waktu.
- e. *Maximum Number Of Failure* yakni angka maksimum kegagalan peralatan pada jarak dan waktu tertentu.

2.3.2. Distribusi untuk Menghitung Kehandalan

Pada penelitian ini, distribusi yang digunakan dalam kehandalan (reliability) adalah distribusi Weibull, Normal, Lognormal dan Exponensial.

a. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull merupakan distribusi empiris yang paling banyak digunakan dan hampir muncul pada semua karakteristik kegagalan dari produk karena mencakup ketiga frase kerusakan yang mungkin terjadi pada distribusi kerusakan. Pada umumnya, distribusi ini digunakan pada komponen mekanik atau peralatan pemrosesan.

Dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah θ yang disebut dengan parameter skala (scale parameter) dan β yang disebut dengan parameter bentuk (shape parameter). Fungsi reliability yang terdapat dalam distribusi Weibull menurut Ebeling:

Reliability function:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (2.3)$$

dimana $\theta > 0$, $\beta > 0$, dan $t > 0$

Dalam distribusi Weibull yang menentukan tingkat kerusakan dari pola data yang terbentuk adalah parameter. Menurut pendapat Ebeling, perubahan nilai-nilai dari parameter bentuk (β) yang menunjukkan laju kerusakan dapat dilihat dalam table 2.1 dibawah ini. Jika parameter mempengaruhi laju kerusakan maka parameter θ mempengaruhi nilai tengah dari pola data.

Table 2.1 Nilai Parameter Bentuk (β) Distribusi Weibull

Nilai	Laju Kerusakan
$0 < \beta < 1$	Laju kerusakan menurun (<i>decreasing failure rate</i>) \rightarrow DFR
$\beta = 1$	Laju kerusakan konstan (<i>constant failure rate</i>) \rightarrow CFR Distribusi Eksponensial
$1 < \beta < 2$	Laju kerusakan meningkat (<i>increasing failure rate</i>) \rightarrow IFR
	Kurva berbentuk konkaf
$\beta = 2$	Laju keusakan linier (<i>linier failure rate</i>) \rightarrow LFR
	Distribusi Reyleigh
$\beta > 2$	Laju kerusakan meningkat (<i>increasing failure rate</i>) \rightarrow IFR
	Kurva berbentuk konveks
$3 \leq \beta \leq 4$	Laju kerusakan meningkat (<i>increasing failure rate</i>) \rightarrow IFR
	Kurva berbentuk simetris
	Distribusi Normal

b. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal menggunakan dua parameter yaitu s yang merupakan parameter bentuk (shape parameter) dan t_{med} sebagai parameter lokasi (location parameter) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan. Distribusi ini dapat memiliki berbagai macam bentuk, sehingga sering dijumpai bahwa data yang sesuai dengan distribusi Weibull juga sesuai dengan distribusi Lognormal.

c. Distribusi Eksponential

Distribusi Eksponential digunakan untuk menghitung kehandalan dari distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan konstan. Distribusi ini mempunyai laju kerusakan yang tetap terhadap waktu, dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Distribusi ini adalah distribusi yang paling mudah dianalisis. Parameter yang digunakan dalam distribusi Eksponen

adalah λ , yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.

2.3.3. Keandalan dengan Preventive Maintenance

Peningkatan keandalan dapat ditempuh dengan preventive maintenance. Dengan preventive maintenance maka pengaruh wear out mesin atau komponen dapat dikurangi dan menunjukkan hasil yang cukup signifikan terhadap umur sistem. Menurut Lewis, Keandalan pada saat t dinyatakan sebagai berikut:

$$R_m(t) = R(t) \text{ untuk } 0 \leq t < T \quad (2.7)$$

$$R_m(t) = R(T) \cdot R(t-T) \text{ untuk } T \leq t < 2T \quad (2.8)$$

Keterangan

t = waktu

T = interval waktu pencegahan penggantian kerusakan

$R(t)$ = keandalan (reliability) dari system tanpa preventive maintenance

$R(T)$ = peluang dari keandalan hingga preventive maintenance pertama

$R(t-T)$ = peluang dari keandalan antara waktu $t-T$ setelah sistem dikembalikan dari kondisi awal pada saat T .

