

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan studi pustaka terhadap buku, artikel, jurnal ilmiah dan penelitian sebelumnya yang dijadikan landasan untuk melakukan kegiatan penelitian ini.

Berikut penjelasan tentang pengertian *wheel loader*, pengertian perawatan, jenis – jenis perawatan, pengertian kerusakan, *Mean to time failure* (MTTF), *Mean to time Repaire* (MTTR), pengertian RCM dan penjelasan metodologi RCM. Penggunaan metode RCM yang digunakan sebagai landasan teori yang memberikan acuan dalam mengevaluasi masalah yang dibahas dalam penelitian di PT. Swadaya Graha, yang merupakan tempat penelitian untuk mengamati sistem yang berlangsung. Penjelasan tentang total *minimum downtime* yang nantinya digunakan untuk menentukan interval perawatan yang optimal. Dalam tinjauan pustaka ini juga terdapat refrensi – refrensi jurnal dari penelitian terdahulu yang memiliki kaitannya dengan permasalahan yang dihadapi pada penelitian ini.

2.1 Pengertian *Wheel Loader*

Wheel Loader adalah salah satu alat berat yang beroda karet (ban), dalam dunia pertambangan *wheel loader* digunakan untuk mengangkut material yang akan dimuat kedalam *dumptruck* atau digunakan untuk memindahkan material dari suatu tempat ketempat yang lain. Cara kerja dari alat ini adalah saat *wheel loader* menggali, *bucket* didorong pada material, kemudian jika *bucket* telah terisi penuh maka traktor akan mundur dan bucket diangkat ke atas untuk selanjutnya dipindahkan.



Gambar 2.1 Unit *Wheel Loader*

Cara kerja *wheel loader* menggunakan sistem hidrolis. Karena tenaga hidrolis mempunyai daya atau tenaga yang sangat besar, sehingga bisa memungkinkan untuk mengeruk, mengangkat material atau benda yang berukuran besar. Untuk pengoperasian bucket dipakai “kendali hidrolis” (*hydraulic controlled*).

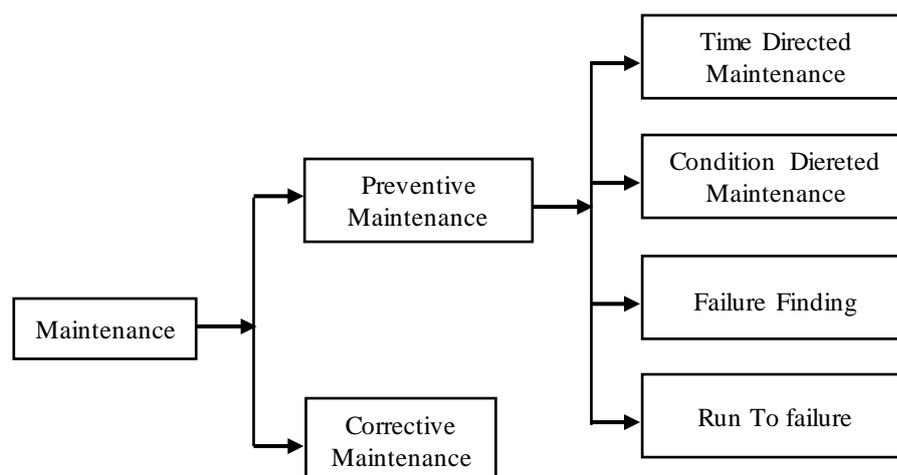
Wheel loader bekerja dengan gerakan dasar pada *bucket* dengan membawa muatan untuk dimuatkan ke alat angkut atau alat yang lain. Gerakan *bucket* yang penting ialah menurunkan *bucket* diatas permukaan tanah, mendorong ke depan (memuat/menggusur), mengangkat *bucket*, membawa dan membuang muatan.

