

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka ini adalah studi pustaka terhadap buku, jurnal, artikel, dan penelitian sebelumnya yang dijadikan sebagai landasan dalam melakukan kegiatan penelitian.

2.1 *Overview Fasilitas Long Heating 01-P3B*

Fasilitas *Long Heating* 01-P3B merupakan gabungan dari beberapa mesin yang digunakan untuk proses memanaskan *flat bar* atau bisa disebut dengan media *oven* dengan suhu 900 - 916 °C agar *flat bar* atau material tersebut bisa dibengkokkan ketika ke proses selanjutnya serta mengubah struktur material menjadi lentur. Fasilitas *Long Heating* 01-P3B terdiri dari 7 sub sistem yaitu:

1. *Heating Furnace*

Adalah proses pemanasan *leaf spring* secara menyeluruh ke dalam oven dengan suhu 900 - 916 °C.



Gambar 2.1 Proses Pemanasan Material

2. *Prebending*

Untuk menjepit material pada *die* oleh *stripper* pada salah satu sisi dan dibuatkan radius agar ketika sedang terjadi penekukan pada proses selanjutnya, material tidak mengalami kecacatan dan untuk mengalirkan material ke proses selanjutnya



Gambar 2.2 Proses Untuk Membuat Radius dan Mengalirkan Material

3. *Hot Punch*

Adalah proses *punching* pelubangan material *leaf spring* pada area tengah *bolt dank lip* sebagai tempat pemasangan baut tengah.



Gambar 2.3 Proses Pelubangan Material

4. *Chambering*

Proses pembengkokan material *leaf spring* yang membentuk parabola dengan dengan radius tertentu yang berfungsi untuk menghasilkan daya pegas.



Gambar 2.4 Proses Pembengkokan Material

5. *Quenching*

Proses pendinginan untuk menjadi material ke martensit (keras dan getas) hasil dari *output heating* yang bersuhu 700 - 800 °C pada oli dengan temperatur minimal 60 °C.



Gambar 2.5 Proses Pendinginan Material

6. *Tempering Furnace*

Proses penahanan material dengan temperatur tertentu selama 1 jam yang bertujuan untuk menghasilkan material dengan strukturnya pada fase *tempering martensit* sehingga didapatkan kekerasan material yang diinginkan.



Gambar 2.6 Proses *Tempering Furnace*

7. *Fanuc Robot*

Berfungsi untuk mengangkat *leaf spring* setelah didinginkan kemudian dijajarkan sebelum masuk ke proses selanjutnya.



Gambar 2.7 Proses Pengangkatan *Leaf Spring* Setelah Didinginkan

2.2 Sistem Perawatan

Sistem perawatan merupakan suatu metode yang digunakan dalam kegiatan perencanaan, pengarahan, dan pengawasan dari mesin produksi dengan tujuan untuk memberikan jaminan terhadap beroperasinya fasilitas

produksi. Usia kegunaannya dapat diperpanjang yaitu dengan melakukan kegiatan berkala yang dikenal dengan istilah perawatan.

Menurut Assauri (1999), perawatan adalah suatu kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian / penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang diinginkan.

Sedangkan menurut Kurniawan (2013), perawatan merupakan aktivitas pemeliharaan penggantian, perbaikan, penyetelan, pembersihan, dan pemeriksaan terhadap objek yang dirawat.

Berdasarkan pada teori diatas dapat disimpulkan bahwa kegiatan perawatan adalah suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga dan memelihara kualitas mesin atau fasilitas produksi agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang diharapkan. Manajemen perawatan merupakan suatu pengorganisasian pada operasi perawatan untuk dapat memberikan pandangan umum mengenai perawatan pada fasilitas industri. Manajemen perawatan perlu dilakukan untuk meminimasi *downtime* sehingga, proses transformasi bahan baku menjadi produk dapat berjalan dengan baik, sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat sebelumnya (Rachman, 2017).

Menurut Corder (1992), ada beberapa tujuan pemeliharaan atau perawatan yaitu sebagai berikut:

- a. Memperpanjang usia aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan, dan isinya).
- b. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit suku cadang, unit pemadam kebakaran dan penyelamat, dan sebagainya.
- c. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi atau jasa dan mendapatkan laba investasi (*Return of Investment*) semaksimal mungkin.
- d. Membantu dalam menciptakan kondisi kerja yang aman, baik untuk bagian operasi maupun personil pemeliharaan lainnya dengan menetapkan dan menjaga standar pemeliharaan yang benar.

Adapun juga menurut Assauri (1999), ada beberapa tujuan dari manajemen perawatan yang bertujuan untuk menunjang aktivitas dalam bidang perawatan (*maintenance*) adalah sebagai berikut:

- a. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
- b. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
- c. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan mengenai investasi tersebut.
- d. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan.
- e. Untuk mencapai tingkat biaya *maintenance* serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien keseluruhannya.
- f. Mengadakan suatu kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan, dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu *return of investement* dan tingkat keuntungan yang sebaik mungkin serta total biaya yang rendah.

