

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Pemeliharaan Mesin

2.1.1 Pengertian Pemeliharaan Mesin

Perawatan mesin adalah pekerjaan penting yang secara signifikan berdampak pada efisiensi operasional mesin, yang memainkan peran penting dalam memfasilitasi kegiatan produksi perusahaan. Pentingnya pemeliharaan mesin terletak pada kemampuannya untuk memungkinkan organisasi mengurangi tingkat kegagalan produk dan secara efektif mencapai target produksi dalam jangka waktu yang ditentukan, sehingga dapat memuaskan permintaan pelanggan.

Seperti yang dinyatakan oleh Assauri (2008), pemeliharaan mencakup tindakan yang dilakukan untuk melestarikan atau menegakkan fungsionalitas sistem yang dipasang pada mesin. Istilah "sistem" menunjukkan konfigurasi atau urutan komponen, perangkat, atau elemen yang saling berhubungan yang berkolaborasi secara harmonis untuk mencapai tujuan tertentu. Dalam domain permesinan, istilah "sistem" berkaitan dengan cara elemen-elemen penyusunnya terlibat dan bekerja sama untuk menjalankan operasi yang dimaksudkan di dalam pabrik. Hal ini melibatkan substitusi, modifikasi, atau pemulihan komponen yang diperlukan, sehingga memastikan bahwa alur kerja produksi mencapai kondisi produk target seperti yang diinginkan.

Menurut Corder (1988), pemeliharaan adalah kegiatan multifaset yang mencakup berbagai jenis pemeliharaan yang dilakukan untuk melestarikan atau mengembalikan barang ke kondisi yang dapat diterima. Berdasarkan dua definisi

yang disebutkan di atas, jelaslah bahwa pemeliharaan mesin dan operasi terkait memiliki arti penting dalam konteks produksi perusahaan, sehingga sangat diperlukan. Perencanaan yang tepat sangat penting untuk mengurangi hambatan produksi dalam operasi ini.

Pemeliharaan dapat digambarkan secara luas sebagai serangkaian operasi yang diperlukan untuk menegakkan keamanan, efisiensi, efektivitas biaya, dan kondisi operasional yang optimal dari suatu produk atau sistem. Kegiatan pemeliharaan sangat penting dalam sebuah perusahaan karena setiap mesin memiliki periode penggantian yang ditentukan. Mengingat bahwa mesin dapat mengalami kerusakan atau kegagalan pada waktu tertentu, tidak mungkin untuk secara akurat memprediksi atau mengantisipasi kejadian tersebut. Oleh karena itu, pekerja harus secara konsisten melakukan perawatan mesin untuk memperpanjang masa pakai dan meningkatkan kinerjanya.

Untuk mengurangi dan mengatasi potensi kerusakan alat berat, sangat penting untuk mematuhi prosedur perawatan alat berat yang sistematis dan rutin sebagaimana diuraikan dalam jadwal yang telah ditentukan. Penerapan prosedur perawatan ini memiliki dua tujuan, yaitu mengurangi potensi kerusakan mesin dan meminimalkan beban keuangan yang terkait dengan perbaikan peralatan yang digunakan. Selain itu, hal ini juga memfasilitasi pembentukan rencana pemeliharaan yang tepat untuk melakukan tugas-tugas ini.

Proses produksi harian di dalam perusahaan memiliki potensi risiko kerusakan mesin, yang dapat menghambat pencapaian tujuan output yang telah ditentukan. Untuk mengurangi potensi kerusakan mesin, sangat penting bagi organisasi untuk mengalokasikan penekanan yang lebih besar terhadap

pemeliharaan mesin yang digunakan dalam proses produksi, serta komponen penyusun yang berada di dalam mesin ini.

Berbagai perusahaan telah mengadopsi dua jenis operasi pemeliharaan, yaitu pemeliharaan preventif dan pemeliharaan korektif.

2.1.2 Tujuan Pemeliharaan Mesin

Tujuan utama pemeliharaan mesin mencakup berbagai sasaran. Dengan menerapkan praktik perawatan yang teratur, potensi kerusakan alat berat dapat dikurangi, sehingga biaya perawatan menjadi lebih rendah. Selain itu, pendekatan ini memastikan bahwa kualitas komponen alat berat tetap berada pada tingkat yang optimal, yang secara efektif memenuhi persyaratan operasional alat berat. Selain itu mesin yang terawat dengan baik memfasilitasi proses produksi yang lancar, sehingga memungkinkan pencapaian target produksi. Selain itu, perawatan rutin berkontribusi pada masa pakai alat berat yang lebih lama dan membantu dalam prediksi dan pencegahan potensi kerusakan.