2.2 Pengertian Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan didefinisikan sebagai suatu kegiatan merawat fasilitas sehingga fasilitas tersebut berada dalam kondisi siap pakai sesuai dengan kebutuhan. Dengan kata lain, perawatan adalah kegiatan dalam rangka mengupayakan fasilitas produksi berada pada kondisi atau kemampuan produksi yang dikehendaki. Selain itu juga perawatan merupakan suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang ditujukan untuk mempertahankan suatu sistem atau memperbaiki dan mengembalikan sistem tersebut pada suatu kondisi yang dikehendaki (Putra, 2011).

2.3 Jenis – jenis Tindakan Perawatan (*maintenance*)

Menurut Putra (2011) Aktivitas dalam *maintenance* pada umumnya dibagi menjadi dua kelompok yaitu *preventive* dan *corrective maintenance*. Klasifikasi tindakan perawatan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Klasifikasi Tindakan Perawatan

2.3.1 *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance merupakan perawatan yang dilakukan secara terjadwal umumnya secara periodik. Perawatan ini bertujuan untuk mencegah kerusakan, menemukan penyebab kerusakan atau berkurangnya tingkat keandalan peralatan dan menemukan kerusakan tersembunyi. *Preventive maintenance* terbagi dalam empat kategori tugas yaitu sebagai berikut.

A. *Time Directed Maintenance.*

Time directed maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan berdasarkan variabel waktu. Kebijakan perawatan yang sesuai untuk diterapkan pada kegiatan ini adalah *periodic maintenance* dan *on condition maintenance*.

- a. *Periodic maintenance (Hard time maintenance)* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan secara periodik atau terjadwal. Kegiatan yang dilakukan adalah penggantian komponen secara terjadwal dengan interval waktu tertentu.

Faktor yang mempengaruhi *periodic maintenance*:

- Faktor ekonomi
Kebijakan penelitian dengan resiko yang ditanggung dan biaya yang lebih besar bila komponen atau unit tersebut mengalami kerusakan apabila terjadi kelalaian.
 - Faktor keamanan
Kebijakan penggantian tidak lagi berdasarkan nilai rupiah tetapi dihadapkan pada keadaan apabila tidak dilakukan, maka nyawa manusia menjadi taruhannya karena berhubungan erat dengan keamanan dan keselamatan manusia.
- b. *On condition maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan berdasarkan kebijakan operator perawatan. Kegiatan yang dilakukan pada kondisi ini adalah *cleaning*, *inspection* dan *lubrication*.

B. *Condition Based Maintenance*

Condition based maintenance merupakan perawatan pencegahan yang dilakukan sesuai dengan kondisi yang berlangsung 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 memeriksa dan memelihara pada saat perawatan sudah benar-benar memerlukan pemulihan ketinggian semula. Hal ini dilakukan dengan memonitoring kondisi operasi peralatan berdasarkan data-data dan informasi. Monitoring yang dilakukan antara lain pengukuran suara, analisis getar,

C. Failure Finding

Failure finding merupakan suatu kegiatan perawatan pencegahan yang dilakukan dengan cara memeriksa fungsi yang tersembunyi (*hidden function*) secara periodik untuk memastikan kapan suatu komponen akan mengalami kerusakan. Kegiatan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan yang tersembunyi dalam operasi. Kerusakan ini terjadi tapi operasi berjalan normal (*hidden failure*).

D. Run To Failure

Kegiatan ini disebut juga *no schedule maintenance* dimana kegiatan perawatan ini tidak melakukan usaha untuk mengantisipasi kerusakan. Suatu peralatan atau mesin dibiarkan bekerja hingga mengalami kerusakan kemudian dilakukan perawatan perbaikan. Kegiatan ini dilakukan jika tidak ada tindakan pencegahan efektif yang dapat dilakukan, tindakan pencegahan terlalu mahal atau dampak gagal tidak berpengaruh.

