

## Analisis Kegagalan Mesin *Filler* di Industri Minuman Botol Menggunakan Metode FMEA dan FTA

Kushisa Atta Jaeba<sup>1\*</sup>, Dwi Kemala Putri<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Industri Agro, Politeknik ATI Padang

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang

Jl. Bungo Pasang, Tabing, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

Email: kushisa.atta@poltekatipdg.ac.id\*, dwikemalaputri@poltekatipdg.ac.id

(Diterima: 24-06-2024; Direvisi: 16-12-2024; Disetujui: 19-12-2024)

### Abstrak

Proses produksi minuman botol yang dilakukan dalam jumlah yang besar memerlukan peralatan dan mesin bekerja secara terus menerus. Seiring penggunaan peralatan dan mesin, maka penurunan kinerja merupakan kondisi yang tidak dapat dihindari, sehingga peralatan dan mesin akan mengalami kerusakan (*Breakdown*). Salah satu mesin yang sering mengalami *breakdown* adalah mesin *Filler*. Untuk mengatasi kondisi tersebut maka dilakukan *maintenance*, akan tetapi *maintenance* yang dilakukan pada mesin *Filler* masih belum optimal dikarenakan *downtime* yang terjadi mencapai 3960 menit/tahun. Agar proses *maintenance* dapat berjalan lebih baik, perlu diketahui faktor utama penyebab kerusakan mesin. Penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi kegagalan dengan *downtime* terbesar, serta menganalisis faktor penyebab kegagalan. Metode yang digunakan yaitu *Failure Effect Metode Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Hasil penelitian diperoleh *Failure mode* dengan RPN terbesar yaitu Putaran *Bowl* berat (RPN=250), as *Lift Cylinder* bengkok (RPN=72), *Holding Belt* lepas (RPN= 64) dan Kebocoran *Filling Valve* (RPN=96). Faktor penyebab kerusakan diakibatkan usia pakai *part* yang tinggi, ketelitian pemasangan *part* kurang baik sehingga menyebabkan terjadinya gangguan hingga kerusakan pada saat proses produksi berlangsung dan pengaturan mesin yang tidak sesuai.

**Kata kunci:** *Maintenance; Fault Tree Analysis; FMEA; Cause-Effect Analysis.*

### Abstract

*The production process of bottled beverages carried out in large quantities requires equipment and machines to work continuously. Along with the use of equipment and machines, a decrease in performance is an unavoidable condition, that equipment will Breakdown. One of the machines that often breakdown is Filler machine. To overcome this condition, maintenance is carried out, but the maintenance carried out on Filler machine still not optimal because the downtime that occurs reaches 3960 minutes / year. In order for the maintenance process to run better, it is necessary to know the main factors causing failure. This study was conducted by identifying failures with the greatest downtime and analyzing the factors causing failure. The methods used are Failure Effect Analysis Method (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA). The results of the study obtained Failure Mode with the largest RPN are Heavy Bowl rotation (RPN = 250), Lift Cylinder Axle Bent (RPN = 72), Loose Holding Belt (RPN = 64) and Filling Valve Leakage (RPN = 96). Factors causing damage occur due to the high service life of the part, poor accuracy in part installation which causes disruptions and damage during the production process, and inappropriate machine settings.*

**Keywords:** *Maintenance; Fault Tree Analysis; FMEA; Cause-Effect Analysis.*

## PENDAHULUAN

Proses produksi yang lancar merupakan target yang perlu dicapai oleh setiap lantai produksi. Proses produksi minuman yang dilakukan dalam jumlah yang besar memerlukan peralatan dan mesin bekerja secara terus menerus. Seiring waktu penggunaan peralatan dan mesin tersebut, maka penurunan kinerja mesin merupakan kondisi yang tidak dapat dihindari, yang pada akhirnya peralatan dan mesin akan mengalami kerusakan (*breakdown*)(Wei et al., 2023). Untuk mengatasi kondisi tersebut maka industri minuman memiliki Divisi *Maintenance* yang memiliki tugas melakukan perbaikan dan perawatan terhadap peralatan dan mesin produksi.

Proses *maintenance* yang dijalankan pada mesin *Filler* masih belum optimal dikarenakan dari standar yang ditetapkan oleh perusahaan maksimal *downtime* 10% dari rata-rata waktu produksi pertahun yaitu 978 menit/tahun, waktu *downtime* yang terjadi mencapai 3960 menit/tahun. Menurut (Peeters et al., 2018) Mesin merupakan aset yang memiliki investasi besar dan digunakan dalam proses utama dilantai produksi, sehingga ketika sistem yang berjalan mengalami kegagalan maka perlu dilakukan koreksi secepat mungkin. Jika memungkinkan dilakukan tindakan *Preventive Maintenance* sebelum kegagalan terjadi yang memerlukan prediksi dari pola kegagalan mesin.

Untuk memahami bagaimana pola *breakdown* mesin dengan lebih baik, maka perlu diketahui faktor utama penyebab kerusakan komponen/*part* mesin. *Planned Maintenance* merupakan kegiatan *maintenance* yang berfokus dalam mengidentifikasi faktor penyebab kerusakan peralatan dan mesin (Borris, 2006)(Sunil Luthra, Dixit Garg & Mangla, 2021). Beberapa metode yang dapat digunakan dalam identifikasi dan analisis kerusakan mesin yaitu *Pareto Analysis*, metode FMEA, FTA dan *Cause-Effect Analysis*.

