

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Rachman (2017) melakukan penelitian terhadap mesin boiler pada PLTU PT Indo Pusaka Berau. Permasalahannya adalah sering terjadi kerusakan komponen boiler. Sehingga perlu adanya sistem perawatan sistem perawatan mesin dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), mendapatkan hasil perhitungan interval penggantian komponen didapatkan 37 hari untuk komponen *gland seal steam* dan 58 hari untuk komponen *check valve*. Hasil lainnya yaitu dapat menurunkan downtime sebesar 11,3 dari metode perawatan yang dilakukan diperusahaan.

Aufar (2014) melakukan penelitian terhadap mesin overhead conveyor (OHC) pada PT. Nissan Motor Indonesia. Permasalahannya adalah sering terjadi kerusakan pada periode Februari-Mei 2014 dengan jumlah kerusakan paling tinggi 38 mode kegagalan. Dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), terdapat 34 kegagalan yang bisa diatasi dengan melakukan kebijakan perawatan dengan melakukan pengamatan dan pemeriksaan secara berkala. Dan 4 mode kegagalan diatasi dengan melakukan kebijakan perawatan untuk tetap menggunakan komponen hingga komponen tersebut mengalami kerusakan.

Alghofar (2006) melakukan penelitian terhadap mesin *ballmill* pada PT. Sici Multi Indomarmer sudah menerapkan *corrective maintenance* tetapi masih terjadi kerusakan khususnya pada mesin *ballmill*. Pada mesin ini mengalami kerusakan pada komponen-komponennya seperti *fillow block UC-210*, *gear T17*, *gear T124*, *as pully dna van belt B124*. Penyebab komponen mengalami kegagalan yaitu getaran dan usia pemakai. Penyebab getaran atau gesekan bisa diatasi

dengan memberi pengikat (penahan getaran). Sedangkan untuk usia pemakai bisa diatasi dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), dengan membuat *scheduled maintenance* dan pengecekan secara berkala. Kesimpulan PT. Sici Multi Indomarmer sebelumnya menerapkan *corrective maintenance* yang menyebabkan tidak ada jadwal yang terencana. Sedangkan pada penelitian saya, PT Prima Alloy Steel Universal (Tbk) sudah menerapkan *preventive maintenance* akan tetapi masih terjadi kerusakan pada mesin CNC WN20-T4

2.2 Teori Perawatan

Perawatan merupakan gabungan dari semua aktifitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas atau fasilitas mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awal mesin. Definisi lain dari perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Perawatan harus tetap memperhatikan fungsi pendukungnya dan meminimalkan ongkos untuk mengantisipasi tingkat kerusakan dan mencegah terhentinya kegiatan produksi.

2.3 Pengertian Perawatan

Menurut Ebeling (1997) perawatan sebagai bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang mampu mengembalikan item atau mempertahankannya pada kondisi yang selalu dapat berfungsi. Perawatan diartikan sebagai suatu kegiatan pemeliharaan fasilitas pabrik serta mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang sesuai dengan yang direncanakan.

Menurut *Japan Institute of Plan Maintenance and Consultan TPM india* tujuan utama dilakukannya perawatan, secara detail disebutkan sebagai berikut :

1. Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi.
2. Menjamin tingkat optimum dari fasilitas produksi.
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk pemakaian darurat.
4. Menjamin keselamatan operator dan pemakai fasilitas.
5. Mendukung kemampuan mesin dapat memenuhi kebutuhan sesuai fungsinya.
6. Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.
7. Mencapai tingkat biaya perawatan serendah mungkin (*lowest maintenance cost*) dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien.
8. Mengadakan kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam perusahaan untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu keuntungan yang sebesar-besarnya dan total biaya yang rendah.

Menurut Kurniawan (2013) tindakan – tindakan perawatan yang perlu dilakukan meliputi :

1. Pemeriksaan
 - a. Pemeriksaan terhadap sistem yang dalam kondisi siap pakai (*Serviceable*), bertujuan untuk melihat apakah hal-hal yang dapat menimbulkan kerusakan.
 - b. Pemeriksaan terhadap sistem yang dalam kondisi tidak siap pakai atau rusak (*Unserviceable*), bertujuan untuk menentukan jenis kerusakan, tingkat kerusakan, dan suku cadang yang diperlukan.
 - c. Pemeriksaan yang dilakukan pada sistem yang telah selesai mengalami perawatan, bertujuan

untuk melihat apakah prosedur dan mutunya sesuai standar yang dilakukan.

