

BAB II

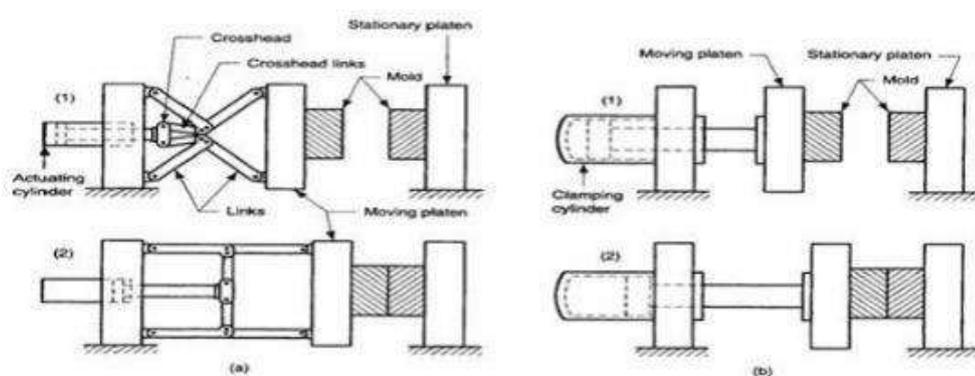
KAJIAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Proses Mesin Injection Molding

Injection molding adalah proses manufaktur termoplastik yang digunakan untuk membentuk atau mencetak bahan plastik menjadi produk. Proses injeksi ini melibatkan melelehkan bahan plastik melalui nozzle mesin ke dalam cetakan (*moulding*), yang kemudian didinginkan dengan air agar bahan plastik mengeras dan dapat dengan mudah dikeluarkan dari cetakan (Pasaribu & Fajrah, 2020).

Mesin *injection molding* terdiri dari beberapa komponen, termasuk *nozzle*, *hopper*, elemen pemanas (*heating elements*), cetakan (*mold*), dan piston. Mesin ini dioperasikan menggunakan sumber daya udara untuk menekan piston atau *pluyer*, serta sumber listrik bolak-balik yang digunakan sebagai sumber energi untuk elemen pemanas (Pasaribu & Fajrah, 2020).



Gambar 2.1 Bagian Utama Mesin *Injection Moulding*.

Cara kerja mesin *injection molding* melibatkan memasukkan bahan baku plastik ke dalam tabung pemanas untuk dilelehkan melalui selang plastik. Setelah mencapai suhu tertentu, plastik yang telah meleleh didorong keluar dari tabung melalui *nozzle* dan diinjeksi ke dalam cetakan. Setelah itu, benda tersebut dibiarkan membeku dan mendingin sebentar di dalam cetakan sebelum dilepas untuk mengeluarkan produk. Berikut adalah contoh gambar mesin Injection Molding yang umum digunakan oleh perusahaan manufaktur.



Gambar 2.2 Mesin *Injection Molding*

2.1.2. Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan adalah strategi yang terencana dan berkelanjutan untuk mengantisipasi perubahan sosial, lingkungan, ekonomi, dan teknologi baru (Widyaningrum & Winati, 2022). Perawatan mesin dan pabrik merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mengembalikan fungsi mesin, pabrik, atau sistem ke kondisi optimal. Sistem perawatan mesin dibagi menjadi perawatan *preventif*, yang dilakukan sebelum komponen mesin mengalami kegagalan, dan perawatan korektif, yang dilakukan setelah terjadi kegagalan. Tujuan perawatan *preventif*

adalah mencegah atau meminimalkan kegagalan, mendeteksi kegagalan, mengidentifikasi ketidaksesuaian, serta meningkatkan kehandalan dan ketersediaan komponen-komponen tersebut. Interval perawatan dijadwalkan untuk menghindari kerusakan (Pohan, Saputra, & Tua, 2023).

2.1.3. Downtime

Downtime merujuk pada waktu di mana aktivitas berhenti atau operasi terganggu karena berbagai faktor (Ramadhan & Nurhidayat, 2022). Waktu henti dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti berikut:

1. Setup mesin, merupakan waktu henti yang terjadi saat mesin diatur.
2. Pemeliharaan preventif, adalah waktu henti yang terjadi saat mesin sedang diperbaiki atau dalam perawatan. Ini tidak dapat dihindari dan sering terjadi seiring bertambahnya usia mesin.
3. Masalah internal, adalah waktu henti yang disebabkan oleh masalah di dalam seperti masalah sumber daya manusia atau suku cadang elektronik.
4. Masalah eksternal, adalah waktu henti yang disebabkan oleh faktor eksternal seperti tidak adanya pesanan, pemadaman listrik, atau kekurangan bahan baku.