*Pareto Analysis* merupakan teknik analisis untuk mengetahui permasalahan penting dan fokus pada bagian tersebut, dimana berlaku konsep 80/20, 80% permasalahan yang terjadi diakibatkan oleh 20% faktor penyebab (Sunil Luthra, Dixit Garg & Mangla, 2021). Penggunaa konsep *Pareto* akan mempermudah dalam mengetahui komponen/*part* kerusakan yang menyumbang *downtime* terbesar dalam kegiatan *maintenance* mesin. Setelah komponen/*part* utama diketahui, tahap selanjutnya dapat dilakukan metode FMEA.

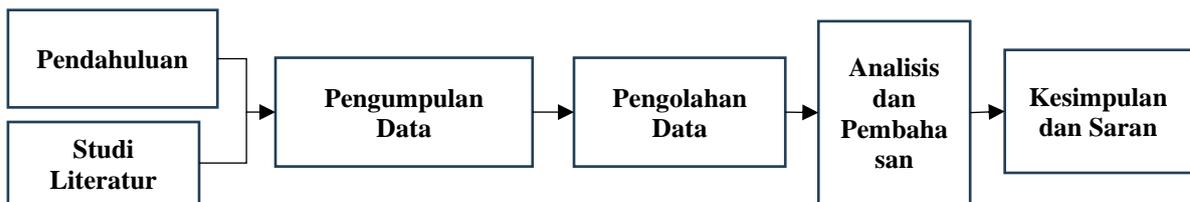
*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode evaluasi proses, sistem atau produk untuk mengidentifikasi kegagalan potensial dan menilai dampak kerusakan terhadap performa sistem untuk mengetahui komponen/*part* kritis (Elsayed, 2021; Kim & Zuo, 2018; Lo et al., 2019; Sunil Luthra, Dixit Garg & Mangla, 2021). Menurut (Karthick. M & Manikandan. V, 2014), FMEA secara luas digunakan sebagai alat peningkatan kualitas yang dapat diaplikasikan pada sistem fisik (kendaraan, pesawat, alat elektronik dll) serta sistem non-fisik seperti proses rantai pasok. Beberapa penelitian sebelumnya menggunakan FMEA untuk mengidentifikasi mode kegagalan mesin diantaranya (Candrianto et al., 2021) untuk mengetahui penyebab kegagalan mesin *Wrapping* pada pabrik yang memproduksi minuman teh hijau dan teh hitam celup dimana hasil penelitian menemukan 4 komponen kritis. Penelitian menggunakan FMEA selanjutnya dilakukan oleh (Waluny & Suhendar, 2023) pada proses produksi bidang retail perhiasan dimana diperoleh 2 mode kegagalan terbesar. Untuk memperoleh analisis yang lebih lengkap terhadap mode kegagalan mesin, metode lain yang dapat digunakan yaitu *Fault Tree Analysis* (Mutlu & Altuntas, 2019).

*Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan diagram logis yang merepresentasikan hubungan antara kejadian kegagalan sistem dan penyebab kejadian, menggunakan gerbang logika untuk memodelkan sistem secara keseluruhan (Ericson, 2005; Elsayed, 2021; Peeters et al., 2018). Metode FTA menggunakan pendekatan *Top-Down* dan banyak digunakan untuk studi keandalan sistem, keamanan dan kerusakan (Bhattacharyya & Chelilyan, 2019).

Penggunaan metode FMEA dan FTA dalam menganalisa mode kerusakan serta analisis *Cause-Effect* akan memberikan gambaran lebih lengkap mengenai faktor penyebab kerusakan suatu mesin. Berdasarkan pemaparan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kegagalan yang memiliki *downtime* terbsesar pada mesin *Filler* di Perusahaan Industri Minuman, serta menganilis faktor penyebab kegagalan mesin *Filler*.

## METODE PENELITIAN

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini berupa studi literatur, wawancara awal, pengumpulan data awal, observasi langsung, pengolahan data dan analisis.



Gambar 1. Alur Penelitian

### Pengumpulan Data

#### 1. Pengumpulan data *maintenance*

Data *maintenance* yang dikumpulkan penelitian ini berupa *downtime* mesin *Filler*, *Work Order Breakdown* mesin *Filler*, *Work Order Corrective Maintenance* mesin *Filler* dan *Weekly Schedule Maintenance* mesin *Filler* dari bagian *Maintenance Engineering* (ME) di Industri Minuman Botol.

#### 2. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan manager *maintenance* dan supervisor *maintenance* sebelum melakukan observasi dan setelah melakukan observasi

#### 3. Observasi

Observasi langsung pada rantai produksi dilakukan setelah diperoleh data awal dan wawancara awal untuk melihat proses operasi mesin sehingga proses analisa pada penelitian dapat dilakukan dengan lebih akurat.

### Pengolahan Data

Pada penelitian ini, tahapan dan metode yang dilakukan dalam pengolahan data dan analisis yaitu:

#### 1. Identifikasi Permasalahan *Breakdown* Mesin *Filler*

Identifikasi permasalahan dilakukan untuk mengetahui komponen dari mesin *Filler* yang memiliki frekuensi *breakdown* dan *downtime* terbesar, beserta *breakdown* yang terjadi pada komponen. Identifikasi dilakukan dengan menggunakan metode Diagram Pareto.