2. *Servicing* yaitu kegiatan ini meliputi pencucian, pelumasan dan hal-hal lain yang sejenis.
3. Perbaikan yaitu kegiatan perawatan yang tidak terjadwal untuk memperbaiki bagian yang rusak. Pekerjaannya meliputi pembongkaran, penggantian komponen yang rusak, pemasangan kembali dan pengujian.
4. Modifikasi bertujuan mengubah dari kondisi asli sistem dengan cara menambah, mengurangi atau membentuk.
5. Uji coba meliputi pengujian yang dilakukan atas suatu peralatan atau mesin untuk meyakinkan bahwa peralatan atau mesin dapat berfungsi dengan baik, pengujian dilakukan dengan alat atau tanpa alat ukur.

2.4 Pengklasifikasikan Perawatan

Proses perawatan mesin yang dilakukan oleh suatu perusahaan umumnya terbagi dalam dua bagian yaitu terencana (*Planned Maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*Unplanned Maintenance*). Beberapa macam strategi yang dapat digunakan sebagai berikut:

1. Penggantian (*Replacement*) :
Merupakan penggantian komponen untuk melakukan perawatan. Kebijakan penggantian ini dilakukan pada seluruh atau sebagian *part* yang dirasa tingkat kendala mesin berada pada kondisi yang kurang baik.
2. Perawatan peluang (*Opportunity Maintenance*)
Perawatan dilakukan ketika ada waktu luang, misalnya pada mesin sedang *Shut Down*.
3. Perbaikan (*Overhaul*)
Merupakan pengujian secara menyeluruh dan perbaikan pada sedikit komponen atau sebagian besar komponen sampai kondisi yang dapat diterima.

4. Perawatan pencegahan (*Preventive Maintenance*)
Merupakan perawatan yang dilakukan secara terencana untuk mencegah terjadinya potensi terjadinya kerusakan (Nakajima,1998). Dalam proteknya *preventive maintenance* yang dilakukan oleh perusahaan dibedakan atas :
- *Routin Maintenance*
Yaitu kegiatan pemeliharaan terhadap kondisi dasar mesin dan mengganti suku cadang yang aus atau rusak yang dilakukan secara rutin misalnya tiap hari.
 - *Periodic Maintenance*
Yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara periodic atau dalam jangka waktu tertentu misalnya satu minggu sekali, dengan cara melakukan inpeksi secara berkala dan berusaha memulihkan bagian mesin yang cacat atau tidak sempurna.
 - *Running Maintenance*
Merupakan pekerjaan perawatan yang dilakukan pada saat fasilitas produksi dalam keadaan bekerja. Perencanaan ini termasuk cara perawatan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan atau pemesinan dalam keadaan operasi.
 - *Shutdown Maintenance*
Merupakan kegiatan perawatan yang hanya dapat dilaksanakan pada waktu fasilitas produksi sengaja dimatikan dan dihentikan.
5. Modifikasi Desain (*Desaign Modification*)
Peawatan dilakukan pada sebagian kecil peralatan sampai pada kondisi yang dapat diterima, dengan melakukan perbaikan pada tahap pembuatan dan penambahan kapasitas.
6. Perawatan Koreksi (*Corrective Maintenance*)

Kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan pada peralatan sehingga alat tidak dapat berfungsi dengan baik.

7. Temuan Kesalahan (*Fault Finding*)

Tindakan perawatan dalam bentuk inspeksi untuk mengetahui tingkat kerusakan. Kegiatan *fault finding* bertujuan untuk menemukan kerusakan yang tersembunyi dalam menjalankan operasinya.

8. Perawatan berbasis kondisi (*Condition-based Maintenance*)

Perawatan berbasis kondisi dilakukan dengan cara memantau kondisi parameter kunci yang akan mempengaruhi kondisi peralatan. Perawatan ini merupakan salah satu alternatif terbaik yang mampu mendeteksi awal terjadinya kerusakan dan memperkirakan waktu yang menunjukkan suatu peralatan akan mengalami kegagalan dalam menjalankan operasinya.