Menurut Corder (1988), tujuan utama pemeliharaan dapat digambarkan secara ringkas sebagai berikut:

- a. Meningkatkan umur panjang aset mesin perusahaan saat ini di seluruh area tempat kerja, yang meliputi bangunan dan isinya.
- b. Menjamin tingkat ketersediaan tertinggi untuk peralatan mesin yang digunakan dalam produksi atau layanan, sekaligus memaksimalkan laba atas investasi.
- c. Sangat penting untuk menjaga kesiapan operasional semua peralatan yang diperlukan untuk kegiatan darurat, seperti unit penyelamatan, unit cadangan, dan unit pemadam kebakaran, setiap saat.

- d. Sangat penting untuk memprioritaskan keamanan dan keselamatan personil yang menggunakan fasilitas-fasilitas tersebut.

2.1.3 Pentingnya Pemeliharaan Mesin

Mesin adalah elemen produksi yang memainkan peran penting dalam memastikan berfungsinya proses manufaktur secara efisien. Untuk memastikan terciptanya produk yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, mesin yang digunakan dalam proses produksi harus memiliki kualifikasi dan sertifikasi yang diperlukan. Oleh karena itu, penting bagi perusahaan untuk melakukan operasi pemeliharaan pada peralatan produksi dan fasilitas pendukungnya untuk menjamin kelancaran aktivitas produksi tanpa gangguan. Pemeliharaan mesin adalah elemen penting dalam memastikan stabilitas output.

Pemeliharaan mesin produksi memiliki arti penting dalam memfasilitasi kelancaran operasi dan kinerja optimal dari proses produksi. Hal ini, pada gilirannya, menjamin pemenuhan permintaan barang secara tepat waktu. Kerusakan mesin merupakan faktor penting yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi dan menghambat pelaksanaan operasi yang dijadwalkan.

Kerusakan yang tidak terduga pada peralatan manufaktur dapat menyebabkan penurunan penggunaan waktu produksi untuk pembuatan produk. Kegagalan mesin yang terjadi berulang kali mengharuskan modifikasi jadwal produksi, sehingga tidak dapat digunakan. Fungsi pemeliharaan memainkan peran penting dalam memastikan kelancaran operasi produksi, mengatasi masalah seperti kemacetan produksi, penundaan, volume produksi, dan efisiensi secara keseluruhan (Assauri, 2008).

2.1.4 Strategi Pemeliharaan Mesin

Sebelum melakukan perawatan pada mesin atau fasilitas produksi lainnya, disarankan untuk membuat rencana komprehensif yang menguraikan tugas-tugas spesifik yang akan dilakukan pada masing-masing peralatan. Menurut penelitian Corder (1988), ada langkah-langkah penentuan khusus yang perlu diikuti ketika melakukan tugas perawatan mesin.

- a. Memastikan mesin yang akan menjalani perawatan. Hal ini memerlukan kompilasi inventaris fasilitas yang komprehensif dan pengembangan dokumentasi yang relevan yang berkaitan dengan biaya operasional. Peralatan yang dipertimbangkan adalah aset berwujud yang memerlukan pemeliharaan rutin dan dapat dimasukkan dalam laporan keuangan untuk melacak pengeluaran biaya.
- b. Memastikan rencana pemeliharaan mesin atau fasilitas. Penentuan kebutuhan untuk menetapkan jadwal pemeliharaan untuk mesin atau fasilitas individu dilakukan. Sistem ini memiliki kemampuan untuk memulai pemeliharaan terjadwal pada mesin tertentu, secara bertahap meluas ke mesin lain hingga ambang batas pemeliharaan yang paling hemat biaya tercapai.
- b. Setelah jadwal pemeliharaan selesai, tugas selanjutnya adalah menyiapkan spesifikasi kerja yang berasal dari jadwal pemeliharaan tersebut. Standar dibuat secara individual untuk setiap operasi dan frekuensi pemeriksaan mesin.
- a. Mengembangkan jadwal mingguan. Proses kolaboratif perencanaan biasanya dilakukan bersama dengan karyawan produksi, sering kali bekerja sama dengan divisi perencanaan dan pengembangan produksi. Pelaksanaan

penghentian pabrik untuk tujuan inspeksi pemeliharaan preventif terjadwal dan operasi perbaikan merupakan kebutuhan mendasar yang penting.