$R_m(t)$ = keandalan (reliability) dari system dengan preventive maintenance

Secara umum persamaannya adalah:

$$R_m(t) = R(T)^n \cdot R(t-nT) \text{ untuk } nT \leq t \leq (n+1)T \quad (2.9)$$

dimana $n = 1, 2, 3, \dots$ dst

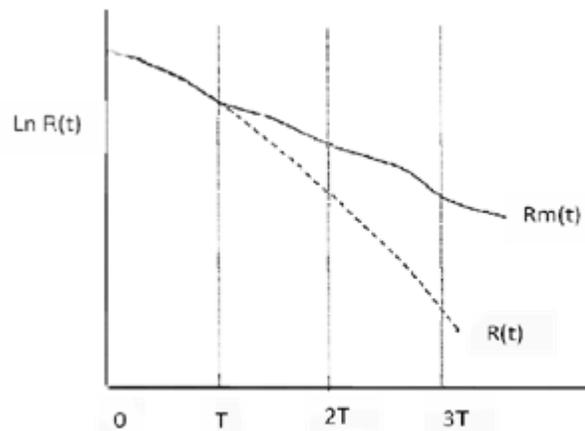
Keterangan:

n = Jumlah perawatan

$R_m(t)$ = keandalan (reliability) system dengan preventive maintenance

$R(T)^n$ = probabilitas keandalan hingga n selang waktu

$R(t-nT)$ = probabilitas keandalan untuk waktu $t-nT$ dari tindakan preventive maintenance yang terakhir.



Gambar 2.3. Pengaruh Preventive Maintenance terhadap Reliability

Sumber: Introduction to Reliability Engineering, E.E. Lewis

Untuk laju kerusakan yang konstan : $R(t) = e^{-\lambda t}$ maka,

$$R_m(t) = (e^{-\lambda t})^n e^{-\lambda t(t-nT)}$$

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

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

$$R_m(t) = R(t)$$

Berdasarkan rumus di atas, ini membuktikan bahwa distribusi *eksponensial* yang memiliki laju kerusakan konstan, bila dilakukan *preventive maintenance* tidak akan menghasilkan dampak apapun. Dengan demikian, tidak ada peningkatan reliability seperti yang diharapkan, karena $R_m(t) = R(t)$

Namun apabila nilai laju kerusakan tidak konstan memungkinkan *preventive maintenance* tidak meningkatkan kehandalan peralatan. Pada saat itu solusi yang digunakan lebih abik adalah penggantian mesin.

2.4 Analisis Time Between Failure

Analisis time between failure adalah waktu yang di prediksi berlalu antara kegagalan system mekanik atau elektronk, selama operasi system normal.

2.5 Pengukuran Waktu Siklus dan Waktu Normal.

2.5.1 Waktu Siklus

Waktu Siklus adalah waktu antara penyelesaian dari dua pertemuan berturut – turut, asumsikan konstan untuk semua pertemuan. Dapat dikatakan waktu siklus merupakan hasil pengamatan secara langsung yang tertera dalam *stopwatch*. Waktu siklus dihitung dengan menggunakan rumus:

$$W_s = \frac{\sum x_i}{N}$$

Keterangan:

X_i = Jumlah waktu penyelesaian yang tercemati

N = Jumlah pengamatan yang dilakukan

2.5.2 Waktu Normal

Waktu normal merupakan waktu kerja yang telah mempertimbangkan factor penyesuaian, yaitu waktu siklus rata-rata dikalikan dengan factor penyesuaiana. Waktu normal dihitung dengan menggunakan rumus:

$$W_n = W_s \times p$$

Keterangan:

W_s = Waktu siklus pengamatan.

p = Faktor penyesuaian.

$p = 1$ wajar.

$p < 1$ bekerja terlalu lambat.

$p > 1$ bekerja terlalu cepat.

2.6 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan beberapa referensi dari penelitian terdahulu yang membahas hal serupa mengenai pemeliharaan mesin menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Berikut data penelitian sebelumnya yang menjadi referensi bagi peneliti dalam penelitian ini :

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Topik
1	Hendro Asisco (2015)	Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	<i>Breakdown</i> yang tinggi terjadi pada mesin pemecah biji.
2	Waviy Amiin (2011)	Perencanaan Perawatan Dengan Metode <i>Reliability contered Maintenance</i> (RCM) Pada Mesin <i>Insulation Moulding</i>	Perawatan mesin <i>Insulation Moulding</i> yang tidak teratur mengakibatkan terhambatnya proses produksi.
3	Sri Astuti Widyaningsih (2011)	Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Pada Mesin Produksi Bahan Bangunan Untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Dengan Metode <i>Reliability Contered Maintenance</i> (RCM)	Seringnya terjadi kegagalan mesin yang menyebabkan rendahnya keandalan mesin.
4	Muhammad Arizki (2018)	Penentuan Interval Waktu <i>Preventive Maintenance</i> pada <i>Nail Making Machine</i> Dengan Menggunakan Metode <i>Reliability Centered maintenance</i> (RCM)	Dengan <i>downtime</i> yang tinggi mengharuskan untuk menentukan perawatan mesin.