2.3.2 Corrective Maintenance

Kegiatan perbaikan adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau sistem tidak dapat berfungsi dengan baik. Tindakan yang dapat diambil adalah berupa penggantian komponen (*Corrective replacement*), perbaikan kecil (*repair*), dan perbaikan besar (*overhaul*). Kegiatan pemeliharaan ini merupakan perbaikan yang dilakukan setelah mesin atau sistem mengalami kerusakan atau tidak dapat berfungsi dengan baik. Perawatan perbaikan ini lebih cenderung suatu tindakan yang tidak terjadwal.

2.4 Definisi Kerusakan

Karakteristik kerusakan pada peralatan umumnya 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 probalitas (Ansori & Imron, 2013).

2.5 Keandalan (*Reliability*)

Perawatan komponen atau peralatan tidak bisa lepas dari pembahasan mengenai keandalan (*reliability*). Selain keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan sistem perawatan juga keandalan digunakan untuk menentukan penjadwalan perawatan sendiri. Menurut Ansori & Imron (2013), devinisi keandalan adalah sebagai probabilitas komponen, peralatan, mesin atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsinya yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu. Dalam teori *reliability* menurut E.ebeling (1973) terdapat empat konsep yang dipakai dalam pengukuran tingkat keandalan (*reliability*) suatu sistem atau produk. Salah satu teori yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Fungsi distribusi kumulatif, pada perawatan adalah probalitas kerusakan yang probalitas terjadinya kerusakan sebelum waktu tertetu, yang secara matematis sebagai berikut:

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

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

2.6 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 distribusi kumulatif dari distribusi *weibull* :

a. Fungsi Distribusi Kumulatif, berdasarkan rumus

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

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:

$\beta < 1$: 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, sebagai berikut.

a. Fungsi Distribusi Kumulatif

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

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 sebagai berikut ini.

a. Fungsi Distribusi Kumulatif

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

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 kumulatif distribusi dari distribusi eksponensial yaitu:

- a. Fungsi distribusi kumulatif

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

2.7 Mean Time To Failure

Menurut (Ansori & Imron, 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 to failure* (MTTF). MTTF 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 :

$$\begin{aligned} E [T] &= \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \\ &= - \int_0^x t \frac{dR}{dt} dt = -tR(t)I_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t) dt \end{aligned}$$

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

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

2.8 Mean Time To Repair

Menurut (Ansori & Imron, 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 :

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

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 aset – aset fisik dapat berjalan dengan baik dalam menjalankan fungsi yang dikehendaki oleh pemakainya (Ansori & Imron, 2013).

Dengan menggunakan tujuh pertanyaan tentang aset atau sistem yang diteliti pada dasarnya dapat menelusuri proses RCM (Ansori & Imron, 2013).

1. Apakah standart operasional fungsi dan performansi dari asset?
2. Bagaimana kerusakan atau kegagalan aset dalam menjalankan semua fungsinya?
3. Apakah penyebab masing – masing kegagalan fungsi dari aset tersebut?
4. Apakah yang akan terjadi saat aset terjadi kerusakan?
5. Bagaimana masing – masing kerusakan aset tersebut terjadi?
6. Apa yang harus dilakukan untuk memprediksi atau mencegah kerusakan tersebut?
7. Apakah yang dapat dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak berhasil diketemukan?

2.9.1 Langkah – Langkah Metode RCM

Langkah – langkah pada metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) terdiri dari 7 tahapan (Aufar dkk, 2014), sebagai berikut :

1. Pemilihan Sistem Dan Pengumpulan Informasi

Hal – hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan sistem, antara lain:

 1. Sistem memiliki ongkos PM yang tinggi.
 2. Sistem memiliki jumlah kegiatan CM yang tinggi selama lebih dari 2 tahun.
 3. Sistem memiliki ongkos CM yang tinggi setelah pemakaian lebih dari 2 tahun.
 4. Sistem sudah melewati umur pakai.
 5. Sistem memiliki dampak yang tinggi terhadap keselamatan dan keamanan.
2. Definisi Batasan Sistem

Jumlah unit mesin *wheel loader* di suatu pabrik pasti lebih dari satu maka dari itu, definisi batasan sistem merupakan suatu definisi kasar mengenai sistem atau mesin *wheel loader* yang akan menjadi fokus penelitian dan batasan yang telah ditetapkan.
3. Deskripsi Sistem Dan *Functional Block Diagram*

Pendeskripsian sistem penting untuk mengidentifikasi desain sistem yang kritis, hubungan antar komponen dan pengaruhnya terhadap kinerja sistem kemudian hasilnya akan digunakan untuk melakukan perbaikan *preventive*

maintenance. Informasi yang ada kemudian digunakan untuk membuat *functional block diagram* untuk mengidentifikasi sistem dengan rinci.