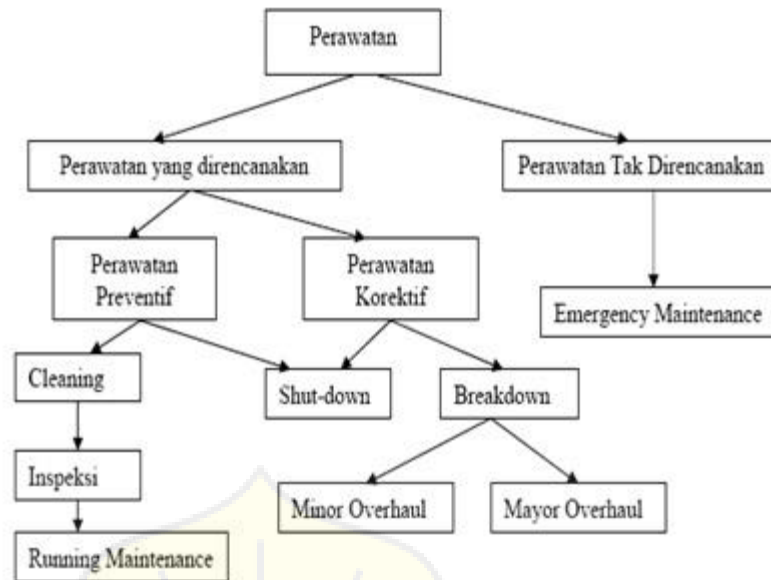
- c. Mengembangkan dan menyelesaikan struktur dasar untuk laporan inspeksi yang tercakup dalam standar kerja pemeliharaan. Setelah pemeliharaan mesin selesai, pemimpin pemeliharaan bertanggung jawab untuk meninjau dan menandatangani laporan dalam struktur dasarnya sebelum mengembalikannya ke entitas pusat yang bertanggung jawab untuk merancang perencanaan inspeksi.

2.1.5 Kendala Pemeliharaan Mesin

Menurut Walley (1987), banyak operasi pemeliharaan mesin yang memberikan tantangan dalam hal pengukuran. Kesulitan ini muncul dari berbagai variabel, termasuk pemanfaatan talenta yang berbeda di berbagai bagian fasilitas, serta adanya tanggung jawab pekerjaan yang beragam.

- a. Banyak aktivitas yang berada di lokasi dan postur yang tidak optimal. Banyak individu dipekerjakan untuk tugas-tugas yang dilakukan di luar lokasi. Biasanya, pelaksanaan pekerjaan perbaikan di area khusus ini biasanya berkorelasi dengan adanya gangguan pendengaran dan akumulasi materi partikulat.
- b. Pengawasan langsung oleh supervisor sering kali memberikan tantangan. Banyak tugas yang dilakukan secara bersamaan di dalam berbagai bagian produksi, sehingga menimbulkan tantangan dalam hal pengawasan yang efektif.
- c. Variabilitas dalam tingkat kelas aktivitas tenaga kerja terlihat.

2.2 Jenis-Jenis *Maintenance*



Gambar 2.1 Jenis-jenis *Maintenance*

2.2.1 *Preventive maintenance*

Penerapan pemeliharaan preventif memungkinkan perusahaan untuk merencanakan dan menjadwalkan kegiatan pemeliharaan rutin secara strategis yang paling sesuai dengan kondisi peralatan dan komponen mereka saat ini. Tujuan dari inisiatif ini adalah untuk mengurangi kemungkinan kerusakan mesin dan prosedur pemeliharaan yang dapat dihindari. Penerapan rencana perawatan rutin memungkinkan sinkronisasi proses produksi dan perawatan mesin, sehingga memfasilitasi operasi yang tidak terganggu dan efisien.

Secara historis, praktik perawatan mesin ditandai dengan penggunaan prosedur perawatan kerusakan, di mana perbaikan hanya dilakukan sebagai respons terhadap kegagalan peralatan. Akibatnya, praktik perawatan mesin mengalami transformasi, sehingga memunculkan penerapan sistem perawatan pencegahan. Seperti yang dinyatakan oleh Ebeling (1997). Perawatan preventif mengacu pada praktik sistematis dalam mengatur perbaikan terencana secara

berkala untuk memastikan fungsi optimal dan umur panjang mesin. Tujuan utama dari perawatan preventif adalah untuk secara proaktif mengurangi terjadinya kegagalan mesin yang tidak terduga, meningkatkan ketergantungan mesin, dan meminimalkan durasi kerusakan (Assauri, 2008).

Menurut Ebeling (1997), pemeliharaan preventif mengacu pada pemeliharaan mesin secara teratur dan berkala, yang melibatkan berbagai tugas pemeliharaan termasuk pemeliharaan mesin secara menyeluruh.

2.2.2 Corrective Maintenance

Berdasarkan temuan Patrick (2001) dan Assauri (2008), perawatan korektif mengacu pada proses perbaikan atau pemulihan mesin atau fasilitas produksi yang telah rusak atau dimodifikasi sehingga tidak lagi beroperasi secara efektif. Dalam skenario khusus ini, operasi yang berkaitan dengan pemeliharaan korektif biasanya dilambangkan sebagai kegiatan perbaikan.

Menurut Prawirosentono (2000), perawatan korektif mengacu pada kegiatan perawatan yang dilakukan ketika hasil dari suatu produk tidak sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk memfasilitasi pemanfaatan fasilitas dan peralatan yang ada untuk mengembalikan efisiensi operasional proses produksi.

Selain pemeliharaan terjadwal yang disebutkan di atas, ada jenis pemeliharaan yang dikenal sebagai pemeliharaan tidak terjadwal. Pemeliharaan tidak terjadwal mengacu pada kinerja kegiatan pemeliharaan yang dipicu oleh indikasi mendadak atau pengamatan hasil yang tidak optimal pada setiap fase proses produksi. Contoh pemeliharaan tidak terjadwal dapat diamati dalam pemeliharaan darurat, yang melibatkan tindakan mendesak yang dilakukan pada

mesin untuk mencegah kerusakan atau bahaya lebih lanjut (Prawirosentono, 2000).

