

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri terutama bidang industri logistik saat ini terus mengalami kemajuan, seperti yang dilakukan pada PT. DSV Solutions Indonesia yang menawarkan layanan pergudangan kepada pelanggan. PT. DSV Solutions Indonesia adalah perusahaan multinasional yang berasal dari Denmark pada tahun 1990, dan saat ini beroperasi di Indonesia. Perusahaan ini fokus pada bisnis logistik dan transportasi, dengan kegiatan utama menyediakan solusi rantai pasok untuk *customer* setiap hari.

*Preventive maintenance* merupakan bagian dari manajemen pemeliharaan, dapat diartikan sebagai serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk merawat atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik. Melibatkan perbaikan, penyesuaian, atau penggantian yang diperlukan untuk memastikan operasi produksi berjalan sesuai rencana dan memenuhi kondisi yang memuaskan. Pemeliharaan mencakup semua aktivitas yang terkait dengan menjaga agar semua peralatan sistem tetap berfungsi. Pemeliharaan adalah rangkaian kegiatan yang bertujuan untuk memastikan fasilitas atau peralatan selalu dalam kondisi siap pakai. Dengan memahami definisi *preventive maintenance* dari berbagai ahli, dapat disimpulkan bahwa *preventive maintenance* dilakukan secara terjadwal, umumnya pada interval tertentu. Melibatkan sejumlah tugas, seperti inspeksi, perbaikan, penggantian, pembersihan, dan pelumasan. *Maintenance* dapat dilakukan melalui inspeksi, *corrective maintenance* atau perbaikan, dan *preventive maintenance*. Tujuan *preventive maintenance* adalah untuk mencegah kerusakan mesin secara mendadak, meningkatkan keandalan, serta mengurangi risiko *breakdown* dan *downtime*.

Dalam praktek manajemen pemeliharaan, kegiatan dilaksanakan sesuai dengan pedoman dari pabrik/perusahaan pembuat, termasuk pemanfaatan data sejarah untuk mengidentifikasi dan mendiagnosis kerusakan pada mesin/peralatan serupa. Data pengujian komisioning pada awal operasi juga menjadi dasar untuk mengarahkan kegiatan pemeliharaan. Kegiatan pemeliharaan mencakup berbagai

aspek, seperti perawatan/pemeriksaan, perbaikan, penggantian, dan pengujian. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah menjaga kinerja peralatan dan mengurangi risiko terjadinya kerusakan mendadak yang dapat menyebabkan kerugian ekonomis.

Pada pergudangan PT. DSV Solutions Indonesia menggunakan *Material Handling* pada proses masuk dan keluarnya barang, serta pemindahan lokasi barang pada gudang. *Material Handling* yang digunakan ialah *forklift* dan *reach truck*. Pada Januari hingga Desember di tahun 2023, perawatan pada *forklift* dan *reach truck* menggunakan metode *breakdown maintenance*. *Breakdown maintenance* ialah perawatan yang dilakukan ketika *material handling* mengalami kerusakan. *Forklift* telah mengalami 12 kali kegagalan/kerusakan, dan *reach truck* telah mengalami 18 kali kegagalan/kerusakan, hal itu membuat terhentinya proses masuk dan keluarnya *material* yang ada digudang (*downtime*). Maka dari itu, untuk menghindari adanya kegagalan atau kerusakan mendadak kembali yang berdampak merugikan perusahaan maka perlu adanya penjadwalan perawatan (*preventive maintenance*) pada *forklift* dan *reach truck*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang tersebut, maka permasalahan yang perlakukan untuk tujuan penelitian skripsi ini yaitu:

1. Bagaimana jadwal perawatan (*preventive maintenance*) pada *forklift* dan *reach truck*?
2. Seberapa efektif *preventive maintenance* pada *forklift* dan *reach truck* dengan pendekatan menggunakan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) dalam mengurangi insiden *breakdown* dan *downtime*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pokok permasalahan yang ada, maka dapat disimpulkan tujuannya yaitu:

1. Untuk mengetahui jadwal perawatan (*preventive maintenance*) pada *forklift* dan *reach truck* yang efektif.
2. Untuk mengetahui efektifitas jadwal perawatan (*preventive maintenance*) pada *forklift* dan *reach truck* dengan metode *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) dalam mengurangi *breakdown* dan *downtime*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agar dapat memperbaiki masalah dengan metode yang dipilih
2. Dapat memberikan informasi sebagai bahan pertimbangan oleh perusahaan agar dapat melakukan perbaikan terkait dengan *Preventive Maintenance* pada *forklift* dan *reach truck*.
3. Sebagai langkah nyata untuk menerapkan konsep yang diperoleh selama perkuliahan dan untuk meningkatkan pemahaman dalam menganalisis serta menyelesaikan permasalahan.