4. Penentuan Fungsi Sistem Dan Kegagalan Fungsional

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

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

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

Menentukan peringkat *saverity* (S), *occurrence*(O), dan *detection* (D), untuk masing – masing mode kegagalan dengan skala tingkatan 1 – 10. *Severity* (S) Keparahan adalah penilaian dari efek paling serius untuk modus kegagalan yang diberikan. *Severity* adalah peringkat relatif dalam lingkup FMEA individu (Dyadem, 2003). Sebuah peringkat keparahan dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 *Severity* (S)

Efek	Peringkat	Kriteria
Tidak ada	1	Kegagalan mungkin tidak terlihat oleh operator
Sangat sedikit	2	Operator mungkin tidak menyadari adanya kegagalan
Sedikit	3	Operator mungkin melihat dan menyadari adanya kegagalan
Kecil	4	Perubahan fungsi dan operator menyadari adanya kegagalan
Sedang	5	Kegagalan mengurangi fungsi kenyamanan operator
Parah	6	Kegagalan akan mengakibatkan hilangnya fungsi kenyamanan pada operator
Tinggi	7	Kegagalan akan mengurangi fungsi utama

Lanjutan Tabel 2.1 Severity (S)

Efek	Peringkat	Kriteria
Sangat tinggi	8	Kagagalan akan menghilangkan fungsi utama
Ekstrim	9	Kegagalan akan menghilangkan fungsi utama dan menimbulkan peringatan bagi operator
Sangat ekstrim	10	Kegagalan akan menyebabkan fungsi tidak dapat berfungsi sama sekali dan mungkin akan membahayakan operator

Sumber : Dyadem, 2003

Occurenc (O) Terjadinya adalah kemungkinan bahwa modus kegagalan tertentu, yang merupakan hasil dari penyebab spesifik di bawah kontrol desain saat ini, akan terjadi. Terjadinya adalah peringkat relatif dalam lingkup FMEA individu (Dyadem, 2003). Sebuah peringkat *Occurenc* (O) dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Occurenc (O)

Kejadian	Peringkat	Kriteria
Sangat tidak mungkin	1	Kegagalan sangat tidak mungkin
Kecil kemungkinan	2	Kemungkinan kegagalan jumlah yang langka
Sangat rendah kemungkinan	3	Kemungkinan Kegagalan sangat sedikit
Rendah kemungkinan	4	Kemungkinan kegagalan hanya beberapa
Cukup rendah kemungkinan	5	Kemungkinan kegagalan hanya sesekali
Kemungkinan menengah	6	Kemungkinan kegagalan dengan jumlah yang rendah
Kemungkinan cukup tinggi	7	Kemungkinan kegagalan dengan jumlah yang tinggi
Kemungkinan tinggi	8	Kegagalan mempunyai jumlah yang tinggi
Kemungkinan sangat tinggi	9	Kemungkinan kegagalan mempunyai angka yang sangat tinggi
Sangat mungkin terjadi	10	Kegagalan hampir pasti terjadi

Sumber : Dyadem, 2003

Detection (D) Deteksi merupakan penilaian kemampuan kontrol desain saat ini untuk mengidentifikasi modus kegagalan potensial jika hal itu terjadi. Deteksi adalah peringkat relatif dalam lingkup FMEA individu (Dyadem, 2003). Sebuah peringkat deteksi dapat dilihat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 *Detection* (D)