9. Perawatan Penghentian (*Shutdown Maintenance*)

Suatu perencanaan dan penjadwalan pemeliharaan yang memusatkan pada bagaimana mengelola periode penghentian fasilitas produksi.

2.5 Konsep Breakdown Time

Breakdown dapat di definisikan sebagai berhentinya mesin pada saat produksi yang melibatkan engineering dalam perbaikan, biasanya mengganti sparepart yang rusak, dan lamanya waktu lebih dari 5 menit (berdasarkan OPI-Overall Performance index).

Downtime mesin merupakan waktu menganggur atau lama waktu dimana unit tidak dapat lagi menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini terjadi apabila suatu unit mengalami masalah seperti kerusakan mesin yang dapat mengganggu kinerja mesin secara

keseluruhan termasuk kualitas produk yang dihasilkan atau kecepatan produksinya sehingga membutuhkan waktu tertentu untuk mengembalikan fungsi unit-unit tersebut pada kondisi semula.

Unsur-unsur dalam *Downtime* :

1. *Maintenance Delay*
Waktu yang dibutuhkan untuk menunggu ketersediaan sumber daya maintenance untuk melakukan proses perbaikan. Sumber daya maintenance dapat berupa alat bantu, teknisi, alat tes, komponen pengganti, dan lain-lain
2. *Supply Delay*
Waktu yang dibutuhkan untuk *personel maintenance* untuk memperoleh komponen yang dibutuhkan dalam proses perbaikan. Terjadi dari *lead time administrative*, *lead time produksi*, dan waktu transportasi komponen pada lokasi perbaikan.
3. *Access time*
Waktu untuk mendapatkan akses ke komponen yang mengalami kerusakan.
4. *Diagnoses time*
Waktu yang dibutuhkan untuk menentukan penyebab kerusakan dan langkah-langkah perbaikan yang ditempuh untuk memperbaiki kerusakan.
5. *Repaire or replacement unit*
Waktu aktual yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pemulihan setelah permasalahan dapat diidentifikasi dan akses ke komponen rusak dapat dicapai.
6. *Verification and aligment*
Waktu untuk memastikan bahwa fungsi dari pada satu unit telah kembali pada kondisi operasi semula.

2.6 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) ialah suatu proses digunakan untuk menjelaskan apa yang harus dilakukan untuk menjamin aset fisik dapat berjalan dengan baik sesuai dengan keinginan penggunanya. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan suatu metode perawatan yang memanfaatkan informasi yang terkait dengan keandalan suatu fasilitas, untuk memperoleh strategi perawatan yang mudah, efektif dan efisien. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ialah serangkaian proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan dalam memastikan bahwa aset-aset fisik dapat berjalan dengan baik dalam menjalankan fungsi yang dikehendaki oleh pemakainya.

2.6.1 Tujuan Dari RCM

Tujuan dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yaitu:

1. Untuk mengembangkan suatu pola untuk memfasilitasi kegiatan perawatan yang efektif.
2. Untuk mengumpulkan data dan informasi yang berkaitan dengan kegiatan perbaikan suatu sistem dengan berdasarkan bukti keandalan yang kurang memuaskan.
3. Untuk merencanakan perawatan pencegahan yang efektif dan aman pada level-level tertentu dari sistem.
4. Untuk mencapai tujuan diatas dengan biaya minimum.

Keuntungan dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yaitu :

1. Bisa menjadi program perawatan yang paling efisien.
2. Menurunkan frekuensi *overhaul*.

3. Biaya perawatan akan lebih rendah dengan mengeleminasi kegiatan perawatan yang tidak diperlukan.
4. Memfokuskan tindakan perawatan kepada komponen kritis.
5. Dapat meningkatkan keandalan komponen.
6. Mengurangi peluang kegagalan peralatan secara mendadak.