#### **1.5 Batasan Penelitian dan Asumsi Peneliti**

##### **1.5.1 Batasan Penelitian**

Batasan- Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan di PT. DSV Solutions Indonesia pada *forklift* dan *reach truck*
2. Pengamatan dan pengambilan data dilakukan pada bulan Januari 2023 sampai Desember 2023 sebagai data yang menentukan penjadwalan perawatan pada *forklift* dan *reach truck*
3. Data diambil dari hasil pengamatan langsung dari pihak PT. DSV Solutions Indonesia.

##### **1.5.2 Asumsi Penelitian**

Asumsi – asumsi yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Tidak terdapat perubahan kebijakan yang penting di perusahaan tersebut baik dari dalam perusahaan maupun dari luar perusahaan pada saat melakukan penelitian.
2. Operator *forklift* dan *reach truck* dalam keadaan sehat, berpengalaman dalam bekerja, memahami SOP, serta bekerja dengan baik.
3. Unit *forklif* dan *reach truck* dalam keadaan stabil.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan sistematika penulisan laporan skripsi akan disajikan dalam sistematika penulisan BAB I hingga BAB VI yang dapat dilihat sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Menguraikan latar belakang permasalahan yang mendasari dilakukannya penelitian analisis *Preventive Maintenance*, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan asumsi penelitian, serta sistematika penulisan tugas akhir.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Menguraikan teori-teori yang mendukung pemecahan permasalahan penelitian yang berhubungan dengan penggunaan metode menghitung *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR)

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Menguraikan tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian seperti penentuan lokasi dan waktu penelitian, jenis penelitian, objek penelitian, variabel penelitian, kerangka konseptual penelitian, metode pengumpulan data, metode pengolahan data, serta kesimpulan dan saran.

### **BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini diisi dengan data-data yang telah dikumpulkan. Sehingga data-data tersebut dapat diolah sehingga diperoleh hasil untuk di analisis,

## **BAB V ANALISA DAN EVALUASI**

Pada bab ini menguraikan tentang *Preventive Maintenance* dari metode yang sudah digunakan terhadap *forklift* dan *reach truck* Di PT. DSV Solutions Indonesia.

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini terdiri dari kesimpulan yang merupakan pernyataan singkat, jelas dan tepat yang telah dipaparkan dari hasil penelitian dan berisi tentang saran untuk perusahaan dan pembaca.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian *Preventive Maintenance***

Ali dan Kusuma (2019), *Preventive Maintenance* dapat diartikan sebagai sebuah tindakan perawatan untuk menjaga sistem atau *sub-assembly* agar tetap beroperasi sesuai dengan fungsinya dengan cara mempersiapkan inspeksi secara sistematis, deteksi, dan koreksi pada kerusakan yang kecil untuk mencegah terjadinya kerusakan yang lebih besar.

Menurut Heizer and Render (2018) menyatakan bahwa, “adalah rencana yang melibatkan pemantauan, inspeksi rutin, pelayanan, dan menjaga fasilitas agar tetap dalam kondisi baik.”. Selanjutnya Farinha (2018), “adalah pemeliharaan yang dilakukan pada interval yang telah ditentukan atau sesuai dengan kriteria tertentu guna mengurangi kemungkinan kerusakan atau penurunan kinerja suatu aset.”.

Bustami dan Nurhazana (2018) mengemukakan bahwa: “*Preventive Maintenance* adalah perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara perawatan yang direncanakan untuk pencegahan kerusakan”. Menurut Setiadi dan Runtuk (2017), “*Preventive Maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan secara terjadwal dan umumnya dilakukan secara periodik”.

Selanjutnya menurut Siswanto (2017), “Pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*) adalah inspeksi periodik untuk mendeteksi kondisi yang mungkin menyebabkan produksi berhenti atau berkurangnya fungsi proses mesin dikombinasikan dengan pemeliharaan untuk menghilangkan, mengendalikan, kondisi tersebut dan mengembalikan mesin ke kondisi semula atau dengan kata lain deteksi dan penanganan diri kondisi abnormal mesin sebelum kondisi tersebut menyebabkan cacat atau kerugian. Berdasarkan definisi yang disebutkan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa pemeliharaan preventif adalah serangkaian tindakan perawatan yang dijadwalkan dan dilakukan sebelum atau pada titik kegagalan yang bertujuan untuk mencegah kerusakan atau kegagalan sistem atau

peralatan. Tujuannya adalah untuk meningkatkan ketersediaan, memperpanjang umur operasional, dan mengoptimalkan kinerja sistem atau peralatan.