2.3 Jenis-Jenis Perawatan

2.3.1 Preventive Maintenance

Preventive maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan secara terencana untuk mencegah terjadinya potensi kerusakan (Ansori & Mustajib, 2013). Sedangkan menurut (Smith & Hinchcliffe, 2003) adalah kinerja tugas inspeksi dan servis yang telah direncanakan sebelumnya untuk diselesaikan pada titik waktu tertentu untuk mempertahankan kemampuan fungsional peralatan atau sistem operasi. *Preventive maintenance* terbagi dalam empat kategori tugas yaitu sebagai berikut:

A. Time Directed Maintenance

Time directed maintenance merupakan kegiatan perawatan yang ditujukan langsung pada pencegahan atau keterlambatan kegagalan. Kebijakan perawatan yang sesuai untuk diterapkan pada kegiatan ini adalah *on conditional maintenance* dan *periodic maintenance*.

- a. *On conditional maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan berdasarkan kebijakan operator karyawan. Kegiatan yang dilakukan pada kondisi ini adalah *lubrication*, *cleaning*, dan *inspection*.
- b. *Periodic maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan secara terjadwal atau *periodic*. Kegiatan ini yang dilakukan adalah penggantian *item* secara terjadwal dengan waktu interval tertentu.

Faktor yang mempengaruhi *periodic maintenance*:

- Faktor keamanan
Kebijakan penggantian tidak lagi berdasarkan pada nilai rupiah tetapi dihadapkan pada keadaan yang dilakukan, maka manusia menjadi taruhannya karena berhubungan erat dengan keselamatan dan keamanan manusia.
- Faktor ekonomi
Kebijakan penggantian dengan resiko yang ditanggung dan biaya lebih besar bila *item* atau unit tersebut mengalami kerusakan apabila terjadi kelalaian.

B. Conditional Directed Maintenance

Conditional Directed Maintenance merupakan perawatan pencegahan yang bertujuan untuk mendeteksi timbulnya gejala kegagalan dimana variabel waktu tidak diketahui secara tepat. Kebijakan yang sesuai dengan keadaan tersebut adalah *predictive maintenance*.

Predictive maintenance merupakan suatu kegiatan perawatan yang dilakukan dengan memelihara dan memeriksa pada saat perawatan benar-benar memerlukan pemulihan ketinggian semula. Hal ini dilakukan dengan memonitoring kondisi peralatan berdasarkan data-data dan informasi.

C. Failure Finding

Failure finding merupakan suatu kegiatan perawatan pencegahan yang dilakukan dengan cara memeriksa fungsi yang tersembunyi secara periodik untuk memastikan kapan suatu *item* akan mengalami kerusakan. Kegiatan ini bertujuan untuk menemukan kegagalan tersembunyi sebelum permintaan operasional.

D. Run To Failure

Kegiatan ini disebut juga dengan *no schedule maintenance* dimana kegiatan perawatan ini tidak melakukan usaha untuk mengantisipasi kerusakan. Suatu mesin atau peralatan dibiarkan bekerja hingga mengalami kerusakan kemudian dilakukan perawatan perbaikan. Keputusan ini disengaja untuk gagal karena orang lain tidak memungkinkan atau keadaan ekonomi kurang menguntungkan serta kegiatan ini dilakukan jika tidak ada tindakan pencegahan efektif yang dilakukan

2.3.2 Corrective Maintenance

Corrective maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan pada peralatan atau mesin sehingga peralatan tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik (Ansori & Mustajib, 2013).

2.4 Definisi Kerusakan

Pada umumnya karakteristik kerusakan pada peralatan tidak sama meskipun dioperasikan pada waktu yang bersamaan, karakteristik yang sama akan memberikan selang waktu terjadinya kerusakan yang berbeda. Karena kerusakan suatu alat atau komponen tergantung pada variabel waktu dan untuk mengetahui variabel waktu kerusakan digunakan fungsi pada probabilitas (Ansori & Mustajib, 2013). Menurut (Ebeling, 1997), dalam jurnal (suhara, 2012) karakteristik fase perawatan sendiri dibagi menjadi tiga tahap yaitu:

1. Kegagalan Awal (*Early Failure*)

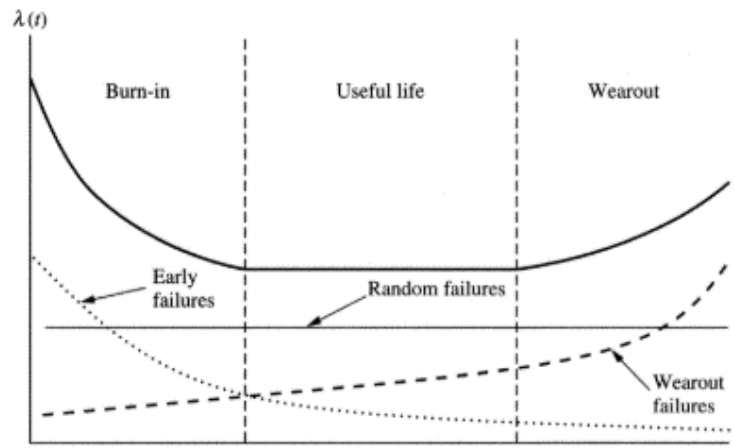
Tingkat kegagalan yang turun, yang dikenal sebagai kegagalan awal pada pengoperasian suatu item yang ditandai dengan laju kerusakan yang menurun.

2. Kegagalan Acak (*random failure*) masa-masa berguna/*useful life*.

Tingkat kegagalan yang terjadi secara konstan pada item yang berjalan normal.

3. Kegagalan Aus (*Wear-Out Failure*)

Kegagalan yang naik atau meningkat yang menuntut untuk segera dilakukan penggantian (*replacement*) sebagian atau keseluruhan dengan yang baru.



Gambar 2.8 Kurva *Bathub-Shape* (Ebeling, 1997)

2.5 Keandalan (*Reliability*)

Dalam pemeliharaan peralatan atau mesin tidak bisa lepas dari pembahasan mengenai keandalan. Menurut Kurniawan (2013), Keandalan adalah suatu probabilitas dimana sistem industri dapat berfungsi dengan baik pada periode tertentu. Sedangkan menurut Govil (1990), definisi keandalan yaitu probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu. Dalam teori *reliability* menurut Ebeling (1973), terdapat 4 konsep yang dipakai dalam pengukuran teori keandalan suatu produk atau sistem. Salah satu teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Fungsi distribusi kumulatif pada perawatan adalah probabilitas kerusakan yang merupakan probabilitas terjadinya kerusakan sebelum waktu tertentu, yang secara sistematis sebagai berikut:

$$F(t) = F(t) = \int_{-\infty}^t f(t)dt \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana $F(t)$ menyatakan distribusi kumulatif, dan jika $t \rightarrow \infty$, maka $F(t) \rightarrow 1$.

2.6 Pola Distribusi Keandalan

1. Distribusi *Weibull*

Distribusi ini biasa digunakan dalam menggambarkan karakteristik kerusakan dan keandalan komponen. Fungsi distribusi kumulatif distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut:

Fungsi distribusi kumulatif berdasarkan rumus

$$F(t) = 1 - \exp \left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta \right] \dots\dots\dots (2.2)$$

Parameter β disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan *Weibull* (*Weibull slope*), sedangkan parameter α disebut dengan parameter skala.

Bentuk fungsi distribusi *Weibull* bergantung pada parameter bentuknya (β), yaitu:

$\beta < 1$: Distribusi *Weibull* akan menyerupai distribusi *hyper exponential* dengan laju kerusakan cenderung menurun.

$\beta = 1$: Distribusi *Weibull* akan menyerupai distribusi eksponensial dengan laju kerusakan cenderung konstan.

$\beta > 1$: Distribusi *Weibull* akan menyerupai distribusi normal dengan laju kerusakan cenderung meningkat.

2. Pola distribusi normal

Distribusi normal (Gaussian) mungkin merupakan distribusi probabilitas yang paling penting dalam teori maupun aplikasi statistik. Fungsi distribusi kumulatif dari distribusi normal adalah sebagai berikut:

Fungsi distribusi kumulatif

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

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, khususnya sebagai model untuk berbagai jenis sifat material dan kelelahan material. Fungsi distribusi kumulatif dari distribusi lognormal adalah sebagai berikut:

Fungsi distribusi kumulatif

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} t^2 \sigma^2} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

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 kumulatif distribusi dari distribusi eksponensial adalah sebagai berikut:

Fungsi distribusi kumulatif

$$f(t) = 1 - \lambda e - \lambda t \dots\dots\dots (2.5)$$

2.7 Mean Time To Failure

Menurut (Ansori & Mustajib, 2013), keandalan untuk suatu sistem seringkali dinyatakan dalam bentuk angka yang menyatakan ekspektasi masa pakai sistem atau alat tersebut, yang dinotasikan dengan $E [T]$ dan sering disebut rata-rata waktu kerusakan atau *mean time to failure (MTTF)*. MTTF ini hanya digunakan pada komponen atau alat yang sering mengalami kerusakan dan harus diganti dengan komponen atau alat baru atau baik. Rata-rata kerusakan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E[T] = \int_0^\infty t.f.(t)dt \dots\dots\dots(2.6)$$

$$= - \int_0^\infty t \frac{dR}{dt} dt = -tR(t)|_0^\infty +$$

$$\int_0^\infty R(t)dt \dots\dots\dots(2.7)$$

Karena $R(\infty)$ adalah 0, sehingga diperoleh:

$$E[T] = \int_0^\infty R(t)dt \dots\dots\dots (2.8)$$

2.8 Mean Time To Repair

Menurut (Ansori & Mustajib, 2013) MTTR adalah rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau perawatan (*repaire*). MTTR didasarkan atas lamanya perbaikan dan penggantian komponen yang mengalami kerusakan (*failure*).