2.6.2 Prinsip-Prinsip RCM

Prinsip-prinsip RCM yaitu:

1. RCM memelihara fungsional sistem, bukan sekedar memelihara suatu agar beroperasi tetapi juga memelihara agar fungsi sistem berjalan sesuai dengan harapan.
2. RCM lebih fokus kepada fungsi sistem dari pada ke suatu komponen tunggal yaitu apakah sistem masih dapat menjalankan fungsi utama jika suatu komponen mengalami kegagalan.
3. RCM berbasiskan pada keandalan yaitu kemampuan suatu sistem untuk beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan.
4. RCM bertujuan menjaga agar keandalan fungsi sistem tetap sesuai dengan kemampuan yang didesain untuk sistem tersebut.
5. RCM mengutamakan keselamatan (*safety*) baaru kemudian untuk masalah ekonomi.
6. RCM mendefinisikan kegagalan sebagai kondisi yang tidak memuaskan atau tidak memenuhi harapan sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi sesuai *performance standart* yang ditetapkan.
7. RCM harus memberikan hasil-hasil yang nyata atau jelas, tugas yang dikerjakan harus dapat menurunkan

jumlah kegagalan (*failure*) atau paling tidak menurunkan tingkat kerusakan akibat kegagalan.

2.6.3 Langkah-langkah penerapan RCM

Menurut Smith (1993), Untuk menentukan RCM diperlukan 7 tahapan, yaitu:

1. Pembuatan Hierarki Fungsi Sistem Peralatan

proses identifikasi fungsi dari masing-masing sistem dan sub sistem perlu dilakukan untuk menentukan hierarki fungsional dari suatu sistem maupun sub sistem, sehingga dapat menunjukkan fungsi utama mana saja yang mungkin tidak beroperasi jika fungsi tertentu mengalami kegagalan

2. Menentukan Batasan Sistem

Definisi batasan sistem merupakan suatu definisi kasar mengenai sistem dan batasan yang telah ditetapkan. pada tahap ini untuk mengenai masukan (*input*) dan keluaran (*output*) dari suatu sistem.

3. Deskripsi Fungsi Sistem dan *Functional Block Diagram*

Langkah pendeskripsian sistem diperlukan untuk mengetahui komponen komponen yang terdapat di dalam sistem tersebut dan bagaimana komponen komponen yang terdapat dalam sistem tersebut beroperasi. Sedangkan informasi fungsi peralatan dan cara sistem beroperasinya dapat dipakai sebagai informasi untuk membuat dasar untuk menentukan kegiatan perawatan terencana untuk membuat *Functional Block Diagram*.

4. Menentukan Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsional

Fungsi dan sistem kegagalan fungsional dapat diketahui berdasarkan deskripsi sistem, informasi

kerusakan yang terjadi, dan pengamatan secara langsung terhadap sistem yang diteliti. Pada tahap ini, dilakukan analisis mengenai kegagalan, komponen yang terkait serta hubungan antar komponen pada sistem tersebut.

2.6.4 Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan. Untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan tertinggi pada setiap *failure* atau kegagalan yang terjadi pada komponen, maka dilakukan analisis dengan menggunakan FMEA dengan beberapa tahapan yaitu :

1. Identifikasi kegagalan (*failure*)
2. Identifikasi fungsi kegagalan mesin (*function failure*)
3. Identifikasi penyebab kegagalan (*failure mode*)
4. Identifikasi efek dari kegagalan (*failure effect*)
5. Perhitungan *severity*
6. Perhitungan *occurance*
7. Perhitungan *detection*
8. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

Rumus perhitungan pada FMEA ini yaitu (Bangun dkk,2014) :

$$RPN = S \times O \times D$$

Dengan :

S = *Severity*

O = *Occurance*

D = *Detection*

Nilai RPN menunjukkan keseriusan dari *potential failure*, semakin tinggi nilai RPN maka menunjukkan semakin bermasalah. Tidak ada angka acuan RPN untuk melakukan perbaikan. Segera lakukan perbaikan terhadap *potencial cause* alat kontrol, dan efek yang diakibatkan.

2.6.4.1 Severity

Langkah pertama untuk menganalisa resiko yaitu suatu penilaian dari tingkat keparahan keseriusan efek yang ditimbulkan dari mode-mode kegagalan dengan nilai rangking dimulai dari nilai terendah 1 hingga 10. Penilaian didasarkan pada jenis kerusakan jika jenis kerusakan dapat menyebabkan *downtime* produksi yang semakin besar maka semakin besar pula rangkingnya.