#### 2. Penilaian *Breakdown* Mesin *Filler*

Penilaian *breakdown* dilakukan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengetahui *breakdown* yang memiliki *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dengan kriteria mengacu pada indikator FMEA di (Stapelberg, 2009).

#### 3. Identifikasi Penyebab *Breakdown* Mesin *Filler*

Identifikasi dilakukan dengan menggunakan *Fault Tree Analysis*. FTA digunakan karena kegagalan dapat berupa suatu kejadian tunggal atau kombinasi dari beberapa kejadian yang pada akhirnya memicu terjadinya kegagalan.

#### 4. Analisis penyebab kerusakan menggunakan *Cause-Effect*

Analisis menggunakan *Cause-Effect* dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor pendukung yang menyebabkan terjadinya kerusakan.

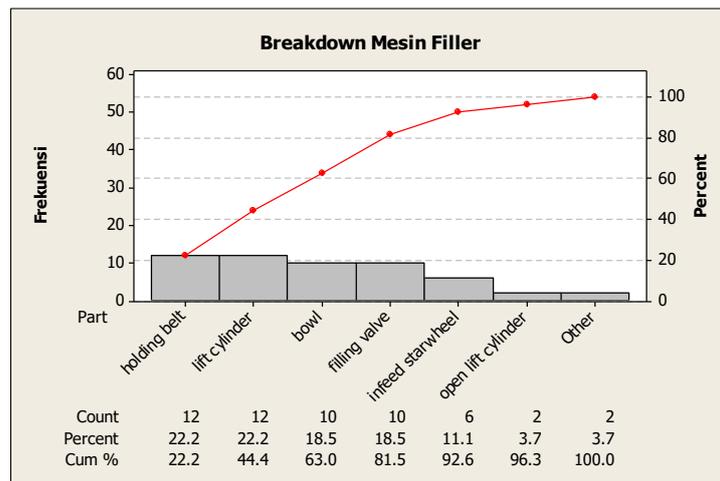
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Identifikasi Permasalahan *Breakdown* Mesin *Filler***

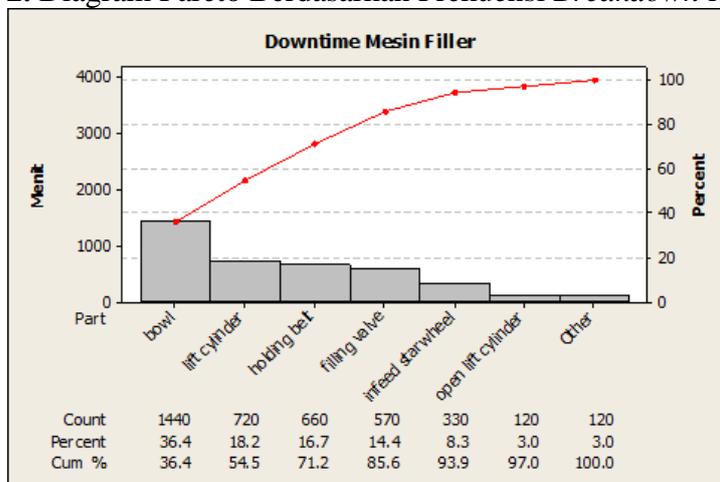
Identifikasi dilakukan dengan melakukan rekapitulasi data *breakdown* untuk mengetahui frekuensi *breakdown* dan *downtime* pada mesin *Filler*.

**Tabel 1.** Rekapitulasi *Breakdown* Mesin *Filler*

<i>Part</i>	Frekuensi kerusakan	<i>Downtime</i> (Menit)	Persentase	Persentase Kumulatif
<i>Bowl</i>	10	1440	36%	36%
<i>Lift Cylinder</i>	12	720	18%	55%
<i>Holding Belt</i>	12	660	17%	71%
<i>Filling Valve</i>	10	570	14%	86%
<i>Infeed Starwheel</i>	6	330	8%	94%
<i>Open Lift Cylinder</i>	2	120	3%	97%
<i>Open Filling Valve</i>	1	60	2%	98%
<i>Infeed Screw</i>	1	60	2%	100%
<b>total</b>	<b>54</b>	<b>3960</b>	<b>100%</b>	