Menurut Winarno dan Negara (2014), *Preventive maintenance* dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. *Routine maintenance* ialah perawatan yang dilakukan secara rutin atau tiap hari.
2. *Periodic maintenance* ialah perawatan yang dilakukan dalam jangka waktu tertentu. Contohnya satu kali setiap minggu, sebulan sekali, dan setahun sekali.
3. *Emergency Maintenance* merupakan tindakan perbaikan yang dilakukan secara mendesak untuk mengatasi gangguan dalam proses produksi agar tidak terhenti terlalu lama. Tindakan ini bersifat sementara hingga penggantian komponen yang menyebabkan gangguan tersebut selesai.
4. *Predictive Maintenance* adalah tindakan pemeliharaan yang dilakukan dengan memprediksi kapan mesin akan mengalami kerusakan berdasarkan kebiasaan, ciri-ciri, atau tanda-tanda yang menunjukkan kemungkinan kerusakan lebih serius dapat dihindari.
5. *Overhaul Maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan menyeluruh tanpa koreksi atau perbaikan yang dijadwalkan dalam interval waktu tertentu. Pemeliharaan overhaul bertujuan untuk mengembalikan kinerja awal mesin agar dapat menghasilkan produk berkualitas.
6. *Produktive Maintenance* adalah perawatan yang bertujuan meningkatkan produktivitas mesin. Tujuan pemeliharaan produktif adalah mencegah kerusakan dan bekerja secara efektif dan efisien.
7. *Total Produktive Maintenance* merupakan perawatan yang melibatkan dukungan dari semua pihak untuk mencapai nilai produktivitas yang optimal.
8. *Running Maintenance* yaitu tindakan perawatan yang dilakukan saat fasilitas produksi sedang beroperasi. Ini mencakup cara perawatan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan atau mesin yang sedang beroperasi dengan mengawasi secara aktif.

9. *Shutdown Maintenance* ialah kegiatan perawatan yang hanya dilakukan ketika fasilitas produksi sengaja dimatikan atau dihentikan. Ini melibatkan perencanaan dan penjadwalan pemeliharaan fokus pada mengelola periode penghentian fasilitas produksi.

## 2.2 Tujuan Utama Perawatan

Tujuan umum dari proses perawatan adalah menitikberatkan pada langkah-langkah pencegahan untuk mengurangi atau bahkan mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan. Hal ini dilakukan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan optimal dari peralatan, sekaligus mengurangi biaya perawatan secara efisien. Menurut Duffua et al dalam (Prihastono dan Prakoso, 2017) Sistem perawatan memiliki peran krusial dalam mencapai tujuan perusahaan, yang melibatkan peningkatan profit dan kepuasan pelanggan. Hal ini dapat dicapai dengan memanfaatkan pendekatan nilai fungsi dari fasilitas atau peralatan produksi yang ada, yaitu:

1. Meminimasi *downtime*
2. Memperbaiki kualitas
3. Meningkatkan produktivitas
4. Menyerahkan pesanan tepat waktu

Tujuan utama dari sistem perawatan itu dilakukan untuk menghindarkan suatu mesin agar tidak mengalami kerusakan yang berat, sehingga tidak diperlukan waktu yang cukup lama dan juga biaya yang terlalu mahal untuk melakukan perawatan. Sehingga mesin-mesin dapat beroperasi seoptimal mungkin dan kegiatan produksipun berjalan dengan lancar dan mendapatkan keluaran (*Out Put*) produk yang berkualitas.

Menurut Kurniawan dalam Sulistyoko dkk (2019), Adapun tujuan dari perawatan, adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan nilai tambah produk, sehingga perusahaan dapat bersaing dipasar global.



2. Membantu para pengambil keputusan, sehingga dapat memilih solusi optimal terhadap kebijakan perawatan fasilitas industri.
3. Meningkatkan efisiensi sumber daya produksi.
4. Melakukan perencanaan terhadap *preventive maintenance*, sehingga memudahkan dalam proses pengontrolan aktivitas perawatan.
5. Mereduksi biaya perbaikan dan biaya yang timbul dari terhentinya proses karena permasalahan keandalan mesin.
6. Meminimasi *downtime*, yaitu waktu selama proses produksi terhenti (waktu menunggu) yang dapat mengganggu proses.
7. Mengatasi segala permasalahan, yang berkenaan dengan kontinuitas aktivitas produksi.
8. Memperpanjang umur pengoperasian peralatan dan fasilitas industri.
9. Peningkatan profesionalisme personil departemen perawatan industri.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa tujuan utama dari pemeliharaan adalah untuk menjaga kinerja mesin dalam kondisi optimal dan memperpanjang umur pakainya. Hal ini bertujuan untuk mengurangi risiko kegagalan mesin, menjaga fasilitas agar tetap berfungsi dengan baik, serta memperpanjang masa pakai secara ekonomis dan mengurangi biaya pemeliharaan.

### **2.3 Tugas dan Aktivitas Pemeliharaan**

Menurut Pranowo (2019), Semua pekerjaan dalam aktivitas pemeliharaan pada dasarnya dapat dikategorikan ke dalam tugas inti berikut:

#### **1. Inspeksi (*Inspection*)**

Kegiatan utama dalam inspeksi melibatkan pemeriksaan rutin secara berkala sesuai rencana yang telah ditentukan. Semua aset produksi, mulai dari bangunan hingga mesin, harus menjalani pengecekan menyeluruh. Semua aset tersebut harus berfungsi optimal untuk mendukung proses produksi, dan jika terdapat kerusakan, harus segera dilaporkan kepada departemen teknis. Pelaporan merupakan tahap terakhir dari kegiatan inspeksi. Temuan dari inspeksi akan menjadi dasar untuk menetapkan

prioritas utama, termasuk keputusan perbaikan, penggantian komponen, bahkan hingga keputusan pembelian mesin atau peralatan baru.