2.6.4.2 Occurance

Kejadian atau *occurance* adalah probabilitas dari frekuensi terjadinya kesalahan terjadi yang identik dengan kemungkinan terjadinya resiko. Dengan nilai rangking dimulai dari nilai terendah hingga nilai tertinggi 10. Penilaian didasarkan pada lama waktu mesin rusak jika kerusakan mesin semakin parah dan membutuhkan waktu lama maka semakin besar pula nilai *occurance*.

2.6.4.3 Detection

Detection adalah kemungkinan untuk mendeteksi kesalahan akan terjadi atau sebelum dampak kesalahan tersebut terjadi. Deteksi identik dengan pemahaman sumber resiko atau pemahaman terhadap pengendalian proses yang diamati. Dengan nilai rangking dimulai dari nilai terendh 1 hingga nilai tertinggi 10. Penilaian didasarkan pada dteksi kerusakan jika kerusakan tidak dapat dideteksi maka nilai deteksi semakin besar.

2.6.4.4 Penentuan Distribusi Time to Failure (TTF) dan Time to Repair (TTR)

Proses penentuan distribusi untuk data TTF dan TTR masing-masing komponen kritis adalah dengan membuat hipotesa apakah data kerusakan mengikuti distribusi weibull dimana distribusi tersebut berkaitan dengan laju kerusakan. Setelah menduga jenis distribusi tersebut data TTF dan TTR, maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji *goodness of fit* terhadap data TTF dan TTR yang diperoleh untuk meyakinkan apakah pola distribusi data yang diduga sudah sesuai dengan pola distribusi tertentu untuk diolah lebih lanjut untuk memperoleh parameter dari masing-masing komponen sesuai dengan distribusi yang terpilih. Perhitungan parameter untuk *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) yang distribusi *Weibull* ini dilakukan dengan menggunakan rumus (Sari dan Ridho, 2016) :

$$a = \bar{y} - bX$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

Perhitungan nilai parameter α dan β adalah sebagai berikut :

$$A = b$$

$$\beta = e^{\left(\frac{a}{b}\right)}$$

Dimana :

$a = \text{intercept}$

$b = \text{slope}$

$\alpha = \text{parameter bentuk}$

$\beta = \text{parameter skala}$

2.6.4.5 Perhitungan Mean Time to Failure dan Mean to Repair

Perhitungan MTTF dan MTTR dengan menggunakan parameter untuk masing-masing komponen MTTF merupakan waktu rata-rata terjadinya kerusakan dan MTTR merupakan waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan perbaikan.

1. Distribusi Weibull

Jika *time to failure* dari suatu komponen adalah T mengikuti distribusi Weibull dengan tiga parameter β, η, γ (putra,2010).

Mean time to failure dari distribusi Weibull

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

Mean time to repair dari distribusi Weibull

$$MTTR = \eta \Gamma \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right)$$

Dengan fungsi keandalannya :

$$R(t) = e - \left(\frac{t-y}{n} \right)^\beta$$

Dimana $\Gamma(r)$ adalah fungsi gamma :

$$\Gamma(x) = \int_0^x y^{-1} - e^{-y} . dy$$

2. Distribusi Log Normal

Time to failure dari suatu komponen dikatakan memiliki distribusi lognormal bila $y = \ln T$

Mean time to failure dari distribusi lognormal (Putra,2010) :

$$MTTF = t_{med} \exp \left(\frac{s^2}{2} \right)$$

Dan fungsi keandalan :

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right)$$

3. Distribusi eksponensial

Jika *time to failure* dari suatu komponen adalah distribusi secara dengan paramater λ . *Mean time to failure* dari distribusi eksponensial (Putra,2010):

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt = \frac{1}{\lambda}$$

Dan fungsi keandalannya :