MTTR dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E[T] = \int_0^{\infty} R(t)dt \dots\dots\dots(2.9)$$

2.9 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Pengertian *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah serangkaian proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan dalam memastikan bahwa asset-aset fisik dapat berjalan dengan baik dalam menjalankan fungsi yang dikehendaki oleh pemakainya (Kimura, 2002). Sedangkan menurut (Hoseinie & Kumar, 2016) *Reliability Centered Maintenance* adalah sebuah metode sistematis untuk memperkirakan secara kuantitatif kebutuhan untuk melakukan atau memperbarui upaya dan prosedur pemeliharaan *preventive* atas dasar keselamatan dan konsekuensi ekonomis. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) berdasarkan pada paham bahwa setiap aset digunakan untuk memenuhi perawatan dan fungsi spesifik itu yang berarti melakukan apapun yang perlu untuk memastikan bahwa aset terus memenuhi fungsinya untuk kepuasan user (Moubray, 1997). Tujuan dari *Reliability Centered Maintenance* adalah:

1. Untuk memperoleh informasi yang penting untuk melakukan *improvement* pada desain awal yang kurang baik.
2. Untuk mengembangkan sistem *maintenance* yang dapat mengembalikan kepada *reliability* dan *safety* seperti awal mula *equipment* dari deteriorasi yang terjadi setelah sekian lama dioperasikan.
3. Untuk mengembangkan desain yang sifatnya mampu dipelihara dengan baik.
4. Untuk mewujudkan semua tujuan diatas, dengan biaya minimum.

Kelebihan yang dimiliki oleh *Reliability Centered maintenance* adalah:

- a. Meminimasi frekuensi dilakukannya *overhaul*.

- b. Pengurangan probabilitas terjadinya kegagalan pada suatu alat atau fasilitas produksi
 - c. Dapat membuat suatu kegiatan ataupun program *maintenance* menjadi lebih efisien.
5. Menambah keandalan komponen atau *item*.

Pada dasarnya *Reliability Centered maintenance* berusaha menjawab 7 pertanyaan utama tentang peralatan atau *item* yang menjadi obyek penelitian. Ketujuh pertanyaan mendasar *Reliability Centered maintenance* antara lain (Pranoto, 2015).

1. Apakah fungsi dan standart prestasi yang terkait dengan aset dalam konteks operasinya saat ini?
2. Dengan jalan apa saja aset ini bisa gagal dalam memenuhi fungsinya?
3. Apa yang menyebabkan setiap kegagalan fungsional?
4. Apa yang terjadi pada setiap kegagalan yang timbul?
5. Apa saja pengaruh dari kegagalan ini?
6. Apa yang dapat dilakukan untuk mencegah setiap kegagalan?
7. Apa yang sebaiknya dilakukan bila tugas pencegahan yang sesuai tidak dapat ditemukan?

2.10 Langkah – Langkah Metode RCM

Secara umum ada beberapa tahapan implemetasi *Reliability Centered Maintenance* (RCM) antara lain (Kurniawan, 2013):

1. Pembuatan Hirarki Fungsi Sistem Peralatan
Yaitu proses identifikasi fungsi dari masing – masing sistem dan sub sistem perlu dilakukan untuk menentukan hirarki fungsional dari suatu sistem maupun sub sistem, sehingga dapat menunjukkan secara jelas fungsi utama mana saja yang mungkin tidak beroperasi jika fungsi tertentu mengalami kegagalan.
2. Analisa Kegagalan Fungsi
Yaitu kegiatan untuk mendeskripsikan masing – masing sistem sub sistem dan komponen – komponen serta mengidentifikasi semua fungsi dari *interface* dengan sistem atau sub sistem yang lain dan mengidentifikasikan semua kegagalan fungsional.

3. Penentuan Item yang *Significant*

Dilakukan dengan menggunakan indeks kekritisian.

4. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Analisa mode kegagalan dan dampak untuk menganalisa kegagalan yang lebih menekankan pada analisa kualitatif dan mengidentifikasi dampak mode kegagalan dari sebuah komponen terhadap sistem, sub sistem, maupun komponen itu sendiri termasuk cara mendeteksi mode kegagalan tersebut.

5. *Intermediate Decision Tree*

IDT yaitu analisa untuk mengetahui kegagalan yang nampak atau tersembunyi.

6. *Logic Tree Analysis* (LTA)

LTA digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode* dan bertujuan untuk mengklarifikasi *failure mode* kedalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya.