Peringkat	<i>Probability of Occurrence</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 untuk 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 *saverity*, *occurrence*, dan *detection*. RPN merupakan produk matematis dari keseriusan *effect* (*saverity*), kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effect* (*occurrence*), dan kemampuan untuk mendekteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*detection*). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut : $RPN = S \times O \times D$

6. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic tree analysis merupakan suatu alat pengukuran secara kualitatif yang bertujuan untuk menekan suatu prioritas dan sumber daya yang harus dialokasikan pada setiap mode kegagalan untuk mengklasifikasikan mode kegagalan, karena mode kegagalan tidak dibuat sama. Terdapat 4 klasifikasi mode kegagalan diantaranya adalah:

- a. *Safety problem*, mode kegagalan yang membahayakan atau dapat mengancam jiwa seseorang.
- b. *Outage problem*, mode kegagalan yang dapat mengakibatkan sistem dan proses produksi terhenti.

c. *Minor to insignificant economic problem*, mode kegagalan berdampak kecil pada masalah ekonomi sehingga dapat diabaikan.

d. *Hidden failure*, mode kegagalan yang terjadi tanpa diketahui oleh operator.

Pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yakni:

1. Kategori A (*Safety problem*)
2. Kategori B (*Outage problem*)
3. Kategori C (*Economic problem*)
4. Kategori D (*Hidden failure*)

7. *Task Selection*

Task selection dilakukan untuk menentukan kebijakan yang paling mungkin untuk diterapkan dan memilih task yang efektif untuk setiap mode kegagalan yang ada. Pada proses *task selection* ini dilakukan penentuan hubungan kegagalan dengan jenis *task* yang ada apakah kegagalan yang ada berhubungan langsung dengan *time directed* (TD), *condition directed* (CD), dan *failure finding* (FF) serta *Run to Failure* (R.T.F).

Keterangan:

1. *Condition Directed* (C.D). Tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara visual inspection, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.
2. *Time Directed* (T.D), tindakan yang diambil yang lebih berfokus pada aktivitas pembersihan yang dilakukan secara berkala.
3. *Finding Failure* (F.F), tindakan yang diambil tujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.
4. *Run to Failure* (R.T.F), tindakan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan komponen (melakukan penggantian komponen). Suatu tindakan yang menggunakan peralatan sampai rusak, karena tidak ada tindakan ekonomis yang dapat dilakukan untuk pencegahan kerusakan.

2.10 Perhitungan Total *Minimum Downtime*

Perhitungan total minimum *downtime*, yang bertujuan untuk menentukan penggantian atau perawatan yang optimal berdasarkan interval waktu, t_p . Diantara penggantian *preventive* dengan menggunakan kriteria minimum *downtime* per – unit yaitu :

$$D (t_p) = \frac{H (t_p)T_f + T_p}{t_p + T_p}$$

Keterangan :

$H(t_p)$ = Banyaknya kerusakan (kegagalan) dalam interval waktu $(0, t_p)$, 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 *preventive* (komponen belum terjadi kerusakan).

$t_p - T_p$ = Panjang satu siklus

Dengan meminimumkan total *downtime*, diperoleh tindakan penggantian komponen berdasarkan waktu t_p 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 $(0, t_p)$ dapat dihitung sebagai berikut :

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

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

2.11 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.

Syahroni (2017), penelitian yang berjudul “Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Forklift Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* Di PT. Indospring Tbk”. Study kasus di PT. Indospring Tbk, Dalam penelitian ini permasalahan nya