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

2.6.4.6 Perhitungan Waktu Interval Perawatan

Penentuan *maintenance task* dilakukan dengan menganalisis *information worksheet* dan *decision worksheet*. Analisis pada *information worksheet* dilakukan dengan mengamati *record failure*. Tabel *information worksheet* terdiri dari dari fungsi sistem, kegagalan sistem dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Hasil *maintenance task* yang telah ditentukan kemudian akan ditentukan interval waktu yang tepat untuk melakukan perawatan. Perhitungan interval waktu ini tergantung pada jenis *task* yang ada komponen. Rumus untuk menghitung interval perawatan *schedule on condition task* yaitu (Dhamayanti dkk,2016):

$$PM = \frac{1}{2} \times p - F \text{ interval}$$

Adapun untuk rumus yang digunakan pada *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task* yaitu dengan dilakukan perhitungan biaya perbaikan atau penggantian kerusakan komponen. Rumus yang digunakan yaitu sebagai berikut (Dhamayanti dkk,2016) :

$$Cf = cr + MTTR (Co + Cw)$$

Cf = Biaya perbaikan atau penggantian karena kerusakan komponen setiap siklus perawatan

Cr = Biaya penggantian kerusakan komponen

Co = Biaya kerugian produksi (*loos revaneu*)

Cw = Biaya tenaga kerja

Setelah mendapatkan nilai untuk melakukan perawatan (Cm) yaitu dengan menjumlahkan biaya *downtime*+ tenaga kerja+ biaya perbaikan. Jika nilai Cf dan Cm diketahui maka dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan interval waktu yang tepat untuk kegiatan *maintenance*. Rumus penentuan interval waktu pada setiap masing-masing task yaitu (Dhamayanti dkk,2016) :

$$TM = \eta \times \left(\frac{cm}{cf(\beta-1)} \right) \left(\frac{1}{\beta} \right)$$

2.7 Teori Keandalan (Reliability)

Keandalan suatu sistem yaitu suatu keadaan yang menunjukkan kondisi suatu sistem dikatakan positif atau negatif. Ukuran berhasil tidaknya suatu tindakan perawatan dapat dinyatakan dengan tingkat *reliability*. Konsep keandalan saat ini digunakan untuk menentukan jumlah suku cadang dalam kegiatan perawatan. Dalam mengukur keandalan suatu sistem diperlukan suatu model distribusi untuk mengetahui perlakuan yang tepat terhadap mesin tersebut.

Menurut kurniawan (2013), keandalan dapat didefinisikan suatu probabilitas dimana suatu sistem industri dapat berfungsi dengan baik pada periode tertentu (periode t). Pengertian yang lain dari keandalan yaitu suatu ukuran kekuatan dari peralatan atau sistem untuk beroperasi tanpa kegagalan saat dioperasikan. Karakteristik probabilitas suatu sistem dapat melakukan fungsinya dalam kondisi tertentu dan waktu yang ditentukan.

Berdasarkan definisi diatas, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

1. probabilitas, dimana nilai reliability adalah berada diantara 0 dan 1.

2. kemampuan yang diharapkan, harus digambarkan secara terang atau jelas.
3. tujuan yang diinginkan, dimana kegunaan peralatan harus spesifik.
4. waktu yang merupakan parameter yang penting untuk melakukan penilaian kemungkinan suksesnya suatu sistem.
5. kondisi lingkungan, dimana dapat mempengaruhi umur dari sistem atau peralatan seperti suhu.

Dalam teori keandalan terdapat 4 konsep yang dipakai dalam pengukuran tingkat keandalan suatu sistem yaitu :

1) Fungsi Kepadatan probabilitas

Fungsi kepadatan probabilitas menunjukkan bahwa kerusakan suatu sistem atau mesin terjadi secara terus-menerus dan bersifat probabilistik dalam selang waktu $(0, \infty)$. Pengukuran kerusakan itu dilakukan dengan menggunakan data variabel tertinggi, jarak dan jangka waktu serta fungsi $f(x)$ dinyatakan fungsi kepadatan probabilitas

2) Fungsi Distribusi Kumulatif

Fungsi distribusi kumulatif ini menyatakan probabilitas kerusakan dalam percobaan acak, dimana variabel acak tidak lebih dari x .

3) Fungsi keandalan

Jika variabel acak dinyatakan sebagai suatu waktu kegagalan atau umur suatu komponen, maka keandalan dinotasikan dengan $R(t)$ memiliki *range*.

$0 < R(t) < 1$, dimana :

$R=1$ sistem dapat melakukan fungsi dengan baik.