Sedangkan menurut Ahmadi & Hidayah (2017), langkah - langkah pada metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) terdiri dari 7 tahapan yaitu:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Pemilihan sistem dapat didasarkan pada beberapa aspek kriteria

- a. Sistem yang mendapat perhatian yang tinggi karena berkaitan dengan masalah keselamatan (*safety*) dan lingkungan.
- b. Sistem yang memiliki kontribusi yang besar atas terjadinya *full* atau *partial outage* (*shutdown*).
- c. Sistem yang memiliki tindakan *corrective maintenance* dan/ biaya *corrective maintenance* yang banyak.

2. Deskripsi Sistem dan *Functional Block Diagram*

Pendeskripsian sistem merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem yang berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap sub sistem yang menyusun sistem tersebut. Informasi yang ada kemudian

digunakan untuk membuat *functional block diagram* untuk mengidentifikasi sistem yang rinci.

3. Penentuan Fungsi dan Kegagalan Fungsional

Fungsi sistem ditentukan berdasarkan informasi mengenai jenis kerusakan atau kegagalan yang terjadi pada sistem yang diamati. Kegagalan fungsional dapat diartikan sebagai ketidakmampuan suatu mesin atau peralatan untuk memenuhi fungsinya pada performansi standar yang dapat diterima oleh pengguna.

4. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode merupakan suatu keadaan yang dapat menyebabkan kegagalan fungsional. Mode kegagalan yang terjadi akan dilihat apakah memberikan efek kegagalan pada tingkat lokal, plant, dan sistem. Efek kegagalan pada tingkat lokal akan menyebabkan komponen tidak dapat memenuhi fungsinya dengan baik. Efek kegagalan pada tingkat sistem akan menyebabkan fungsi dari sistem tidak dapat bekerja atau terganggu. Sedangkan efek kegagalan pada tingkat fasilitas atau plant akan menyebabkan kegagalan peralatan.

Menentukan peringkat *Severity* (S), *Occurance* (O), dan *Detection* (D) untuk dapat mengetahui masing-masing mode kegagalan dengan skala tingkatan 1 – 10. *Severity* adalah peringkat relatif dalam lingkup FMEA individu (Dyadem, 2003). Sebuah peringkat keparahan dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.1 Nilai *Severity*

<i>Effect</i>	<i>Ranking</i>	<i>Criteria</i>
<i>None</i>	1	Keragaman parameter proses dibawah batas yang telah ditentukan. Penyesuaian atau proses <i>control</i> dapat dilakukan saat perawatan normal.
<i>Very minor</i>	2	Keragaman parameter proses diatas batas yang telah ditentukan. Penyesuaian atau proses <i>control</i> lain harus dilakukan ketika proses produksi. Namun tidak ada <i>downtime</i> dan tidak ada komponen yang rusak
<i>Minor</i>	3	<i>Downtime</i> terjadi ≥ 10 menit, tetapi tidak ada komponen yang rusak
<i>Very Low</i>	4	<i>Downtime</i> terjadi diantara 10 hingga 30 menit, tetapi tidak ada komponen yang rusak
<i>Low</i>	5	<i>Downtime</i> diantara 30 menit hingga 1 jam atau terjadi kerusakan komponen hingga mencapai 1 jam
<i>Moderate</i>	6	<i>Downtime</i> diantara 1 hingga 4 jam atau terjadi kerusakan komponen selama 1 hingga 2 jam
<i>High</i>	7	<i>Downtime</i> diantara 4 hingga 8 jam atau terjadi kerusakan komponen selama lebih dari 4 jam
<i>Very High</i>	8	<i>Downtime</i> diatas 8 jam atau terjadi kerusakan komponen selama lebih dari 8 jam
<i>Hazardous- With Warning</i>	9	Peringkat tingkat keparahan tinggi mempengaruhi operator, pabrik atau personel perawatan dan kesematan, dan/atau ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah dengan peringatan
<i>Hazardous- Without Warning</i>	10	Peringkat tingkat keparahan sangat tinggi mempengaruhi operator, pabrik atau personel perawatan dan kesematan, dan/atau ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah tanpa peringatan

Sumber: Dyadem, 2003

Occurance (O) terjadinya adalah kemungkinan bahwa modus kegagalan tertentu, yang merupakan hasil dari penyebab spesifik di bawah control desain saat ini akan terjadi. Terjadinya adalah peringkat relatif dalam lingkup FMEA individu

(Dyadem, 2003). Sebuah peringkat *Occurance* (O) dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.2 Nilai *Occurance*