2.2.3 Unplanned *Maintenance*

Pemeliharaan tak terencana mengacu pada tindakan atau aktivitas pemeliharaan yang tidak terduga yang menimbulkan risiko terhadap operasi yang sedang berlangsung dan terjadi tanpa pemberitahuan atau ekspektasi sebelumnya. Jika mesin atau peralatan terus beroperasi hingga mencapai kondisi tidak berfungsi, perhatian yang cepat harus diberikan untuk melakukan perawatan tidak terjadwal.

2.3 Konsep Keandalan

2.3.1 Pengertian Keandalan

Keandalan mengacu pada kemungkinan bahwa suatu sistem akan menjalankan fungsi yang dimaksudkan tanpa kegagalan selama durasi tertentu dan dalam keadaan lingkungan tertentu. Perangkat atau komponen dapat dianggap dapat diandalkan jika beroperasi dengan cara yang memuaskan.

Sebuah benda atau produk dapat dianggap rusak jika tidak dapat secara efektif memenuhi tujuan yang dimaksudkan. Istilah ini juga berlaku untuk mesin dan peralatan yang digunakan dalam konteks pabrik. Ketika sebuah mesin atau peralatan dianggap terganggu atau tidak mampu berfungsi secara efektif, mesin atau peralatan tersebut dapat dikatakan mengalami kerusakan. Kerusakan secara operasional digambarkan sebagai periode di mana peralatan, fasilitas, atau mesin tidak dapat dioperasikan, sehingga tidak mampu memenuhi tujuan yang dimaksudkan. Kerusakan adalah konsekuensi yang muncul ketika mesin memiliki

kapasitas untuk mempengaruhi kinerja produksi secara keseluruhan, mengurangi kinerja proses, dan mempengaruhi kualitas produk (Lukmandani, dkk, 2011).

Menurut Sudrajat Ating (2011:17), istilah "*Breakdown Maintenance*" mengacu pada strategi pemeliharaan yang komprehensif dimana mesin atau peralatan digunakan sampai mengalami kegagalan, di mana pada saat itu mesin atau peralatan tersebut diperbaiki atau diganti dengan mesin atau peralatan yang baru. Kebijakan tersebut di atas dianggap tidak efektif karena memiliki implikasi keuangan yang signifikan dan menimbulkan risiko hilangnya keuntungan yang mungkin terjadi akibat kerusakan mesin. Jaminan keselamatan kerja tidak dapat dijamin, karena kondisi peralatan ini masih belum pasti. Selain itu, kurangnya perencanaan waktu yang memadai, dan tenaga kerja selama kegiatan terjadi tanpa perencanaan biaya yang cukup. Akibatnya, praktik pemeliharaan mesin atau peralatan sering kali ditunda hingga setelah terjadinya kerusakan atau kegagalan fungsi, sehingga perlu dilakukan perbaikan untuk memulihkan operabilitas.

Sangatlah penting bahwa setiap peralatan menunjukkan pola kerusakan yang berbeda. Keadaan iklim yang beragam dapat menyebabkan pola kerusakan yang berbeda pada mesin atau peralatan yang memiliki sifat serupa. Bahkan dalam kasus di mana mesin atau peralatan yang identik berfungsi dalam keadaan lingkungan yang sama, mereka mungkin menunjukkan pola kegagalan yang berbeda. Untuk membuat keputusan yang berkaitan dengan situasi probabilistik, seperti menentukan waktu yang optimal untuk melakukan perawatan preventif pada peralatan, perlu memiliki pengetahuan mengenai titik di mana peralatan akan mengalami kerusakan atau kegagalan (Tanurahardja, 2009).

Fungsi waktu kerusakan dari suatu komponen mesin atau peralatan lainnya mengacu pada korelasi probabilistik antara kerusakan dan waktu. Penentuan hubungan fungsional antara waktu kerusakan komponen mesin dan distribusi statistik yang sesuai adalah tugas yang penting. Model distribusi sering digunakan untuk menggambarkan pola kerusakan yang berbeda, dengan distribusi eksponensial sebagai contoh yang menonjol.

Waktu yang tepat dari transisi dari keadaan fungsional ke keadaan rusak pada peralatan tidak dapat ditentukan secara pasti. Namun, dimungkinkan untuk mendapatkan wawasan tentang kemungkinan perubahan ini terjadi pada titik waktu tertentu dengan memanfaatkan fungsi kerusakan, seperti yang dibahas oleh Winata dkk. (2013). Untuk melakukan analisis terhadap suatu masalah yang berkaitan dengan perawatan mesin, dimungkinkan untuk memanfaatkan beberapa bentuk distribusi kerusakan dan perbaikan untuk secara efektif memeriksa pola kerusakan dan perbaikan yang muncul pada mesin. Berbagai jenis distribusi digunakan untuk menganalisis struktur pola data, termasuk Distribusi Weibull, Distribusi Eksponensial, Distribusi Normal, dan Distribusi Lognormal.