**Gambar 2.** Diagram Pareto Berdasarkan Frekuensi *Breakdown* Mesin *Filler*

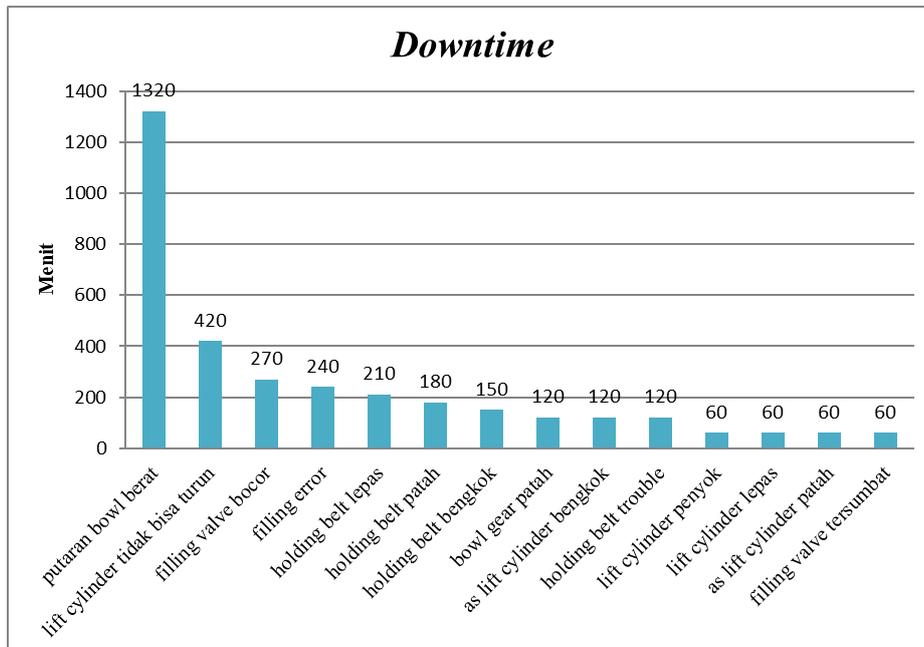


**Gambar 3.** Diagram Pareto Berdasarkan *Downtime* Mesin *Filler*

Berdasarkan identifikasi permasalahan dari frekuensi kejadian pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa *part* yang memiliki frekuensi kerusakan terbanyak yaitu *holding belt* dengan 12x kejadian, *Lift Cylinder* dengan 12x kejadian, *Bowl* dengan 10x kejadian dan *Filling Valve* dengan 10x kejadian. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa 3390 menit (86%) dari total waktu *Breakdown* mesin *Filler* disebabkan oleh kerusakan *Bowl*, *Lift Cylinder*, *Holding Belt* dan *Filling Valve*. Kerusakan yang terjadi pada *part* tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** *Breakdown Part Mesin Filler*

No	<i>Breakdown</i>	Frekuensi	<i>Downtime</i> (Menit)
1	Putaran <i>Bowl</i> Berat	9	1320
2	<i>Lift Cylinder</i> Tidak Bisa Turun	7	420
3	<i>Filling Valve</i> Bocor	5	270
4	<i>Filling Error</i>	4	240
5	<i>Holding Belt</i> Lepas	4	210
6	<i>Holding Belt</i> Patah	3	180
7	<i>Holding Belt</i> Bengkok	3	150
8	<i>Bowl Gear</i> Patah	1	120
9	As <i>Lift Cylinder</i> Bengkok	2	120
10	<i>Holding Belt Trouble</i>	2	120
11	<i>Lift Cylinder</i> Penyok	1	60
12	<i>Lift Cylinder</i> Lepas	1	60
13	As <i>Lift Cylinder</i> Patah	1	60
14	<i>Filling Valve</i> Tersumbat	1	60



**Gambar 4.** *Downtime Mesin Filler*

## 2. Penilaian *Breakdown Mesin Filler*

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk melakukan penilaian *Risk Priority Number* (RPN) terhadap *Breakdown Part*. Perhitungan RPN dilakukan untuk mengurutkan *Breakdown* yang terjadi pada masing mesin dengan memperhatikan kriteria *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*. Penilaian *Severity* dibuat berdasarkan persentase rata-rata *Downtime* terhadap jumlah menit produksi menggunakan acuan dari (Mobley, 2014) dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Kriteria *Severity*

<i>Range Persentase Downtime</i>	<i>Nilai Severity</i>
<10%	1
11-20%	2
21-30%	3
31-40%	4
41-50%	5
51-60%	6
61-70%	7
71-80%	8
81-90%	9
91-100%	10

Penilaian *Detection* dilakukan oleh bagian *Maintenance Engineering* (ME) dengan kriteria berdasarkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Kriteria *Detection*

<b>Ranking</b>	<b>Peluang untuk deteksi</b>	<b>Kriteria</b>	<b>Kemungkinan deteksi</b>
10	Tidak ada peluang deteksi	Tidak ada proses pengendalian, tidak dapat dideteksi atau tidak bisa dianalisa	hampir tidak mungkin
9	Tidak mungkin untuk mendeteksi pada setiap tahap	<i>Failure mode</i> dan/atau penyebab error tidak dapat dideteksi dengan mudah	sangat sedikit
8	Deteksi masalah setelah proses	<i>Failure mode</i> dideteksi setelah proses oleh operator melalui pengecekan	sedikit
7	Deteksi masalah pada sumber	<i>Failure mode</i> dideteksi pada stasiun kerja oleh operator melalui pengecekan atau setelah proses dengan pengukuran atribut	Sangat rendah
6	Deteksi masalah setelah proses	<i>Failure mode</i> dideteksi setelah proses oleh operator melalui pengecekan variabel atau pada stasiun kerja oleh operator melalui pengukuran atribut	Rendah
5	Deteksi masalah pada sumber	<i>Failure mode</i> dideteksi pada stasiun kerja oleh operator melalui pengukuran variabel atau oleh sistem pengendalian otomatis di stasiun kerja yang akan mendeteksi ketidaksesuaian dan menginformasikan operator. Pengukuran dilakukan pada setup dan pengecekan produk pertama	Sedang
4	Deteksi masalah setelah proses	<i>Failure mode</i> dideteksi setelah proses oleh pengendalian otomatis yang akan mendeteksi ketidaksesuaian pada part dan mencegah part untuk melalui proses selanjutnya	Hampir tinggi