adalah bagaimana menentukan tindakan perawatan yang optimal agar mesin forklif berjalan dengan baik sesuai dengan standart performansinya menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*. Tujuan dari penelitian adalah mengidentifikasi komponen kritis pada mesin forklif, menentukan interval waktu perawatan untuk komponen kritis yang sering mengalami kerusakan dan memberikan rekomendasi jenis tindakan atau aktifitas perawatan (*maintenance task*) yang dilakukan pada setiap komponen yang diteliti. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa komponen kritis pada mesin forklif yang sering mengalami kerusakan yaitu radiator, kanvas kopling, bearing neadle and bearing kin pin, cylinder steering dan cylinder tilt. Interval waktu perawatan yang optimal pada setiap komponen kritis yaitu radiator (0.0084 hari atau 0.202 jam), kanvas kopling (0.0138 hari atau 0.331 jam), bearing neadle and bearing kin pin (0.0122 hari atau 0.292 jam), cylinder steering (0.0074 hari atau 0.177 jam) dan cylinder tilt (0.0090 hari atau 0.216 jam). Rekomendasi tindakan yang didapat melalui pemilihan maintenance task yaitu pengujian / inspeksi mencapai 27.6%, evaluasi hubungan equidment dengan risiko mencapai 10.3%, pengawasan oleh operator atau pengontrolan sistem mencapai 55.2%, operasikan sampai mengalami kegagalan mencapai 6.9%.

Susanto dan Azwir (2018), penelitian yang berjudul “Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif”. Study kasus di PT. Showa Indonesia, Dalam penelitian ini permasalahan yang terjadi adalah Proses produksi di PT. Showa Indonesia Manufacturing tidak selalu lancar, dikarenakan ketidak tahuan akan kehandalan mesin.Kerusakan dapat terjadi sewaktu–waktu dan menyebabkan ketidak pastian akan ketersediaan mesin didalam proses produksi sehingga menyebabkan kerugian yang cukup besar terhadap perusahaan. Penelitian dilakukan pada mesin kompresor yang digunakan untuk memproduksi udara bertekanan yang digunakan untuk menjalankan mesin–mesin produksi. Berdasarkan penelitian tingkat kerusakan tertinggi ada pada mesin kompresor 4, 8, 10, 5, 16, dan 6 dengan total kerusakan sebesar 70.1%. Hal ini disebabkan oleh sistem mesin yang kompleks dan sistem perawatan yang kurang optimal. Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) digunakan untuk menganalisis sistem tersebut untuk mengetahui komponen – komponen yang termasuk dalam kategori kritis. Hasil dari analisis, didapatkan beberapa komponen

kritis yang mana diperlukan interval penggantian (*age replacement*) yang optimal dengan meminimalkan *downtime*. Selanjutnya dilakukan perencanaan kegiatan pada masing – masing komponen kritis tersebut berdasarkan FMEA dan RCM *Decision Worksheet*. Dengan penerapan metode RCM maka total *downtime* turun sebesar 44.59% dari tindakan *preventive* sebelumnya.

Dennur (2017), penelitian yang berjudul “ Penerapan Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Mesin Ripple Mill”. Study kasus di PT. Perkebunan Nusantara V, Dengan permasalahan yang terjadi Kegagalan pada mesin Ripple Mill menghambat jalannya proses produksi yang berdampak pada penurunan kapasitas produksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi Failure Mode Effect Analysis (FMEA) dan Logic Tree Analysis (LTA) dan menghitung failure rate dari mesin Ripple Mill. Berdasarkan analisis Failure Mode Effect Analysis (FMEA) mengidentifikasi 17 Failure mode dengan kegagalan mechanical sebesar 35,30 %, Electrical 29,40 % dan Instrumentation 35,30 %. Hasil *Logic Tree Analysis* dari total 17 failure mode menunjukkan bahwa 0% kategori A, 11,76 % diantaranya adalah kategori B, 35,29 % kategori C, 23,52 % kategori D/B dan 29,41 % kategori D/C. Hasil *regression* interval waktu kerusakan dari masing-masing mesin *Ripple Mill*, *Ripple Mill* 3 tahun 2014 nilai betha adalah 0,32057658 dan *Ripple Mill* 3 tahun 2015 nilai betha sebesar 0,149883 < 1 dan nilai betha *Ripple Mill* 4 tahun 2014 adalah 0,0286688 sedangkan *Ripple Mill* 4 tahun 2015 adalah sebesar 0,065800367 < 1, maka laju kegagalan akan berkurang seiring bertambahnya waktu, Jadi pemeliharaan yang di gunakan adalah *Predictive* maintenance yang merupakan perawatan tingkat sedang dilaksanakan untuk mengembalikan dan memulihkan sistem dalam keadaan siap dengan memberikan perbaikan atas kerusakan yang telah menyebabkan merosotnya tingkat keandalan.