2.3.2 Fungsi Keandalan

Assauri (2004) mengategorikan pekerjaan dan aktivitas pemeliharaan ke dalam lima kategori utama: inspeksi, aktivitas teknik, aktivitas manufaktur, aktivitas administratif, dan pemeliharaan bangunan.

a. Inspeksi

Proses memeriksa atau mengevaluasi sesuatu untuk menilai kualitas, kondisi, atau kesesuaiannya dengan standar atau persyaratan tertentu. Tugas inspeksi meliputi pemeriksaan dan evaluasi sistematis terhadap struktur dan

peralatan pabrik sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Selain itu, kegiatan ini juga mencakup pemeriksaan mesin atau peralatan yang rusak dan dokumentasi pengamatan yang dilakukan selama inspeksi. Laporan inspeksi harus mencakup informasi tentang keadaan peralatan yang diinspeksi, identifikasi sumber kerusakan, rincian kegiatan perbaikan yang dilakukan, dan komentar atau rekomendasi yang sesuai untuk perbaikan atau penggantian. Tujuan dari kegiatan inspeksi ini adalah untuk memastikan penyediaan peralatan atau fasilitas produksi berkualitas tinggi yang berkesinambungan bagi perusahaan, sehingga menjamin kelancaran operasi produksi tanpa gangguan.

b. *Engineering*

Bidang praktik yang melibatkan penerapan prinsip-prinsip ilmiah dan matematika untuk merancang, mengembangkan, dan meningkatkan berbagai sistem. Operasi teknik mencakup berbagai tugas, termasuk pengujian peralatan yang ketat selama proses produksi, fabrikasi peralatan atau komponen yang diperlukan yang memerlukan penggantian, dan eksplorasi yang tekun terhadap potensi kemajuan melalui penelitian dan pengembangan.

c. Kegiatan Produksi (Production)

Kegiatan produksi mengacu pada banyak proses yang terlibat dalam pembuatan barang atau jasa. Kegiatan ini mencakup berbagai tugas, seperti mencari bahan baku, manufaktur, perakitan. Operasi produksi mencakup tugas pemeliharaan mesin, termasuk perbaikan dan perbaikan mesin dan peralatan terkait. Kegiatan ini melaksanakan tugas-tugas yang diperlukan yang diuraikan dalam operasi inspeksi dan rekayasa dengan menggunakan sarana fisik. Tujuan

dari kegiatan produksi ini adalah untuk menjamin kelancaran pelaksanaan operasi produksi di dalam fasilitas sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan..

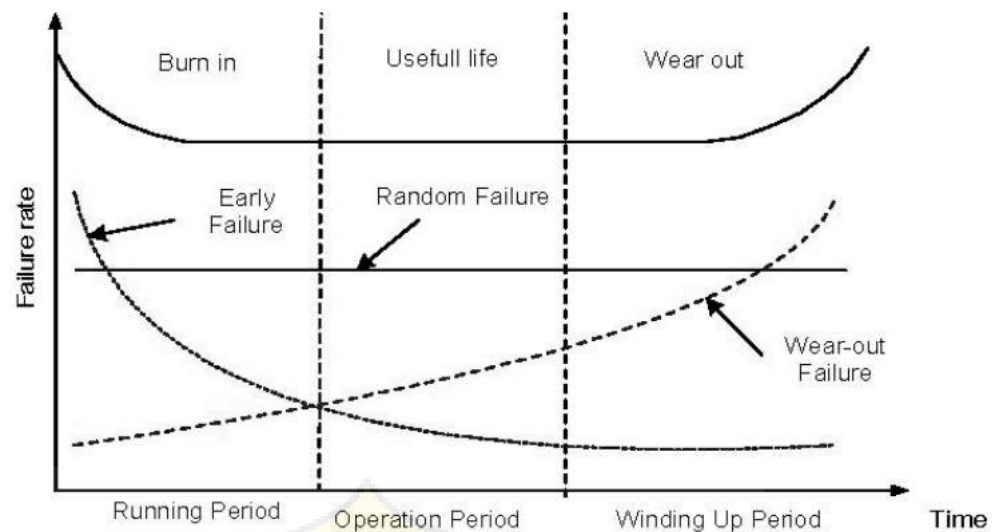
d. Pekerjaan Administrasi

Aktivitas yang mencakup banyak tugas yang terlibat dalam administrasi administrasi operasi pemeliharaan, dengan tujuan utama untuk menyimpan catatan komprehensif yang berkaitan dengan peristiwa atau aktivitas penting dalam departemen pemeliharaan.