**Tabel 5. Kriteria *Detection* (Lanjutan)**

Ranking	Peluang untuk deteksi	Kriteria	Kemungkinan deteksi
3	Deteksi masalah pada sumber	<i>Failure mode</i> dideteksi pada stasiun kerja oleh pengendalian otomatis yang akan mendeteksi part yang tidak sesuai dan otomatis mencegah part untuk proses selanjutnya	Tinggi
2	Deteksi error dan/atau pencegahan masalah	Deteksi error(sebab) distasiun kerja oleh pengendalian otomatis yang akan mendeteksi error dan mencegah part yang tidak sesuai dari dibuat	Sangat tinggi
1	Deteksi tidak dapat diaplikasikan, pencegahan error	Pecegahan error(sebab) diakibatkan rancangan fixture, rancangan mesin atau rancangan part. Produk tidak sesuai tidak dapat dibuat karena telah dibuktikan kegagalan melalui proses/rancangan produk	Hampir pasti

Kriteria *Occurrence Rating Scale* menggunakan acuan dari Stapelberg (2009), nilai *Occurrence* dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 6. Kriteria *Occurrence***

Kejadian	Range <i>Occurrence</i>	Rank
1/1.000.000	0.0001%-0.004%	1
1/20.000	0.005%-0.024%	2
1/4.000	0.025%-0.09%	3
1/1000	0.1%-0.24%	4
1/400	0.25%-1.24%	5
1/80	1.25%-2%	6
1/40	3%-4.9%	7
1/20	5%-12%	8
1/8	13%-49%	9
1/2	50%	10

**Tabel 7. *Severity Rank* Mesin Filler**

No	<i>Breakdown</i>	Frekuensi	<i>Downtime</i> (Menit)	Rata-rata <i>Downtime</i>	Persentase <i>Downtime</i>	<i>Severity Rank</i>
1	Putaran <i>Bowl</i> berat	9	1320	147	31%	4
2	<i>Lift Cylinder</i> tidak bisa turun	7	420	60	13%	2
3	<i>Filling Valve</i> bocor	5	270	54	11%	2
4	<i>Filling Error</i>	4	240	60	13%	2
5	<i> Holding Belt</i> lepas	4	210	53	11%	2
6	<i> Holding Belt</i> patah	3	180	60	13%	2
7	<i> Holding Belt</i> bengkok	3	150	50	10%	1
8	<i> Bowl Gear</i> patah	1	120	120	25%	3
9	<i> As Lift Cylinder</i> bengkok	2	120	60	13%	2
10	<i> Holding Belt trouble</i>	2	120	60	13%	2
11	<i> Lift Cylinder</i> penyok	1	60	60	13%	2
12	<i> Lift Cylinder</i> lepas	1	60	60	13%	2
13	<i> As Lift Cylinder</i> patah	1	60	60	13%	2
14	<i> Filling Valve</i> tersumbat	1	60	60	13%	2

Contoh perhitungan penentuan nilai *Severity* untuk Putaran *Bowl* berat:

$$\begin{aligned} \text{Waktu Produksi} &= 8 \text{ jam} = 480 \text{ menit} \\ \text{Rata-rata Downtime} &= \frac{1320}{9} = 147 \text{ menit} \\ \text{Persentase Downtime} &= \frac{\text{Rata-rata downtime}}{\text{waktu produksi}} \\ &= \frac{147 \text{ menit}}{480 \text{ menit}} \times 100\% = 31\% \end{aligned}$$

Persentase *Downtime* 31% berdasarkan Tabel 6, kriteria *Severity* berada pada rentang 31-40% di nilai *Severity* = 4, sehingga nilai *Severity* untuk Putaran *Bowl* berat yaitu = 4. Perhitungan nilai *Occurrence* pada *Breakdown* mesin *Filler* untuk *Bowl*, *Lift Cylinder*,  *Holding Belt* dan *Filling Valve* dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 8.** Penentuan *Occurrence Rank* Mesin *Filler*

No	<i>Breakdown</i>	Frekuensi	Probabilitas	<i>Occurrence Rank</i>
1	Putaran <i>Bowl</i> Berat	9	17%	9
2	<i>Lift Cylinder</i> Tidak Bisa Turun	7	13%	9
3	<i>Filling Valve</i> Bocor	5	9%	8
4	<i>Filling Error</i>	4	7%	8
5	<i>Holding Belt</i> Lepas	4	7%	8
6	<i>Holding Belt</i> Patah	3	6%	8
7	<i>Holding Belt</i> Bengkok	3	6%	8
8	<i>Bowl Gear</i> Patah	1	2%	6
9	As <i>Lift Cylinder</i> Bengkok	2	4%	7
10	<i>Holding Belt Trouble</i>	2	4%	7
11	<i>Lift Cylinder</i> Penyok	1	2%	6
12	<i>Lift Cylinder</i> Lepas	1	2%	6
13	As <i>Lift Cylinder</i> Patah	1	2%	6
14	<i>Filling Valve</i> Tersumbat	1	2%	6

Contoh perhitungan untuk menentukan nilai *Occurrence*:

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi Putaran } Bowl \text{ berat} &= 9 \\ \text{Total frekuensi } Breakdown \text{ mesin } Filler &= 54 \\ \text{Probabilitas: } &\frac{9}{54} \times 100\% = 17\% \end{aligned}$$