2.1.4. RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah pendekatan pemeliharaan yang menggunakan informasi tentang kapabilitas aset untuk mengembangkan strategi pemeliharaan aset yang efektif dan efisien (Syafei & Suhendar, 2022). Tujuan utama dari RCM adalah untuk meningkatkan efisiensi pemeliharaan dengan menerapkan prinsip-prinsip berikut:

1. Memelihara fungsionalitas prosedur.

2. Mengidentifikasi pola atau tren kerusakan.
3. Menetapkan prioritas berdasarkan kebutuhan fungsional dan pola kerusakan.
4. Memilih prosedur pemeliharaan preventif yang efektif dan tepat.

Implementasi RCM melibatkan beberapa tahapan yang umumnya meliputi (Trianbowo, 2023):

1. Membuat struktur hierarkis sistem perangkat dengan mengidentifikasi prosedur dan subsistem berdasarkan fungsi masing-masing.
2. Melakukan analisis penurunan dengan menggambarkan setiap subsistem, aktivitas setiap komponen, mengidentifikasi fungsi, dan mengenali semua gangguan yang mungkin terjadi.
3. Menetapkan titik-titik kritis menggunakan grafik kritis.
4. Menggunakan metode FMEA untuk menilai potensi kerusakan dengan melakukan analisis kualitatif terhadap efek dari mode kegagalan, serta metode untuk mengidentifikasi mode kegagalan.

Rumus untuk FMEA ini adalah:

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

Rumus 2. 1

Dengan:

$S = Severity$

$O = Occurance$

$D = Detection$

Nilai RPN mengindikasikan tingkat potensi kegagalan yang kritis; semakin tinggi nilai RPN, semakin serius masalahnya.

5. *Logic Tree Analysis (LTA)* digunakan untuk mengelompokkan mode kegagalan ke dalam beberapa kategori untuk menentukan strategi pemeliharaan yang sesuai dan efektif.
6. Seleksi tindakan merupakan tahap terakhir dalam proses RCM yang menentukan pilihan optimal untuk menangani keadaan kegagalan.

2.1.5. *Time to Failure (TTF) dan Time to Repair (TTR)*

Distribusi di tentukan dengan menghitung *Time to Failure (TTF)* dan *Time to Repair (TTR)* dengan bantuan data kerusakan mesin yang sudah terjadi sebelumnya. Distribusi *Weibull* digunakan sebagai model yang sering diterapkan dalam industri perawatan (Widyaningrum & Winati, 2022). Rumus berikut digunakan untuk menghitung parameter distribusi *Weibull* untuk TTF dan TTR:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \text{Rumus 2. 2}$$

$$b = \frac{n \sum xiyi - (\sum xi)(\sum yi)}{n \sum xi - (\sum xi)^2} \quad \text{Rumus 2. 3}$$

Perhitungan nilai parameter α dan β adalah sebagai berikut:

$$\alpha = b \quad \text{Rumus 2. 4}$$

$$\beta = e^{-\left(\frac{\alpha}{b}\right)} \quad \text{Rumus 2. 5}$$

Keterangan:

$a = \text{intercept}$

$b = \text{slope}$

$\alpha = \text{parameter bentuk}$

$\beta = \text{parameter skala}$

2.1.6. *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR)

Mean time to Failure (MTTF) adalah nilai rata-rata atau waktu rata-rata sampai terjadinya kerusakan. Sedangkan *Mean time to Repair* (MTTR) adalah waktu rata-rata yang diperlukan untuk memperbaiki komponen yang mengalami kegagalan (*breakdown*) (Wahjudi & Amelia, 2000). Sebelum menghitung MTTF dan MTTR, perlu dilakukan pengujian terhadap waktu kegagalan (TTF) dan waktu perbaikan (TTR) dari setiap komponen (Wisjhnuadji, Kurniawan, & Yahya, 2022). Setelah data ini diperoleh, perhitungan MTTF dan MTTR dapat dilakukan menggunakan rumus:

1. Distribusi Normal

$$\text{MTTF/MTTR} = \mu \quad \text{Rumus 2. 6}$$

2. Distribusi Lognormal

$$\text{MTTF/MTTR} = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \quad \text{Rumus 2. 7}$$

3. Distribusi Weibull

$$\text{MTTF/MTTR} = \theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad \text{Rumus 2. 8}$$

4. Distribusi Eksponensial

$$\text{MTTF/MTTR} = \frac{1}{\lambda} \quad \text{Rumus 2. 9}$$

2.1.7. Waktu *Interval Perawatan*

Lembar kerja informasi dan lembar kerja keputusan dievaluasi untuk menentukan strategi pemeliharaan. Informasi kegagalan sebelumnya menjadi dasar analisis pada lembar kerja informassi. Informasi mengenai fungsi sistem, mode

kegagalan sistem, dan analisis efek mode kegagalan (FMEA) semuanya dimasukkan dalam tabel pada lembar kerja informasi (Nanda & Roni, 2023). Interval waktu yang optimal untuk pemeliharaan kemudian ditentukan berdasarkan hasil analisis strategi pemeliharaan (Setiawannie & Marikena, 2022).