## 2. Kegiatan Teknik (*Engineering*)

Kegiatan teknis melibatkan berbagai aspek seperti penataan mesin, konfigurasi mesin, perbaikan, penggantian komponen, serta penelitian dan pengembangan peralatan produksi. Bagian ini bertanggung jawab atas semua usaha yang dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan dan mesin dapat bertahan dan meningkatkan kinerjanya. Keputusan pembelian peralatan baru didasarkan pada penelitian tentang kinerja mesin, terutama jika mesin dianggap tidak lagi mampu mencapai target yang diharapkan. Bagian ini juga aktif dalam merancang modifikasi peralatan atau mesin untuk memenuhi kebutuhan produksi.

## 3. Kegiatan Produksi (*Production*)

Fokus utama dari kegiatan pemeliharaan adalah melakukan perbaikan dan reparasi pada peralatan dan mesin. Pemeliharaan benar-benar diimplementasikan dan dievaluasi selama kegiatan produksi. Seluruh tim karyawan berpartisipasi aktif dalam proses ini. Kegiatan dimulai dengan menjaga kebersihan mesin, lingkungan, melakukan perawatan pelumasan, serta memeriksa kesiapan kerja mesin dan faktor keselamatan kerja. Semua langkah ini dijalankan berdasarkan petunjuk dan perintah kerja dari bagian teknik.

## 4. Kegiatan Administrasi (*Clerical Work*)

Aktivitas administratif juga merupakan hal yang signifikan. Komponen administratif memiliki kepentingan tersendiri karena dari kegiatan ini akan terdokumentasi riwayat penggunaan alat dan mesin. Informasi mengenai seberapa lama mesin digunakan, kerusakan yang pernah terjadi, komponen yang telah diganti, dan tindakan yang diambil terhadap mesin dapat terekam melalui kegiatan administrasi. Pencatatan juga mencakup evaluasi apakah kinerja mesin sesuai dengan harapan, dan jika tidak, apakah telah mematuhi Standar Operasional Prosedur (SOP).

## 2.4 Syarat-Syarat Agar Pekerjaan Bagian Pemeliharaan Dapat Lebih Efisien

Menurut Ansori & Mustajib (2014), Jika pemeliharaan dilakukan dengan interval waktu yang terlalu singkat, maka biaya pemeliharaan akan meningkat signifikan, sementara biaya kerusakan menjadi relatif kecil. Di sisi lain, jika pemeliharaan dilakukan pada interval waktu yang terlalu panjang, dapat menyebabkan biaya kerusakan yang tinggi, namun biaya pemeliharaan menjadi minim.

Walaupun kebijakan telah ditentukan, tetapi dalam pelaksanaan kebijaksanaan tersebut, manajer bagian pemeliharaan harus memperhatikan enam prasyarat agar kerjaan bagian pemeliharaan dapat efisien. Menurut Pranowo (2019) Keenam persyaratan tersebut adalah:

1. Harus ada data mengenai mesin dan peralatan yang dimiliki oleh perusahaan.

Dalam hal ini data yang dimaksudkan adalah seluruh data mengenai mesin, nomor, umur dan tahun pembuatan, keadaan dan kondisinya, untuk pembebanan dalam operasi yang direncanakan tiap per jam dan bagaimana operator dalam mengatasi mesin-mesin tersebut.

2. Harus ada *planning* dan *scheduling*.

Dalam hal ini harus disusun perencanaan kegiatan pemeliharaan dalam jangka waktu panjang atau dalam waktu pendek, seperti *preventive maintenance* keadaan yang harus diawasi setiap saat seperti pembersihan mesin, pelumasan, dan perlu juga direncanakan berapa jumlah tenaga pemelihara yang harus ada supaya pemeliharaan dapat berjalan dengan baik tanpa mengganggu proses kerja perusahaan.

3. Harus ada surat perintah kerja yang tertulis.

Surat perintah ini memberitahukan atau menyatakan tentang:

- a. Apa yang harus dikerjakan.
- b. Siapa yang mengerjakan dan bertanggung jawab.
- c. Dimana dikerjakan apakah di dalam pabrik atau di luar pabrik.
- d. Ditentukan berapa tenaga dan bahan alat-alat yang dibutuhkan.

e. Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pekerjaan tersebut dan waktu penyelesaiannya.

4. Harus ada persediaan alat-alat atau *spare parts*.

Proses pelaksanaan kegiatan pemeliharaan ini dibutuhkan adanya *spare parts* dan material ini harus disediakan dan diawasi. Maka manajer bagian pemeliharaan harus selalu berupaya agar *spare parts* tetap ada pada saat dibutuhkan dengan jumlah yang cukup.

5. Harus ada pencatatan (*records*).

Catatan tentang kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dan apa yang perlu untuk kegiatan *maintenance* tersebut. Dengan adanya pencatatan ini maka akan memudahkan dalam melakukan pemeliharaan untuk penggambaran kondisi kendaraan.