2.4 Reliability Centered Maintenance (RCM)

2.4.1 Pengertian Reliability Centered Maintenance (RCM)

Pemeliharaan yang berpusat pada keandalan (RCM) mengacu pada teknik sistematis untuk mengidentifikasi tindakan yang diperlukan untuk menegakkan kinerja yang diinginkan dari aset sistem alat berat dalam lingkungan operasinya saat ini. Hal ini mencakup metodologi pemeliharaan yang mengintegrasikan praktik dan taktik pemeliharaan preventif dan korektif. Pemeliharaan adalah praktik penting yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas hidup dan mencapai penghematan finansial.



Gambar 2.2 Bathup Curve

Pemeliharaan yang berpusat pada keandalan (RCM) umumnya didefinisikan sebagai pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi tindakan yang diperlukan untuk memastikan berfungsinya setiap aset fisik secara berkelanjutan di dalam alat berat. RCM berfungsi sebagai sarana untuk menetapkan strategi pemeliharaan yang paling efektif untuk alat berat..

2.4.2 Pengumpulan Data Pada Sistem Mesin

Tujuan utama dari pengumpulan informasi adalah untuk meningkatkan pemahaman tentang sistem dan mekanisme operasionalnya. Data yang terkumpul akan digunakan untuk analisis RCM selanjutnya. Informasi dapat dikumpulkan melalui pengamatan langsung di lapangan, percakapan dengan individu yang relevan, dan konsultasi dengan berbagai literatur. Dalam ranah *Reliability Centered Maintenance* (RCM), prosedur analisis dilakukan pada tingkat sistem dan bukan pada tingkat komponen. Pendekatan ini diadopsi karena kebutuhan mendesak untuk mengatasi dan memitigasi masalah yang ada

melalui pemilihan sistem. Data yang dikumpulkan di tingkat sistem memberikan analisis yang lebih rinci tentang operasi dan kerusakan.

2.4.3 Penentuan Distribusi Data Time to Failure (TTF) dan Time to Repair (TTR)

Penentuan distribusi untuk menilai validitas data kerusakan, langkah awal yang harus dilakukan adalah membuat hipotesis distribusi untuk data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) untuk setiap komponen penting. Aspek yang sangat penting adalah merumuskan hipotesis tentang kesesuaian data kerusakan dengan distribusi Weibull, yang biasanya dikaitkan dengan tingkat kerusakan. Prosedur selanjutnya adalah melakukan uji kecocokan pada data TTF dan TTR yang diperoleh untuk menentukan apakah pola distribusi yang diamati sesuai dengan pola distribusi yang ditentukan. Analisis ini sangat penting untuk pemrosesan lebih lanjut, karena memungkinkan estimasi parameter yang terkait dengan setiap komponen berdasarkan distribusi yang dipilih.

2.4.4 Perhitungan Mean time to failure (MTTF) dan Mean Time to Repair

Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) dilakukan dengan memanfaatkan karakteristik yang terkait dengan masing-masing komponen. Durasi rata-rata kerusakan biasanya disebut sebagai *Mean Time to Failure* (MTTF), sedangkan durasi rata-rata perbaikan dilambangkan sebagai *Mean Time to Repair* (MTTR).

1. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull adalah distribusi probabilitas yang umum digunakan dalam rekayasa keandalan dan analisis ketahanan hidup. Dinamai menurut Wallodi Weibull, yang pertama kali mengusulkan waktu

menuju kegagalan (TTF) suatu komponen, dilambangkan sebagai T , diasumsikan sesuai dengan distribusi Weibull, yang dicirikan oleh tiga parameter. β , η , γ (Putra, 2010).

Mean time to failure (MTTF) pada distribusi weibull

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

Mean time to repair (MTTR) pada distribusi weibull

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

2. Distribusi Lognormal

Distribusi waktu kegagalan suatu komponen biasanya disebut sebagai distribusi lognormal bola, yang dilambangkan dengan variabel $y = \ln T$.

Mean time to failure (MTTF) pada distribusi lognormal

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

Mean time to repair (MTTR) pada distribusi lognormal

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

3. Distribusi Eksponensial

Jika waktu kegagalan suatu komponen mengikuti distribusi seragam dengan parameter λ . Waktu rata-rata kegagalan distribusi eksponensial adalah ukuran statistik yang mewakili waktu rata-rata sebelum suatu peristiwa terjadi dalam sistem yang mengikuti distribusi eksponensial (Putra, 2010) :

Mean time to failure (MTTF) pada distribusi eksponensial

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

Mean time to failure (MTTF) pada distribusi eksponensial

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

2.4.5 Perhitungan *Reliability* Berdasarkan Pola Distribusi

Ebeling (1997) menegaskan bahwa dalam bidang ketergantungan, beberapa pola distribusi umumnya digunakan dalam domain *reliability* antara lain:

1. Distribusi Weibull

Fleksibilitas distribusi ini memiliki arti penting dalam bidang ketergantungan. Distribusi Weibull umumnya digunakan dalam analisis sistem, subsistem, dan komponen yang sudah tua yang menunjukkan distribusi probabilitas yang menantang konsep keandalan. Distribusi probabilitas yang dimaksud mencakup konsep inti keandalan.