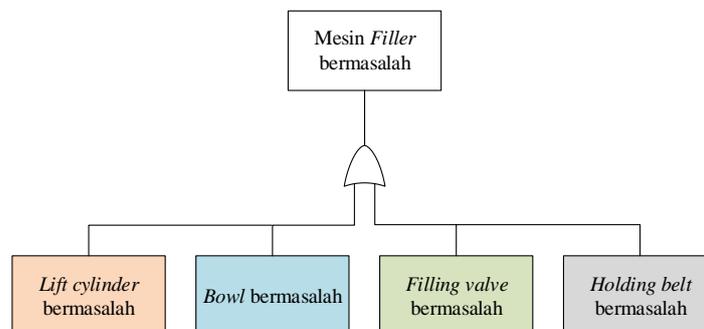
Nilai probabilitas 17% berdasarkan Tabel 7 kriteria *Occurrence* berada pada rentang 13-49% di nilai *Occurrence* = 9, sehingga nilai *Occurrence* untuk Putaran *Bowl* berat yaitu = 9. Untuk nilai *Detection* kerusakan Putaran *Bowl* berat diperoleh nilai 6, nilai ini diperoleh berdasarkan deteksi kerusakan yang dilakukan setelah proses. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk mesin *filler* dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 9.** Rekapitulasi *Risk Priority Number* pada Mesin *Filler*

<i>Part</i>	<i>Fungsi</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
<i>Bowl</i>	Memutar mesin <i>Filler</i>	Putaran mesin berat	Kurang <i>grease</i>	Produksi berhenti	4	9	7	252
		Patah	Putaran mesin berat	Produksi berhenti	3	6	5	90
<i>Lift Cylinder</i>	Mengangkat botol mendekati <i>Filling Valve</i>	Tidak turun	<i>As lift cylinder</i> bengkok	Botol tidak turun	2	9	4	72
		As bengkok	Terbentur dengan botol	Botol tidak turun	2	7	5	70
		Penyok	Terbentur dengan botol	Posisi botol tidak pas dengan <i> Holding Belt</i>	2	6	5	60
		Lepas	Tidak terpasang dengan baik	Tidak dapat mengangkat botol	2	6	5	60
		As patah	Usia pakai tinggi	<i>Lift Cylinder</i> tidak bisa naik	2	6	5	60
<i>Filling Valve</i>	Mengalirkan larutan kedalam botol	Bocor	Pemasangan tidak pas	<i>Foaming</i> pada produk	2	8	6	96
		<i>Error</i>	setingan tidak sesuai	Pengisian kurang dari standar	2	8	4	64
<i>Filling Valve</i>	Mengalirkan larutan kedalam botol	Tersumbat	ada material menyumbat	Pengisian tidak sesuai standar	2	6	5	60
<i> Holding Belt</i>	Menahan botol selama proses pengisian	Lepas	tidak terpasang dengan baik	Botol terjatuh	2	8	4	64
		Patah	usia pakai tinggi	Botol terjatuh	2	8	4	64
		Bengkok	terbentur dengan botol	Pengisian kebotol tidak pas	1	8	5	40
		<i>Trouble</i>	usia pakai tinggi	<i> Holding Belt</i> tidak turun	2	7	6	84

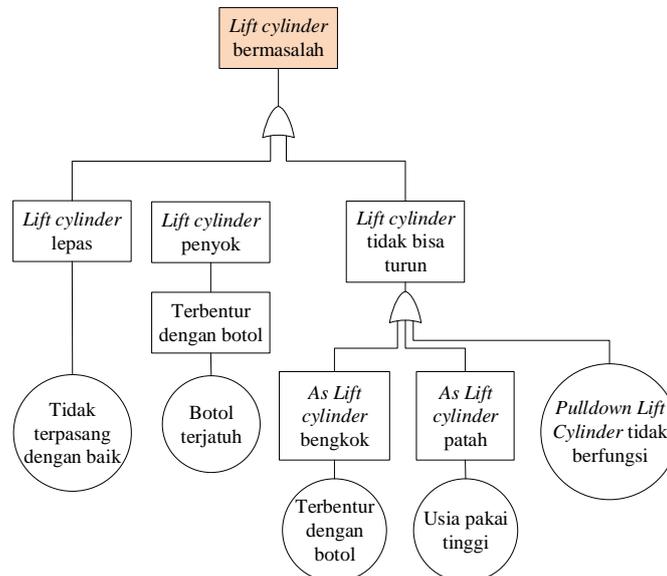
**3. Identifikasi penyebab *breakdown* mesin *Filler***

Identifikasi penyebab kerusakan dilakukan dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Cause-Effect Analysis* terhadap *part* yang memiliki *breakdown* maupun waktu *downtime* terbanyak.