6. Harus ada laporan, pengawasan, dan analisis (*reports, control, and analysis*).

Laporan tentang progress yang diadakan, pembetulan yang diadakan dan pengawasan. Kalau pemeliharaan baik, maka ini sebenarnya berkat laporan dan pengawasan yang ada. Dimana kita bisa melihat efisiensi dan penyimpangan yang ada. Di samping itu juga perlu dilakukan penganalisisan tentang kegagalan yang pernah terjadi agar tidak terulang kembali.

## 2.5 RPN (*Risk Number Priority*)

Menurut Al Ghivaris et al., (2015), RPN (*Risk Priority Number*) atau angka prioritas resiko merupakan produk matematis dari keseriusan *effects (severity)*, kemungkinan terjadinya *case* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effects (occurance)*, dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*detection*).

Persamaan RPN (*Risk Priority Number*) ditunjukkan dengan persamaan berikut ini:

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$

RPN (*Risk Priority Number*) adalah hasil dari  $S \times O \times D$  dimana akan terdapat angka RPN (*Risk Priority Number*) yang berlainan pada tiap alat yang telah melalui proses analisa sebab akibat kesalahan, pada alat yang memiliki angka RPN (*Risk Priority Number*) tertinggi tim harus memberikan prioritas pada faktor tersebut untuk melakukan tindakan atau upaya untuk mengurangi angka resiko melalui tindakan perawatan korektif.

Dampak tersebut di rating mulai 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk:

Rating	Criteria of severity effect
1	Tidak ada efek
2	Tidak terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah
3	Tidak terdapat efek dan pekerja menyadari adanya masalah
4	Perubahan fungsi dan banyak pekerja menyadari adanya perubahan
5	Mengurangi kenyamanan fungsi penggunaan
6	Kehilangan kenyamanan fungsi penggunaan
7	Pengurangan fungsi utama
8	Kehilangan fungsi utama
9	Kehilangan fungsi utama dan menimbulkan peringatan
10	Tidak berfungsi sama sekali

**Gambar 2.1 Tabel Penilaian Standar *Severity***

*Sumber: Hasrul (2017)*

*Occurrence* merupakan kemungkinan bahwa penyebab kegagalan akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa produksi produk akhir proses.

Rating	Probability of occurrence
1	Tidak pernah sama sekali
2	Lebih kecil dari 5 per 7200 jam penggunaan
3	5-10 per 7200 jam penggunaan
4	11-15 per 7200 jam penggunaan
5	15-20 per 7200 jam penggunaan
6	21-25 per 7200 jam penggunaan
7	26-30 per 7200 jam penggunaan
8	31-35 per 7200 jam penggunaan
9	36-40 per 7200 jam penggunaan
10	Lebih besar dari 50nper 7200 jam penggunaan

**Gambar 2.2 Tabel Penilaian Standar *Occurance***

*Sumber: Hasrul (2017)*

*Detection* berfungsi untuk upaya pencegahan terhadap proses produksi dan mengurangi tingkat kegagalan pada proses produksi.

Rating	Detection design control
1	Pasti terdeteksi
2	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi
3	Kesempatan yang tinggi untuk terdeteksi
4	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi
5	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi
6	Kesempatan yang rendah untuk terdeteksi
7	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi
8	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk terdeteksi
9	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk terdeteksi
10	Tidak mampu terdeteksi

**Gambar 2.3** Tabel Penilaian Standar *Detection*

Sumber: Hasrul (2017)

## 2.6 Metode *Mean Time Between Failure* (MTBF)

### 2.6.1 Pengertian *Mean Time Between Failure* (MTBF)

MTBF, atau *Mean Time Between Failure* (Torrel & Avelar dalam Setyo, et al, 2013) adalah ukuran dasar dari keandalan sistem. MTBF merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh sistem untuk bekerja tanpa mengalami kegagalan dalam periode tertentu. Waktu rata-rata antar kegagalan (MTBF) adalah waktu rata-rata yang berlalu antara kegagalan perangkat keras yang dapat diperbaiki dan kegagalan berikutnya terjadi. MTBF mengukur ketersediaan dan keandalan, sehingga semakin tinggi jumlah MTBF, semakin andal sistem tersebut. MTBF adalah metrik yang bertujuan untuk membantu pelanggan membuat keputusan yang tepat tentang kapan harus meningkatkan sistem atau melakukan pemeliharaan perangkat keras. Jika, setelah fase pemeliharaan preventif, MTBF membaik, hal ini menunjukkan peningkatan keandalan perangkat keras. Peningkatan MTBF juga menunjukkan efisiensi proses pemeliharaan.

Mean Time Between Failures (MTBF) diukur dalam satuan jam. Keandalan suatu sistem atau produk dapat diukur dari nilai MTBF; semakin tinggi nilai MTBF, semakin tinggi tingkat keandalan. Bagi produsen, nilai MTBF memiliki signifikansi besar dalam pengambilan keputusan, karena nilai ini memberikan informasi

mengenai masa hidup produk. Keputusan ini berdampak pada pemilihan produk yang akan digunakan untuk mendukung kelancaran suatu sistem.