<i>Effect</i>	<i>Ranking</i>	<i>Criteria: Possible Number of Failures With in Hours of Operation</i>
Kegagalan terjadi setiap 5 tahun	1	1 in 25.000
Kegagalan terjadi setiap 2 tahun	2	1 in 10.000
Kegagalan terjadi setiap tahun	3	1 in 5.000
Kegagalan terjadi setiap 6 bulan	4	1 in 2.500
Kegagalan terjadi setiap 3 bulan	5	1 in 1.000
Kegagalan terjadi setiap bulan	6	1 in 350
Kegagalan terjadi setiap minggu	7	1 in 80
Kegagalan terjadi setiap hari	8	1 in 24
Kegagalan terjadi setiap shift	9	1 in 8
Kegagalan terjadi setiap jam	10	1 in 1

Sumber: Dyadem, 2003

Detection (D) merupakan penilaian kemampuan control desain saat ini untuk mengidentifikasi modus kegagalan potensial jika hal itu terjadi. *Detection* adalah peringkat relatif dalam lingkup FMEA individu (Dyadem, 2003). Sebuah peringkat deteksi dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.3 Nilai *Detection*

<i>Ranking</i>	<i>Criteria</i>
10	Tidak mampu terdeteksi
9	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk terdeteksi
8	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk mendeteksi
7	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kesempatan yang sedang rendah terdeteksi
5	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi
4	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi
3	Kesempatan yang tinggi untuk terdeteksi
2	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi
1	Pasti terdeteksi

Sumber: Dyadem, 2003

Melakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*. RPN merupakan produk sistematis dari efek keseriusan (*Severity*), kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effect* (*Occurance*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan (*Detection*). Nilai RPN didapatkan dengan persamaan berikut: $RPN = S \times O \times D$

5. *Logic Tree Analysis* (LTA)

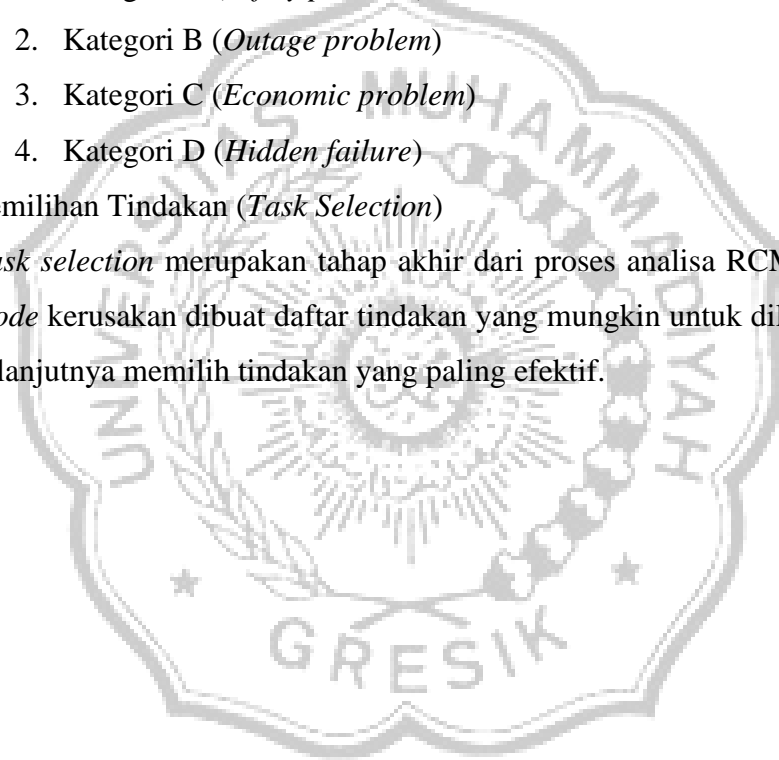
Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) merupakan proses kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode* dan bertujuan untuk mengklarifikasi *failure mode* kedalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya. Terdapat 4 klarifikasi mode kegagalan diantaranya adalah:

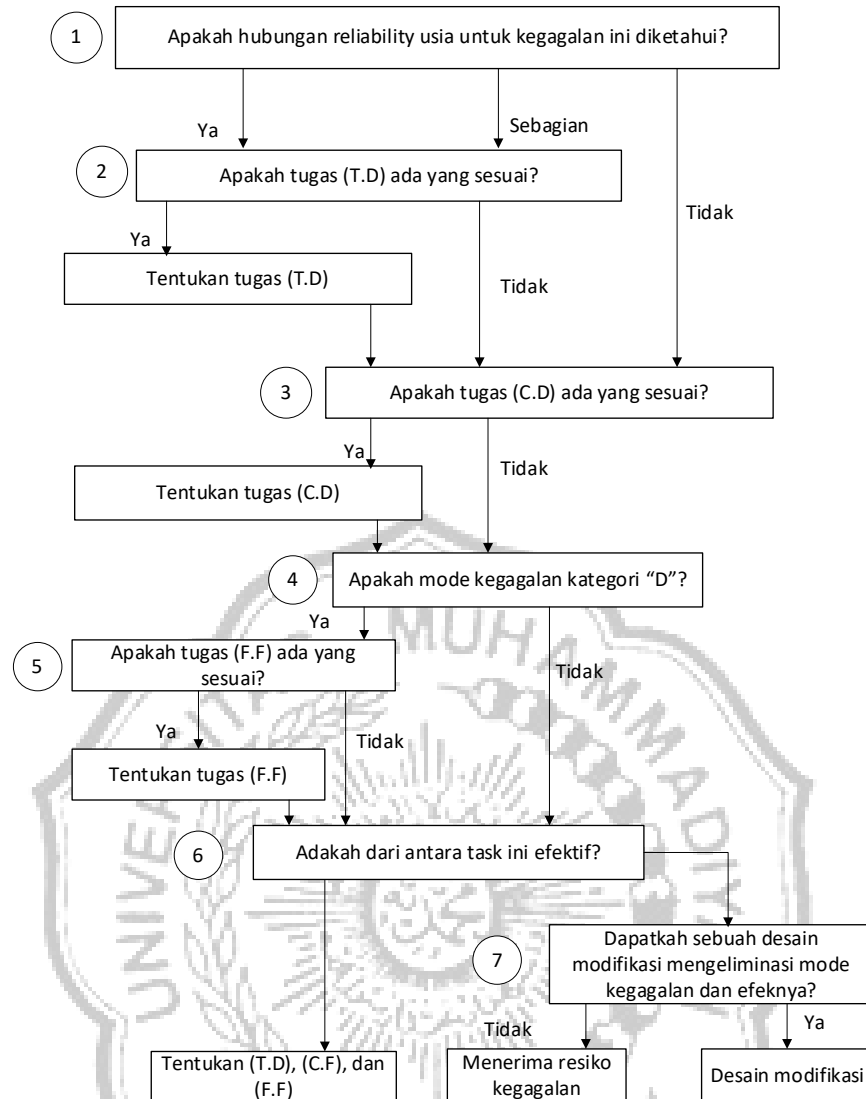
- a. *Outage problem*: Mode kegagalan yang dapat mengakibatkan sistem dan proses produksi berhenti.
- b. *Safety problem*: Mode kegagalan yang membahayakan atau mengancam jiwa seseorang.
- c. *Hidden failure*: Mode kegagalan yang terjadi tanpa diketahui oleh operator.
- d. *Minor to insignificant economic problem*: Mode kegagalan berdampak kecil pada masalah ekonomi sehingga dapat diabaikan.

Pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yaitu:

1. Kategori A (*Safety problem*)
 2. Kategori B (*Outage problem*)
 3. Kategori C (*Economic problem*)
 4. Kategori D (*Hidden failure*)
6. Pemilihan Tindakan (*Task Selection*)

Task selection merupakan tahap akhir dari proses analisa RCM. Dari tiap *mode* kerusakan dibuat daftar tindakan yang mungkin untuk dilakukan dan selanjutnya memilih tindakan yang paling efektif.





Gambar 2.9 Diagram Alir Pemilihan Tindakan (Ahmadi & Hidayah, 2017)

Dalam pelaksanaannya, pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan 4 cara yaitu:

1. *Time Directed* (TD)

Suatu tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen

2. *Conditional Directed* (CD)

Suatu tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat. Apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

3. *Failure Finding* (FF)

Suatu tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.

4. *Run to Failure* (RTF)

Suatu tindakan yang menggunakan peralatan sampai rusak, karena tidak ada tindakan yang ekonomis dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan.

2.11 Perhitungan Total *Minimum Downtime*

Perhitungan total minimum *downtime*, bertujuan untuk menentukan pemeliharaan atau penggantian yang optimal berdasarkan interval waktu tp . Diantara penggantian *preventive* dengan menggunakan kriteria minimum *downtime* per unit adalah:

$$D(tp) = \frac{H(tp)Tf + Tp}{tp + TP} \dots\dots\dots(2.10)$$

Sumber: (Syahroni, 2017)

Keterangan:

$H(tp)$ = Banyaknya kegagalan (kerusakan) dalam interval waktu $(0, tp)$, yang merupakan nilai harapan (*expected value*).

Tp = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena tindakan *preventive* (komponen belum terjadi kerusakan).

Tf = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena kerusakan.

$Tp - Tp$ = Panjang satu siklus.

Dengan meminimumkan total *downtime*, diperoleh tindakan penggantian komponen berdasarkan waktu tp yang optimal. Untuk komponen yang memiliki distribusi kegagalan mengikuti peluang tertentu dengan fungsi peluang $f(t)$, maka nilai harapan banyaknya kegagalan yang terjadi dalam interval waktu $(0, tp)$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$H(tp) = \sum_{i=0}^{tp-1} (1 + H(tp - 1 - i)) \int_i^{i+1} f(t) dt \dots\dots\dots(2.11)$$

$H(0)$ ditetapkan sama dengan nol, sehingga untuk $tp = 0$, maka $H(tp) = H(0) = 0$, (Syahroni, 2017)

2.12 Penelitian Terdahulu

Didalam melaksanakan penelitian ini, terdapat tinjauan Pustaka yang mengacu dari penelitian terdahulu. Berikut ini penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penelitian ini akan dijelaskan secara singkat mengenai metode serta ruang lingkup penelitian.