**Gambar 5.** *Fault Tree Analysis* Mesin *Filler*

## Analisis Kerusakan *Lift Cylinder*



**Gambar 6.** *Fault Tree Analysis Lift Cylinder*

Permasalahan yang terjadi pada komponen *lift cylinder* adalah sebagai berikut:

### 1. *Lift Cylinder* tidak bisa turun

*Lift Cylinder* berfungsi untuk mengangkat botol (menggunakan tekanan udara) mendekati *Filling Valve* pada proses pengisian dan akan membawa botol turun setelah proses pengisian penuh untuk diteruskan pada proses penutupan botol. Kerusakan yang sering terjadi yaitu *Lift Cylinder* tidak bisa turun, hal ini disebabkan beberapa kondisi yaitu *As Lift Cylinder* bengkok, patah dan mekanisme *Pulldown Lift Cylinder* tidak berfungsi. Kerusakan bengkoknya *as Lift Cylinder* disebabkan botol yang terjatuh akibat tidak tertahan dengan baik oleh  *Holding Belt*. Botol yang jatuh menghalangi *Lift Cylinder* turun dengan cepat pada saat proses operasi berlangsung. Kerusakan *as lift cylinder* patah diakibatkan usia pakai *Lift Cylinder* yang tinggi dan tekanan udara yang tidak standar.

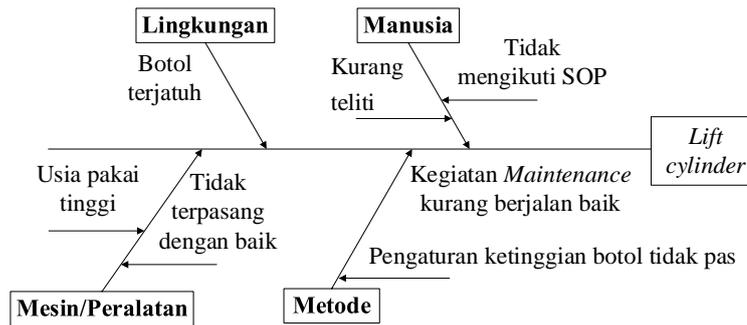
Untuk mengatasi *Lift Cylinder* yang tidak turun, pada mesin *Filler* dipasang mekanisme otomatis menggunakan sensor yang akan menurunkan *Lift Cylinder*, akan tetapi sensor sering tidak berfungsi akibat usia pakai yang tinggi.

### 2. *Lift Cylinder* penyok

Kerusakan penyok sering terjadi karena ada botol yang terjatuh akibat lepas dari  *Holding Belt*, botol tidak berada ditengah serta pengaturan tinggi botol yang tidak sesuai. Kondisi pengaturan tinggi botol yang tidak sesuai diakibatkan penahan pengatur tinggi botol telah rusak dan perbaikan dilakukan oleh operator secara manual dengan membuat tambahan penahan pengaturan botol pada mesin. Faktor lain disebabkan ketidakteelitian operator pada saat pengaturan ketinggian botol antar sesi produksi yang memiliki perbedaan ketinggian botol pada setiap variasi produk.

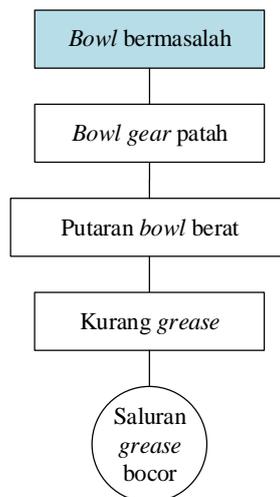
### 3. *Lift Cylinder* lepas

*Lift Cylinder* lepas diakibatkan oleh pemasangan yang tidak baik oleh operator. Kondisi ini perlu diperhatikan operator karena proses *Lift Cylinder* naik menggunakan tekanan udara, sehingga jika tidak terpasang dengan baik maka dapat terlepas.



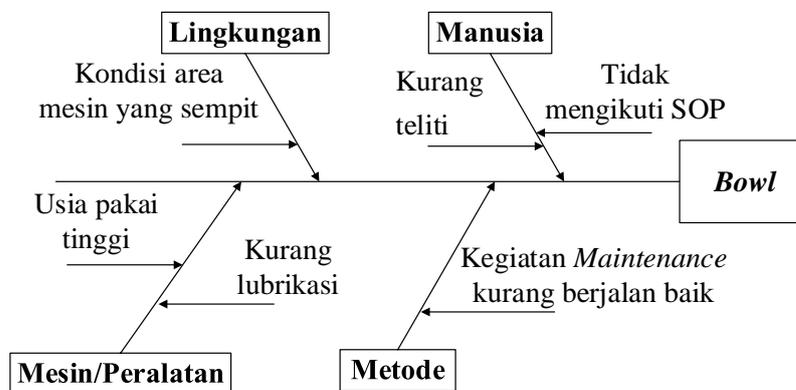
**Gambar 7.** Cause-Effect Diagram Kerusakan Lift Cylinder