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

Rumus 2. 2

2.2. Penelitian Terdahulu

Peneliti melakukan studi atau tinjauan pustaka untuk menemukan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik yang akan diteliti. Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang dilakukan.s

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

1	Permasalahan	Tingginya angka <i>downtime</i> yang terjadi pada mesin press SEYI SN-110 Ton di PT. Padma Soode Indonesia (Ramadhan & Nurhidayat, 2022).
	Tujuan Penelitian	Untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang sesuai pada sistem terpilih menggunakan metode RCM (Reliability Centered Maintenance), mengidentifikasi komponen yang diprioritaskan (kritis) menggunakan Fuzzy FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), serta memberikan rekomendasi kebijakan dalam bentuk SOP
	Hasil Penelitian	Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan RCM, untuk mengurangi downtime, perawatan mesin harus dilakukan selama 47 hari. Periode 47 hari ini mencakup pembersihan mesin, penggantian komponen yang nilai ekonomisnya sudah rendah, dan evaluasi kemampuan operasi mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen dengan tingkat kritis tinggi adalah bagian dalam mesin, dengan tingkat defuzzifikasi sebesar 155. SOP perawatan mesin tersebut mengikuti jadwal perawatan yang ditentukan oleh <i>Worksheet RCM</i>
2	Permasalahan	Mesin injection molding Accel 130T mengalami kerusakan pada bagian <i>heater nozzle</i> akibat arus

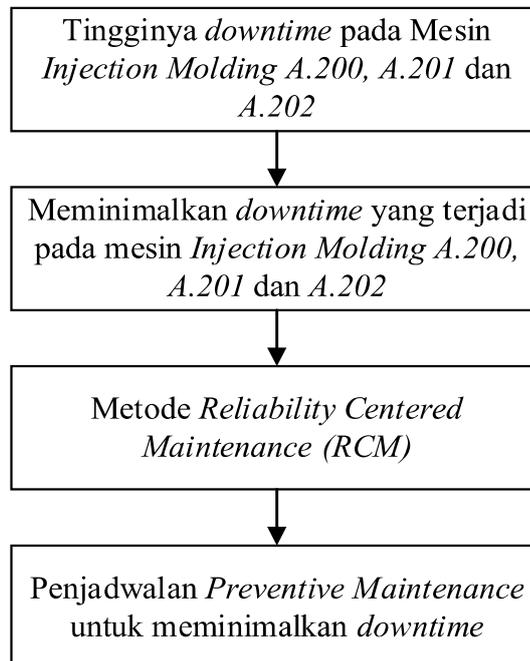
		pendek yang sering terjadi, sehingga mengakibatkan produksi menjadi terganggu akibat harus dilakukan perbaikan bahkan mengakibatkan produk cacat sebesar 10,86% di bulan Desember, Januari 14,14%, dan Februari 18,67% yang mana melebihi ambang toleransi dari perusahaan yakni 2% (Abdul et al., 2023).
	Tujuan Penelitian	Untuk mencegah kerusakan mendadak akibat arus pendek pada mesin injection molding yang digunakan dalam produksi suku cadang otomotif
	Hasil Penelitian	Hasil perhitungan MTBF dalam penelitian ini menunjukkan bahwa mesin akan mengalami kerusakan setiap 72,9 jam atau kurang dari 4 hari. Nilai MTTR yang diperoleh adalah 2 jam, yang berarti bahwa perbaikan kerusakan dapat diselesaikan dalam waktu 2 jam
3	Permasalahan	Proses produksi pada PT KWONG FAI BATAM banyak mengalami <i>downtime</i> yang mengakibatkan proses produksi tidak dapat berjalan dengan lancar (Nababan & Tarigan, 2023).
	Tujuan Penelitian	Untuk menentukan interval penjadwalan perawatan mesin guna meminimalkan <i>downtime</i>
	Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada Serial Mesin 01, Serial Mesin 02, dan Serial Mesin 05, kegiatan maintenance repair dirty mold memiliki frekuensi tertinggi berdasarkan perhitungan Risk Priority Number (RPN). Interval perawatan pada mesin dengan tingkat downtime tertinggi adalah: Serial Mesin No 05 dilakukan Preventive Maintenance setiap 3,24 jam, Serial Mesin No 02 setiap 105,81 jam, dan Serial Mesin No 01 setiap 13,57 jam
4	Permasalahan	Tingginya <i>downtime</i> yang terjadi pada mesin <i>Surface Grinding</i> yang disebabkan oleh tidak kurangnya pelaksanaan <i>Standar Operasional Prosedur</i> (SOP) oleh operator pada bagian <i>maintenance</i> (Syafei & Suhendar, 2022).
	Tujuan Penelitian	Untuk mengurangi angka downtime pada mesin <i>Surface Grinding</i> yang digunakan dalam produksi di PT. NIJU
	Hasil Penelitian	Berdasarkan hasil RPN dari tabel FMEA, komponen sistem pendingin dan roda gerinda adalah prioritas utama karena memiliki nilai kerusakan tertinggi. Tindakan pemeliharaan yang tepat untuk komponen roda gerinda adalah <i>Scheduled Restoration Task</i> dengan interval perawatan setiap 120 hari, sementara