Fungsi keandalan pada distribusi Weibull

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

2. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal biasanya digunakan dalam analisis statistik untuk mengkarakterisasi distribusi probabilitas kegagalan dalam banyak konteks. Distribusi lognormal sering digunakan dalam bidang teknik, terutama sebagai sarana untuk mewakili beragam sifat material dan fenomena kelelahan material.

Fungsi keandalan pada distribusi lognormal

$$R(t) = 1 - F(t) = \Phi \frac{t' - \mu'}{\sigma'}$$

3. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial sering digunakan dalam beberapa disiplin ilmu, terutama dalam bidang teori ketergantungan. Alasannya adalah karena data kerusakan historis menunjukkan pola karakteristik yang dapat

dimodelkan secara akurat oleh distribusi eksponensial. Distribusi eksponensial dicirikan oleh nilai konstan λ .

Fungsi keandalan pada distribusi eksponensial

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

2.4.6 Logic Tree Analysis

Logic Tree Analysis (LTA) adalah metode yang digunakan untuk memastikan tugas pemeliharaan yang sesuai dan lebih disukai untuk setiap mode kegagalan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menetapkan prioritas untuk setiap mode kegagalan yang berbeda, karena mereka mungkin berbeda. Proses analisis difasilitasi oleh pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), yang menggunakan logika tiga pertanyaan ringkas atau struktur keputusan untuk mengalokasikan setiap penyebab kegagalan secara efektif ke dalam salah satu dari empat kelompok yang berbeda. Smith dan Glenn (2004) mengelompokkan analisis kekritisan mode kegagalan ke dalam empat kategori utama, yaitu:

1. *Evidents*, yaitu apakah operator melihat kesalahan dalam prosedur biasa terjadi?
2. *Safety*, yaitu jika kerusakan berpotensi menimbulkan bahaya bagi keselamatan?
3. *Outage*, yaitu apakah kerusakan mengakibatkan kegagalan seluruh sistem atau sebagian?
4. *Category*, yaitu untuk mengklasifikasikan jawaban dalam kaitannya dengan pertanyaan yang diajukan. Kategorisasi *Logic Tree Analysis* (LTA) terdiri dari empat komponen yang berbeda, yaitu:

- a. Kategori A (*Safety Problem*) mengacu pada masalah keselamatan. Hal mode kegagalan memiliki efek merugikan yang mengancam keselamatan atau mungkin menyebabkan kematian. Kekurangan ini juga mengakibatkan konsekuensi lingkungan, termasuk pelanggaran peraturan lingkungan yang sudah ada..
- b. Kategori B (*Outage Problem*) terjadinya mode kegagalan komponen dapat mengakibatkan terhentinya sebagian atau seluruh sistem operasional komponen, sehingga berdampak pada beberapa aspek operasi pabrik termasuk kuantitas, kualitas produk, dan hasil produksi. Akibatnya hal ini dapat menyebabkan peningkatan biaya.
- c. Kategori C (*Economic Problem*) mengacu pada mode kegagalan yang terutama memengaruhi keselamatan atau operasi pabrik, dengan sedikit konsekuensi ekonomi seperti biaya perbaikan.
- d. Kategori D (*Hidden Failure*) juga dikenal sebagai Kegagalan Tersembunyi, mengacu pada situasi ketika mode kegagalan memiliki pengaruh langsung pada organisasi, tetapi tidak ditangani secara memadai. Kurangnya perhatian terhadap mode kegagalan ini dapat mengakibatkan peningkatan risiko dan dapat menyebabkan kegagalan lainnya.