$R=0$ sistem tidak dapat melakukan fungsi dengan baik.

Maka rumus fungsi keandalan adalah :

$$R(t) = \int_0^{\infty} f(t) dt \quad (1)$$

Dimana :

$R(t)$ = fungsi keandalan

$F(t)$ = Probabilitas Kerusakan

Untuk $t \rightarrow 0, R(t) \rightarrow 1$, berarti sistem dalam keadaan baik

Untuk $t \rightarrow \infty, F(t) \rightarrow 0$, berarti sistem dalam keadaan rusak

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

$$R(t-nT) = 1-F(t-nT) \quad (2)$$

Dimana :

n : jumlah pergantian pencegahan yang telah dilakukan sampai kurun waktu t

T : Interval pergantian komponen

$F(t)$: Frekuensi distribusi kumulatif komponen

4) fungsi laju kerusakan

fungsi ini didefinisikan sebagai limit dari laju kerusakan dengan interval waktu mendakti nol, maka fungsi laju kerusakan ialah laju kerusakan sesaat.

2.8 Model Distribusi

Dalam perhitungan *reliability*, diperlukan suatu model matematis untuk melakukan perhitungan tersebut. Model matematis ini membutuhkan

pendekatan dari distribusi tertentu untuk dapat melakukan perhitungan yang tepat. Macam-macam distribusi yang bisa digunakan yaitu :

1. 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. Untuk perhitungan *reliability* yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini yaitu θ yang disebut dengan parameter skala (*scale parameter*) dan m yang disebut dengan bentuk (*shape parameter*).

- a. fungsi kepadatan probabilitas berdasarkan rumus (Lewis1987) :

$$f(t) = \frac{m}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{m-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m\right] \quad (3)$$

- b. fungsi distribusi kumulatif berdasarkan rumus (Lewis,1987):

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m\right] \quad (4)$$

- c. fungsi keandalan berdasarkan rumus (Lewis,1987):

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m\right] \quad (5)$$

- d. fungsi laju kerusakan berdasarkan rumus (Lewis,1987):

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{m}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{m-1} \quad (6)$$

Dimana

m = shape parameter, $m > 0$

θ = skala parameter untuk karakteristik life time

t = waktu operasi keseluruhan

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

$F(t)$ = Probabilitas Kerusakan

Dalam distribusi weibull yang menentukan tingkat kerusakan dari pola data yang terbentuk adalah parameter m . Nilai-nilai m yang menunjukkan laju kerusakan terdapat dalam hal berikut:

Tabel 2.1 Nilai parameter m

Nilai	Laju Kerusakan
$0 < m < 1$	Pengurangan laju kerusakan (DFR)
$M = 1$	Distribusi Eksponensial
$1 < m < 2$	Peningkatan laju Kerusakan (IFR) konkaf
$m = 2$	Distribusi Rayleigh
$m < 2$	Peningkatan laju Kerusakan (IFR), Konveks
$3 \leq m \leq 4$	Peningkatan laju kerusakan (IFR), mendekati kurva normal

2. Distribusi Normal

Distribusi Normal sangat istimewa karena dapat memodelkan sebagai besar fenomena di alam. Distribusi ini sering kali digunakan untuk memodelkan fenomena keausan (kelelahan). Karena hubungan dengan distribusi Lognormal. Parameter yang digunakan adalah μ (nilai tengah) dan σ (standart

deviasi). Fungsi-fungsi distribusi normal, berdasarkan rumus (Jardine,1973):

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \text{ dengan } -\infty < t < \infty \quad (7)$$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{t+1} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt \quad (8)$$

c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt \quad (9)$$

d. fungsi Laju Kerusakan

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right]}{\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt} dt \quad (10)$$

Dimana :

μ = harga rata-rata

σ = standart deviasi

t = waktu operasi keseluruhan

R(t) = fungsi keandalan

F(t) probabilitas kerusakan

1. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal adalah distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Distribusi ini dimengerti hanya untuk nilai t positif dan lebih sesuai dari pada distribusi normal dalam hal kerusakan. Seperti halnya distribusi weibull, lognormal ini mempunyai berbagai bentuk. Seringkali dijumpai bahwa data yang sesuai

dengan distribusi weibull sesuai pula dengan distribusi lognormal, berdasarkan rumus (Lewis,1987) :

a. fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\ln(t)-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \text{ dengan } -\infty < t < \infty \quad (11)$$

b. fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^\infty \exp \left[-\frac{(\ln(t)-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt \quad (12)$$

c. fungsi keandalan

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^\infty \exp \left[-\frac{(\ln(t)-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt \quad (13)$$

d. fungsi laju kerusakan

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (14)$$

Dimana :