		untuk komponen sistem pendingin adalah Scheduled Restoration Task dengan interval perawatan setiap 180 hari. SOP telah diusulkan untuk aktivitas perawatan ini. Efisiensi perawatan komponen roda gerinda meningkat dari 36,7% menjadi 59,14%, dan efisiensi sistem pendingin meningkat dari 42,3% menjadi 56,07%
5	Permasalahan	Tingginya waktu <i>downtime</i> mesin <i>crane</i> yang menyebabkan terganggunya kelancaran proses produksi baja <i>billet</i> (Nurroif & Retnowati, 2022).
	Tujuan Penelitian	Untuk menentukan interval waktu perawatan dan mengidentifikasi dampak positif dari perawatan terencana
	Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 4 komponen kritis pada mesin Crane Abus yang memerlukan prioritas tindakan perawatan. Interval waktu perawatan untuk masing-masing komponen adalah 44,5 jam untuk motor 3 phase, 13,6 jam untuk komponen brake, 149,16 jam untuk komponen MCB 1 Phase, dan 101,69 jam untuk komponen lainnya. Perawatan terencana ini juga dapat menghasilkan penghematan biaya perawatan hingga $\pm 88\%$
6	Permasalahan	Tingginya <i>downtime</i> pada mesin <i>spindle moulder</i> pada Januari 2019 sampai Desember 2020 hingga mencapai persentase sebesar 51% dan juga mengalami <i>downtime</i> paling lama yaitu sebesar 74,5 jam (Firmansyah & Syuhri, 2022).
	Tujuan Penelitian	Mengurangi <i>downtime</i> dan meningkatkan availabilitas mesin <i>spindle moulder</i> di departemen produksi PT. Romi Violeta
	Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai availabilitas komponen bantalan spindle adalah 99,72%, komponen motor adalah 99,78%, dan komponen sabuk V adalah 99,77%, dengan nilai availabilitas rata-rata sebesar 99,76%. Setelah perawatan pencegahan menggunakan metode RCM, downtime mesin spindle moulder menjadi 43,54 jam, mengalami penurunan downtime sebesar 30,96 jam (41,55%)
7	Permasalahan	Kurangnya manajemen perawatan mesin yang teratur sehingga mengakibatkan kerusakan mesin secara tiba-tiba yang berdampak pada produk yang dihasilkan (Widyaningrum & Winati, 2022).
	Tujuan Penelitian	Untuk mengetahui penyebab kerusakan dan memberikan rekomendasi waktu perawatan mesin berdasarkan data historis kerusakan mesin cutting

	laser, sebagai salah satu mesin utama dalam proses produksi CV Wijaya Workshop
Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen chiller pendingin mesin memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 112 dengan saran waktu perawatan setiap 104 hari, <i>head laser</i> setiap 94 hari, <i>mirror</i> setiap 113 hari, rail head setiap 139 hari, dan tabung CO2 setiap 148 hari. Hasil penelitian ini akan menjadi acuan untuk pembuatan jadwal <i>preventive maintenance</i> bagi perusahaan selama satu tahun berikutnya

2.3. Kerangka pemikiran

Kerangka pemikiran menjelaskan metode untuk menentukan jadwal perawatan mesin dengan tujuan mengurangi *downtime*. Kerangka pemikiran ini dapat ditemukan dalam gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2. 3 Kerangka Pemikiran