MTBF, yang merupakan singkatan dari Mean Time Between Failures, adalah waktu yang diperlukan antara satu kegagalan dengan kegagalan berikutnya pada suatu sistem atau produk. Secara matematis, nilai MTBF dapat dihitung dengan membagi total waktu operasional tanpa kegagalan dengan jumlah total kegagalan yang terjadi. Persamaan untuk menghitung MTBF adalah:

$$MTBF = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Breakdown Frequency}}$$

Keterangan :

*MTBF* = Mean Time Between Failure

*Total Operation Time* = Total waktu operasional antara kegagalan

*Breakdown Frequency* = Jumlah total kegagalan

### 2.6.2 Langkah-langkah Meningkatkan Mean Time Between Failure (MTBF)

Peningkatan *Mean Time Between Failure* (MTBF) berkontribusi pada peningkatan durasi operasional suatu perangkat. Memantau *Mean Time Between Failure* (MTBF) untuk setiap peralatan, khususnya yang membutuhkan operasi terus-menerus, memberikan kesempatan kepada tim pemeliharaan untuk merencanakan kegiatan pemeliharaan dengan lebih efektif. Beberapa tindakan yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan *Mean Time Between Failure* (MTBF) adalah sebagai berikut:

1. Tahap awal melibatkan kepastian bahwa data yang dikumpulkan sangat akurat. Penggunaan berbagai alat perawatan dapat membantu memastikan keakuratan data yang direkam.
2. Selanjutnya, langkah berikutnya adalah memanfaatkannya untuk melaksanakan pemeliharaan preventif dengan mengumpulkan data secara proaktif.

## 2.7 Metode *Mean Time To Repair* (MTTR)

### 2.7.1 Pengertian *Mean Time To Repair* (MTTR)

Menurut Torrel & Avelar dalam Setyo, et al (2013), *Mean Time To Repair* (MTTR) adalah periode waktu yang diperlukan untuk mengembalikan suatu sistem ke kondisi operasional setelah mengalami kegagalan. Proses ini mencakup waktu untuk mendiagnosa masalah, mendapatkan teknisi, dan melakukan perbaikan pada sistem (*hardware*). Seperti halnya MTBF, MTTR diukur dalam satuan waktu seperti jam. MTTR mencerminkan ketersediaan sistem dan bukan keandalan seperti MTBF. Semakin tinggi nilai MTTR atau semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan sistem, semakin rendah ketersediaannya. Di sisi lain, *Mean Time to Failure* (MTTF) adalah waktu rata-rata antara kegagalan pada perangkat keras yang tidak dapat diperbaiki. MTTF mengukur keandalan sistem yang tidak dapat diperbaiki dan mencerminkan periode di mana sistem diharapkan beroperasi sebelum mengalami kegagalan total.

MTTR merupakan parameter penting yang perlu dipertimbangkan sejak awal perencanaan dan perancangan suatu sistem. Parameter ini sangat berguna dalam mengevaluasi aksesibilitas atau lokasi komponen sistem, seperti meletakkan komponen yang sering mengalami kegagalan di tempat yang mudah diakses untuk penggantian. Di sisi lain, MTTF menjadi metrik krusial untuk mengukur masa pakai perangkat keras yang dapat diganti atau tidak dapat diperbaiki, seperti *keyboard*, baterai, telepon meja, dan sejenisnya.

MTTR juga dapat memberikan panduan dalam menentukan perangkat teknologi mana yang sebaiknya dilengkapi dengan cadangan dan mana yang tidak. Nilai MTTR yang tinggi menjadi indikator bahwa perangkat teknologi tersebut sebaiknya disiapkan sebagai cadangan. Tujuan dari penyediaan cadangan ini adalah untuk memastikan kelancaran operasional perusahaan secepat mungkin setelah terjadi kerusakan. Perhitungan perkiraan nilai MTTR dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$MTTR = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$



Keterangan :

MTTR = *Mean Time To Repair*

*Breakdown Time* = Total waktu yang dihabiskan untuk perbaikan selama periode tertentu.

*Frekuensi Breakdown* = Jumlah perbaikan

### 2.7.2 Langkah-langkah Menurunkan *Mean Time To Repair* (MTTR)

Beberapa langkah untuk mengurangi *Mean Time To Repair* (MTTR) adalah sebagai berikut:

1. Analisis *breakdown* yang terjadi setiap bulan dengan fokus pada area atau proses yang menyebabkan *breakdown* terbesar atau paling sering. Bentuk tim khusus untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah tersebut.
2. Setiap kali terjadi *breakdown*, yang umumnya membutuhkan alat, dll., lakukan analisis terhadap aktivitas ini. Jika dibutuhkan alat yang tidak standar, letakkan alat tersebut di dekat area mesin yang memerlukannya. Standarisasi alat-alat *maintenance* tim juga sangat penting. Alat-alat ini harus selalu dibawa oleh tim *maintenance* ketika mereka pergi ke lapangan untuk menangani masalah. Audit secara berkala terhadap kelengkapan alat-alat ini perlu dilakukan untuk memastikan disiplin dalam perawatan dan penggunaannya.
3. Jika diperlukan penggunaan suku cadang, suku cadang yang akan diambil harus dapat ditemukan dengan cepat, dengan batas waktu maksimal pengambilan adalah 5 menit, yang berarti sistem 5S di gudang logistik perlu diperbaiki.
4. Peran operator sangat penting ketika terjadi *downtime* di lapangan. Operator setidaknya harus dapat mengidentifikasi kegagalan fungsi yang terjadi, dan dapat mengkomunikasikan kebutuhan perawatan, jika diperlukan. Jika operator dapat menangani sendiri (perawatan mandiri), maka alat yang diperlukan oleh operator harus selalu tersedia di dekat mesin. Diperlukan disiplin untuk menjaga agar alat-alat ini tetap dalam kondisi baik dan terawat.

5. Keterampilan dan pengetahuan tim di lantai produksi juga merupakan faktor penting. Ini sering menjadi hambatan jika keterampilan tim *maintenance* tidak sejajar (setidaknya hampir sama).

## 2.8 Ketersediaan (*Availability*)

Definisi ketersediaan Menurut Torrel & Avelar dalam Setyo, et al (2013) adalah probabilitas bahwa perangkat akan melakukan fungsi yang diperlukan tanpa kegagalan dalam kondisi persyaratan untuk jangka waktu tertentu. Sebelum ketersediaan sistem dapat ditentukan, ketersediaan perangkat yang harus dipahami. Penting untuk diingat bahwa setiap perangkat akan memiliki probabilitas kegagalan.

Ada dua faktor utama yang terlibat dalam perhitungan ketersediaan: *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR). MTBF diperoleh dari membagi antara total waktu masa optimal dengan jumlah kerusakan yang terjadi. MTTR adalah waktu rata-rata untuk memperbaiki dan mengembalikan perangkat untuk kembali ke keadaan normal.

Setelah MTBF dan MTTR diketahui, ketersediaan komponen dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Availability = \frac{Total\ Operation\ Time}{Loading\ Time} \times 100\ \%$$

Jika perhitungan menunjukkan bahwa ketersediaan (*Availability*) mesin berstandar adalah 90%, maka jika angka tersebut kurang dari 90%, dapat dianggap bahwa mesin sedang beroperasi di bawah tingkat optimal dan efektif. Oleh karena itu, sebagai tindakan antisipatif terhadap kemungkinan kerusakan mendadak, disarankan untuk melaksanakan Pemeliharaan Preventif secara terjadwal.

Nilai dari *availability* dan *reliability* sangat penting untuk dituntut setinggi mungkin bahkan kalau bisa dapat mencapai nilai sempurna. Suatu layanan yang baik tentu dapat memberikan nilai lebih bagi suatu perusahaan. Layanan dalam hal ini dapat berupa kinerja suatu sistem atau kinerja dari manusia. Kinerja yang baik dari suatu sistem dapat memberikan kelancaran operasional bagi perusahaan

dimana kelancaran tersebut dapat memberikan keuntungan, baik berupa materi maupun kemudahan dalam proses bisnis.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Menurut Randi (2018), Penelitian terdahulu adalah sumber lampau dari hasil penelitian yang diusahakan oleh peneliti untuk membandingkan penelitian yang dilaksanakan. Penelitian Terdahulu merupakan salah satu titik acuan yang penting dalam menjalankan sebuah penelitian karena memainkan peran penting dalam mengembangkan dan mengasah teori yang akan digunakan dalam penelitian tersebut. Informasi dari penelitian terdahulu juga dapat memberikan inspirasi dan panduan yang berguna dalam pelaksanaan penelitian. Selain itu, penelitian sebelumnya juga memberikan landasan untuk membandingkan kekurangan dan kelebihan yang dapat dijadikan bahan untuk pengembangan lebih lanjut. Berikut adalah tabel dari beberapa penelitian terdahulu:

**Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu**

No	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
1	Murwan Widyantoro, Yuri Delano Regent Montororing, Apriyani (2022)	<i>Optimization Machine Maintenance Model With Consider Repair Costs and Number of Repairman at PT. SNP</i>	Untuk mempercepat proses produksi, perusahaan perlu menyesuaikan perkembangan teknologi guna mendukung kinerja perusahaan. Hal ini dilakukan agar perusahaan tidak mengalami masalah dalam proses produksi. Salah satu teknologi yang digunakan dalam perusahaan manufaktur adalah mesin yang dapat menyederhanakan proses produksi sehingga perusahaan dapat mengoptimalkan waktu dan energi. Mesin yang digunakan harus dijamin beroperasi dengan kinerja