μ = harga rata-rata

σ = standart deviasi

t = waktu operasi keseluruhan

$R(t)$ = fungsi keandalan

$F(t)$ probabilitas kerusakan

2. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan salah satu distribusi yang paling sering muncul dalam konteks evaluasi keandalan. Pada distribusi ini, laju kegagalan adalah konstan ($\lambda = C$). Distribusi eksponensial adalah kasus khusus dari distribusi poisson jika hanya

kegagalan yang pertama saja yang diperhitungkan. Distribusi eksponensial hanya berlaku pada *useful life period* saja pada *bath-tub curve*, dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Distribusi ini merupakan distribusi yang paling mudah untuk dianalisa. Parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah λ , yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi. Fungsi fungsi dari distribusi eksponensial, berdasarkan rumus (Ansori & Mustajib,2013):

- | | |
|------------------------------------|----|
| a. Fungsi kepadatan probabilitas | |
| $F(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ | 15 |
| b. Fungsi dsitribusi kumulatif | |
| $F(t) = 1 - \lambda e^{\lambda t}$ | 16 |
| c. Fungsi keandalan | |
| $R(t) = e^{-\lambda t}$ | 17 |
| d. Fungsi laju kerusakan | |
| $r(t) = \lambda$ | 18 |

dimana :

λ = kecepatan rata-rata terjadi kerusakan

t = waktu keseluruhan operasi

R(t) = fungsi keandalan

F(t) = probabilitas kerusakan

2.9 Interval Pergantian Komponen dengan Total Minimum Downtime

Pada dasarnya, *Downtime* didefinisikan sebagai waktu suatu sistem / komponen tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi yang baik) sehingga membuat fungsi sistem tidak berjalan (Gaspersz,

1992). Prinsip utama dalam manajemen sistem perawatan adalah untuk menekan periode kerusakan (*Breakdown Period*) sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen sistem berdasarkan *downtime* minimum menjadi sangat penting. Permasalahannya adalah penentuan waktu terbaik untuk mengetahui kapan penggantian harus dilakukan untuk meminimasi total *downtime*. Konflik yang dihadapi adalah :

(1) peningkatan frekuensi penggantian dapat meningkatkan *downtime* karena penggantian tersebut, tetapi dapat mengurangi waktu *downtime* akibat terjadi kerusakan,

(2) pengurangan frekuensi penggantian akan menurunkan *downtime* karena penggantian, tetapi konsekuensinya adalah kemungkinan peningkatan *downtime* karena kerusakan. Dari dua kondisi di atas, diharapkan untuk dapat menghasilkan keseimbangan diantara keduanya (Jardine, 1973). Pada model ini terdapat dua jenis model standar bagi permasalahan penggantian yaitu model *Block Replacement* dan model *Age Replacement*. *Block Replacement* model ini menentukan interval penggantian optimal diantara penggantian pencegahan untuk meminimasi total *downtime*.

Pada model *Block Replacement*, tindakan penggantian dilakukan pada suatu interval yang tetap. Model ini digunakan jika diinginkan adanya konsistensi interval penggantian pencegahan yang telah ditentukan, walau sebelumnya telah terjadi penggantian yang disebabkan adanya kerusakan. *Age Replacement* pada model ini penggantian pencegahan dilakukan tergantung pada umur pakai dari komponen. Tujuan model ini menentukan umur optimal dimana

penggantian pencegahan harus dilakukan sehingga dapat meminimasi total downtime. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian pencegahan berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan jika terjadi kerusakan yang menuntut dilakukannya tindakan penggantian. Karena tinjauan yang dilakukan dalam tulisan ini hanya terhadap satu komponen saja, maka perhitungan untuk penggantian pencegahan menggunakan model age replacement.