Abidin (2019), penelitian yang berjudul “Perencanaan Penjadwalan Perawatan Mesin Wheel Loader Dengan Pendekatan Reliabilitu Centered Maintenance Di PT Swadaya Graha”. Dalam penelitian ini permasalahannya adalah bagaimana menentukan komponen kritis yang optimal pada mesin *wheel loader* dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* di PT. Swadaya Graha. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan penjadwalan perawatan mesin yang optimal pada mesin *wheel loader* dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*. Dengan permasalahan yang terjadi yaitu kegagalan pada mesin *wheel loader* dan tidak ada penjadwalan perawatan komponen yang teratur sehingga mengganggu jadwal operasi mesin *wheel loader*. Hasil dari penelitian ini adalah menunjukkan bahwa komponen kritis mesin *wheel loader* yang sering mengalami kerusakan yaitu *pump hydraulic*, *block engine*, *radiator*, *bostpump*. Interval waktu perawatan yang optimal pada setiap komponen kritis yaitu *pump hydraulic* (26 jam atau rata-rata 3 hari), *block engine* (22 jam atau rata-rata 3 hari), *radiator* (9,88 jam atau rata-rata sama dengan 1 hari), *bostpump* (9,25 jam atau rata-rata sama dengan 1 hari). Rekomendasi tindakan yang didapat yaitu melalui metode *logic tree analysis* dan *task selection*. Komponen *pump hydraulic* masuk dalam kategori *safety problem* dengan pemilihan tindakan yaitu *conditional directed*, komponen *block engine* masuk dalam kategori *outage problem* dengan pemilihan tindakan yaitu *conditional directed*, komponen *radiator* masuk dalam kategori *safety problem* dengan pemilihan tindakan *conditional directed*, komponen *bostpump* masuk dalam kategori *outage problem* dengan pemilihan tindakan *conditional directed*.

Syahroni (2017), penelitian yang berjudul “Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Forklif Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* Di PT. Indospring Tbk”. Dalam penelitian ini permasalahannya adalah bagaimana menentukan tindakan pemeliharaan yang optimal agar mesin forklif berjalan dengan baik sesuai

dengan standart performansinya menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi komponen kritis yang sering mengalami kerusakan serta memberikan rekomendasi jenis tindakan yang dilakukan pada setiap komponen yang diteliti. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa komponen kritis mesin forklif yang sering mengalami kerusakan yaitu kanvas kopling, radiator, *bearing kin pin and bearing neadle*, *cylinder tilt and cylinder steering*. Interval waktu perawatan yang optimal pada setiap komponen kritis yaitu kanvas kopling (0.0138 hari atau 0.331 jam), radiator (0.0084 hari atau 0.177 jam), *bearing kin pin and bearing needle* (0.00122 hari atau 0.292 jam), *cylinder tilt* (0.0090 hari atau 0.216 jam) dan *cylinder steering* (0.0074 hari atau 0.177 jam). Rekomendasi tindakan yang didapat melalui pemilihan *maintenance task* yaitu pengujian / inspeksi mencapai 27.6%, evaluasi hubungan *equipment* dengan risiko mencapai 10.3%, operasikan sampai mengalami kegagalan mencapai 6.9%, pengontrolan sistem atau pengawasan oleh operator mencapai 55.2%.

Ahmadi & Hidayah (2017), penelitian berjudul “Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI”. Bagaimana menentukan tindakan pemeliharaan yang optimal agar mesin blowmould dapat berjalan dengan baik sesuai dengan standart performansinya menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sub sistem dan komponen mesin blowmould yang paling rentan mengalami kerusakan (komponen dan sub sistem kritis), mengetahui penyebab terjadinya kerusakan atau *downtime* pada tiap sub sistem mesin blowmould, dan memberikan usulan tentang jadwal penggantian komponen mesin serta membuat rencana tindakan sebagai kegiatan perawatan untuk meningkatkan *availability*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa komponen kritis mesin blowmolud yaitu *bearing roller feed*, *mandrel (gripperhead)*, *seal gasket*, dan *fiting*. Interval waktu perawatan yang optimal pada setiap komponen kritis yaitu Interval penggantian *bearing roller feed* selama 23 hari, *mandrel (gripper head)* selama 9 hari, *seal gasket* selama 8 hari, dan *fitting* selama 8 hari. Dengan menggunakan interval penggantian komponen yang optimum akan terjadi penurunan *downtime* komponen sebesar 1,56 % dan peningkatan *availability* komponen sebesar 1,56 %.