Tabel 2.2 Lanjutan Penelitian Terdahulu

			tinggi, sehingga pemeriksaan berkala harus dilakukan. Dalam kegiatan pemeliharaan mesin di PT. SNP, tidak didasarkan pada data kerusakan sebagai referensi, dan dalam implementasinya masih belum diprogram dengan hasil perhitungan rata-rata MTBF ( <i>Mean Time between Failure</i> ) sebesar 30,04 jam dan MTBF sebesar 1,55 jam, dengan ketersediaan 94,82%. Dengan melakukan pemeliharaan preventif, tingkat keandalan mesin dapat ditingkatkan sesuai dengan target yang diinginkan oleh perusahaan. Probabilitas perbaikan mesin oleh teknisi A adalah 0,3427630, B adalah 0,2825311, dan C adalah 0,3660397. Total biaya yang harus dikeluarkan oleh PT. SPN untuk memperbaiki seluruh mesin gambar adalah \$529,9658.
2	Novarika, W., Arfah, M., & Agustian, R. (2023)	Analisis <i>Preventive Maintenance</i> pada Mesin <i>Heater Kernel</i> dengan	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jadwal <i>Preventive Maintenance</i> efektif bagi mesin <i>Heater Kernel</i> dengan menggunakan metode <i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i> dan <i>Mean</i>

Tabel 2.3 Lanjutan Penelitian Terdahulu

		Metode <i>Mean Time Between Failure</i> dan <i>Mean Time To Repair</i>	Time To Repair (MTTR). Hasil analisis menunjukkan MTBF sekitar 18.830 menit, dan MTTR sekitar 257 menit. Dengan menerapkan tindakan preventive maintenance, kinerja mesin meningkat menjadi rata-rata 79,80%, memastikan operasional yang optimal. Temuan ini memberikan pandangan penting untuk meningkatkan efisiensi perawatan preventif pada mesin Heater Kernel.
3	Mohamad Syaripudin, Budiharjo, Diana Ayu Rostikawati (2022)	Usulan Perawatan Mesin Bending 90° Dengan Pendekatan <i>Preventive Maintenance</i> berdasar Metode Keandalan Dan FMEA Di PT. Rinnai Indonesia-Cikupa	Rata-rata <i>Overall Availability</i> (Ao) mesin Bending90° sebesar 88% masih di bawah <i>world class standard</i> ( $\geq 90\%$ ), Komponen <i>critical</i> pada mesin Bending 90° adalah Encoder dengan nilai <i>Risk Priority Number</i> sebesar 252. Hal ini karena tingginya downtimekomponen dominan yaitu Encoder dengan frekuensi kerusakan sebanyak 86 kali dan <i>downtime</i> 415 jam.

**Tabel 2.4 Lanjutan Penelitian Terdahulu**

4	Rima Melati Simanungkalit, Suliawati, Tri Hernawati (2022)	Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) pada <i>Cement Mill Type Tube Mill</i> di PT Cemindo Gemilang Medan	<p>Hasil menunjukkan bahwa Mill Bearing, Mill Diafraghm, Mill Fan, dan Vibrating Sensor termasuk dalam kategori kritis, dengan Mill Bearing memiliki Risiko Prioritas Nilai (RPN) tertinggi. Downtime meningkat seiring dengan peningkatan nilai RPN, mencapai tingkat keandalan yang rendah pada Mei 2022 (<math>4,3 \times 10^{-18}</math>). Penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM) berdasarkan Indeks Inherent Availability menunjukkan kinerja di bawah standar ANSI, terutama pada Mei 2022 (25,44%). Vibrating Sensor menunjukkan nilai keandalan terendah (<math>3,7 \times 10^{-34}</math>) dengan tingkat kegagalan yang tinggi (0,0233 kerusakan/jam).</p> <p>Solusi yang direkomendasikan melibatkan penerapan metode RCM, termasuk Time Directed (T.D) untuk pencegahan langsung, Finding Failure (F.F) untuk deteksi kerusakan tersembunyi, dan Re-Design pada Vibrating Sensor. Rencana perawatan ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi downtime, sebagai perbaikan kinerja Cement Mill.</p>
---	--	---	--

**Tabel 2.5 Lanjutan Penelitian Terdahulu**

5	Arfan Arsyad (2022)	Perencanaan Perawatan Mesin Produksi <i>Roller Mill</i> <i>Unit 1 Tuban</i> Dengan Metode <i>Reliability</i> <i>Centered</i> <i>Maintenance</i> (RCM) Di PT. Semen Indonesia (PERSERO) TBK	Berdasarkan dari hasil penelitian FMEA ( <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> ), dari komponen yang memiliki prioritas komponen mesin kritis atau <i>Risk Priority Number</i> (RPN) sebesar (<300) yaitu : komponen <i>clasifer</i> , komponen <i>grinding roll</i> dan komponen <i>grinding table</i> . Hasil perhitungan jumlah waktu yang diperoleh menggunakan <i>Mean Time Between Failure</i> (MTBF) diperoleh availability sebesar 80%, kemudian <i>Mean Time To Repair</i> (MTTR) diperoleh dengan hasil 3,9 jam, dan hasil dari <i>Mean Time Between Failure</i> (MTBF) didapat sebesar 58,7 jam.
---	------------------------	---	--