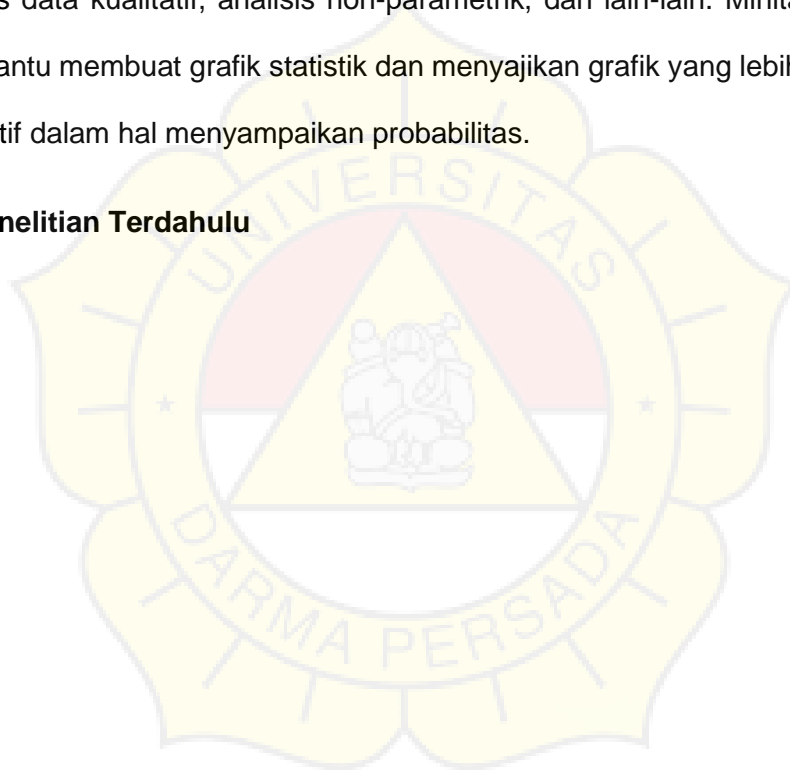
2.5 Aplikasi Minitab

Minitab adalah perangkat lunak statistik yang banyak digunakan untuk analisis data, pemodelan statistik, dan perhitungan statistik. Program ini mencakup sejumlah alat dan kemampuan yang memungkinkan pengguna melakukan analisis statistik dengan cepat dan nyaman. Minitab juga menyertakan alat untuk merancang eksperimen, kontrol kualitas, pemodelan waktu, analisis faktor, analisis

kelangsungan hidup, dan tugas-tugas lainnya. Minitab digunakan secara luas di berbagai industri, termasuk manufaktur, farmasi, penelitian, kontrol kualitas, dan analisis data perusahaan.

Minitab menggabungkan kesederhanaan penggunaan Microsoft Excel dengan kapasitas untuk melakukan analisis statistik yang lebih rumit. Minitab mampu melakukan analisis data statistik, termasuk ANOVA, desain eksperimental, analisis multivariat, peramalan, analisis deret waktu, kontrol proses statistik, analisis data kualitatif, analisis non-parametrik, dan lain-lain. Minitab juga dapat membantu membuat grafik statistik dan menyajikan grafik yang lebih menarik dan instruktif dalam hal menyampaikan probabilitas.

2.6 Penelitian Terdahulu



Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Mohammad Amarrudin Firmansyah (2020)	ANALISIS RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PADA MESIN HYDRAULIC PRESS PLATE MACHINE 1000 TON (Studi Kasus PT. X)	Menentukan tindakan perawatan yang optimal pada mesin hydrolic press plate machine 1000 ton berdasarkan reliability centered maintenance (RCM) dengan membuat hirarki fungsi sistem dan analisis fungsi sistem serta kegagalan sistem, selanjutnya melakukan analisis Failure Mode and Effect Analisis (FMEA)
2.	Muhamad Arizki Zainul Ramadhan (2017)	Penentuan Interval Waktu Preventive Maintenance pada Nail Making Machine dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II	Dari hasil perhitungan menggunakan FMEA dan RCM II diperoleh hasil interval perawatan pada komponen Side shaft (stang metal) dengan interval perawatan selama 63 jam, untuk komponen Crank shaft (metal jalan) dengan interval perawatan selama 81 jam, dan untuk komponen Electric motor dengan interval perawatan selama 374 jam.
3.	Wresni Anggraini (2020)	Reliability Centered Maintenance pada Komponen Kritis Mesin Press	Hasil pengolahan diperoleh 4 komponen kritis untuk dilakukan penjadwalan yaitu waktu penggantian screw selama 276,09 jam sekali pergantian, Komponen cagebar dengan waktu 279,09 jam sekali pengecekan dan penggantian, komponen kopling dengan waktu 316,32 jam sekali pergantian dan komponen bearing dengan waktu 347,6 jam sekali pengecekan dan pergantian.
4.	Hanura Dewi Widya Shinta (2021)	Analisis Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) terhadap Mesin Air Jet Loom (AJL)	Hasil menunjukkan adanya 16 mode kegagalan yang terjadi pada mesin AJL, terdapat 12 komponen yang dapat diatasi secara condition direct (CD), Serta 4 komponen mesin AJL lainnya yang dapat ditangani dengan cara Finding Failure (FF). Selain itu, Komponen Kamran merupakan komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi sebesar 256, yang berarti bahwa Kamran mengalami kegagalan yang harus ditangani akibat terjadinya downtime yang paling besar
5.	Ilham Pramudya Raharja (2021)	ANALISIS SISTEM PERAWATAN MESIN BUBUT MENGGUNAKAN METODE RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE) DI CV. JAYA PERKASA TEKNIK	Interval waktu pergantian optimum komponen V-Belt 23 hari, Electric System 29 hari, Bearing 28 hari, dan Gear 31 hari. Berdasarkan perhitungan total biaya pemeliharaan diketahui terdapat penurunan dari total biaya pemeliharaan awal dengan total biaya pemeliharaan berdasarkan interval waktu pergantian optimum dari masing-masing komponen yaitu V-belt sebesar 1,31%, Electric System sebesar 21,66%, Bearing sebesar 24,67%, dan Gear sebesar 31,89%.