Berdasarkan *review* literatur yang telah dilakukan oleh peneliti. Adapun *review* penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis (tahun)	Judul Penelitian	Objek penelitian	Metode penelitian	Hasil penelitian
1	Syahroni (2017)	Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Forklif Dengan Metode <i>Relability Centered Maintenance</i> Di PT. Indospring Tbk	Mesin forklift	<i>Relability Centered Maintenance</i>	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa komponen kritis pada mesin forklif yang sering mengalami kerusakan yaitu radiator, kanvas kopling, bearing needle and bearing kin pin, cylinder steering dan cylinder tilt. Interval waktu perawatan yang optimal pada setiap komponen kritis yaitu radiator (0.0084 hari atau 0.202 jam), kanvas kopling (0.0138 hari atau 0.331 jam), bearing needle and bearing kin pin (0.0122 hari atau 0.292 jam), cylinder steering (0.0074 hari atau 0.177 jam) dan cylinder tilt (0.0090 hari atau 0.216 jam). Rekomendasi tindakan yang didapat melalui pemilihan maintenance task yaitu pengujian / inspeksi mencapai 27.6%, evaluasi hubungan equipment dengan risiko mencapai 10.3%, pengawasan oleh operator atau pengontrolan sistem mencapai 55.2%, operasikan sampai mengalami kegagalan mencapai 6.9%.
2	Susanto dan Azwir (2018)	Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif	Mesin kompresor tipe screw	<i>Relability Centered Maintenance</i>	Hasil dari analisis, didapatkan beberapa komponen kritis yang mana diperlukan interval penggantian (<i>age replacement</i>) yang optimal dengan meminimalkan <i>downtime</i> . Selanjutnya dilakukan perencanaan kegiatan pada masing – masing komponen kritis tersebut berdasarkan FMEA dan RCM <i>Decision Worksheet</i> . Dengan penerapan metode RCM maka total downtime turun sebesar 44.59% dari tindakan <i>preventive</i> sebelumnya.

Lanjutan Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis (tahun)	Judul Penelitian	Objek penelitian	Metode penelitian	Hasil penelitian
3	Dennur (2017)	Penerapan Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Mesin Ripple Mill	Mesin <i>ripple mill</i>	<i>Relability Centered Maintenance</i>	Berdasarkan analisis Failure Mode Effect Analysis (FMEA) mengidentifikasi 17 Failure mode dengan kegagalan mechanical sebesar 35,30 %, Electrical 29,40 % dan Instrumentation 35,30 %. Hasil <i>Logic Tree Analysis</i> dari total 17 failure mode menunjukkan bahwa 0% kategori A, 11,76 % diantaranya adalah kategori B, 35,29 % kategori C, 23,52 % kategori D/B dan 29,41 % kategori D/C. Hasil <i>regression</i> interval waktu kerusakan dari masing-masing mesin <i>Ripple Mill</i> , <i>Ripple Mill</i> 3 tahun 2014 nilai betha adalah 0,32057658 dan <i>Ripple Mill</i> 3 tahun 2015 nilai betha sebesar 0,149883 < 1 dan nilai betha <i>Ripple Mill</i> 4 tahun 2014 adalah 0,0286688 sedangkan <i>Ripple Mill</i> 4 tahun 2015 adalah sebesar 0,065800367 < 1, maka laju kegagalan akan berkurang seiring bertambahnya waktu, Jadi pemeliharaan yang di gunakan adalah <i>Predictive maintenance</i> yang merupakan perawatan tingkat sedang dilaksanakan untuk mengembalikan dan memulihkan sistem dalam keadaan siap dengan memberikan perbaikan atas kerusakan yang telah menyebabkan merosotnya tingkat keandalan.