**Analisis Kerusakan Bowl pada Mesin Filler**



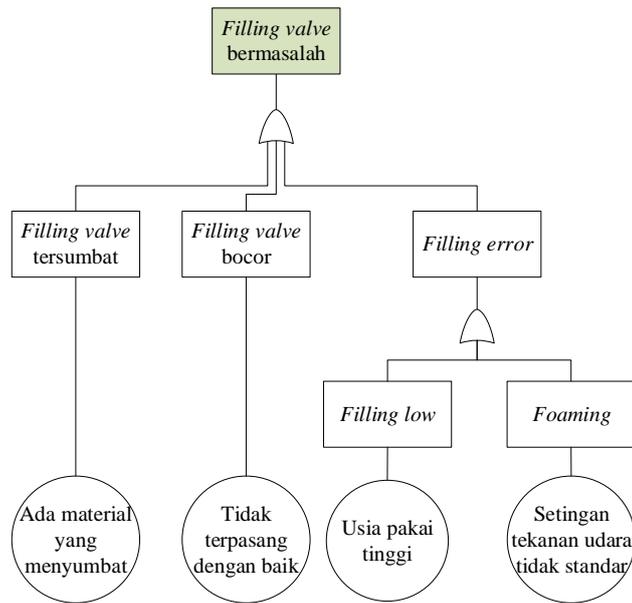
**Gambar 8.** Fault Tree Analysis Bowl

*Bowl* merupakan komponen penggerak putaran mesin *Filler*. Kerusakan *Gear Bowl* patah diakibatkan kurangnya *grease* pada *gear*. Dari 3 selang aliran *grease* yang ada, hanya 1 yang berfungsi dengan baik dan tetap mengalirkan *grease* sedangkan 2 selang lagi mengalami kebocoran. Kondisi ini diakibatkan oleh selang yang bocor terjepit oleh *Gear* yang disebabkan pengatur ketinggian botol lepas dan menyebabkan aliran botol terangkat, menekan selang *grease* ke *Gear*. Perbaikan sulit dilakukan karena sempitnya ruang untuk operator melakukan perbaikan.



**Gambar 9.** Cause-Effect Diagram Kerusakan Bowl

**Fault Tree Analysis Filling Valve**



**Gambar 10. Fault Tree Analysis Filling Valve**

Permasalahan yang terjadi pada komponen *Filling Valve* adalah sebagai berikut:

1. *Filling Valve* bocor

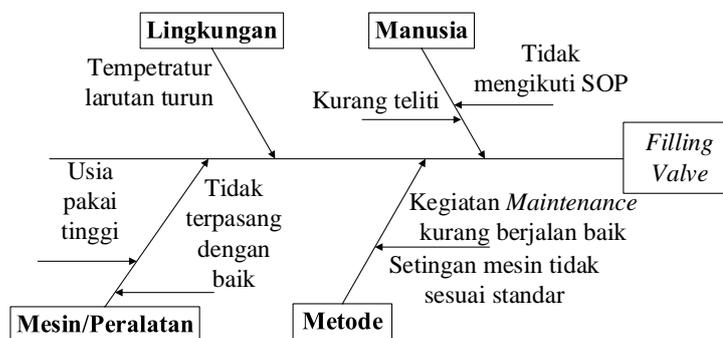
*Filling valve* bocor diakibatkan oleh proses pemasangan *valve* yang tidak erat. Kondisi ini dapat menyebabkan pengisian kurang dari standar serta tumpahnya larutan pada area mesin *Filler*.

2. *Filling Valve* Error

Kondisi *filling valve* dinyatakan *error* diakibatkan oleh tinggi isi botol dibawah standar dan *foaming* pada produk. Kondisi *filling low* diakibatkan usia pakai dari *valve* sudah terlalu tinggi, sedangkan *foaming* pada produk diakibatkan tekanan udara pada saat proses *filling* tidak sesuai standar. Tekanan udara yang terlalu berbeda pada botol dan tangki larutan menyebabkan larutan tidak mengalir dengan lancar.

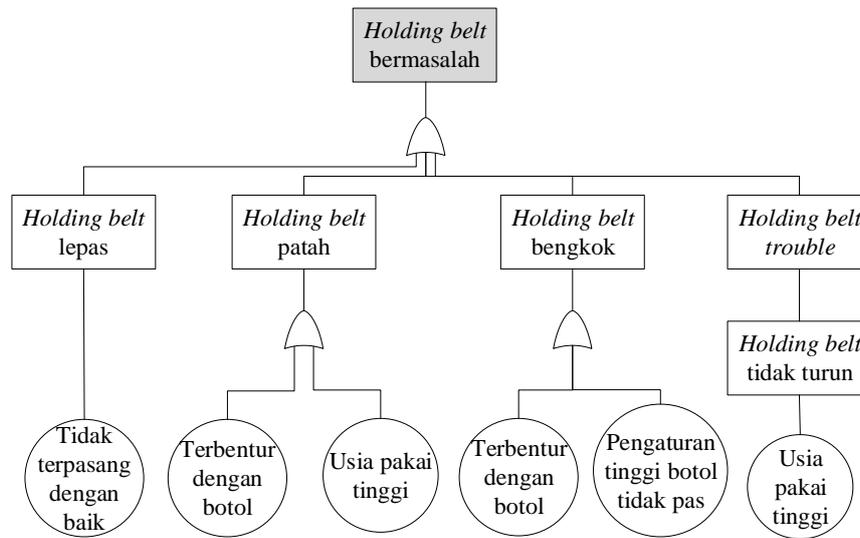
3. *Filling Valve* tersumbat

Tersumbatnya *Filling Valve* diakibatkan adanya material lain yang tidak tersaring pada tahapan pembuatan larutan selain itu proses pengisian larutan dilakukan dalam keadaan panas, akan tetapi ketika proses *filling* terhenti terlalu lama, maka larutan mengalami pendinginan. Jika terlalu lama, serta maka dapat terjadi pengendapan gula di tangki larutan.



**Gambar 11. Cause-Effect Diagram Kerusakan Filling Valve**

**Fault Tree Analysis Holding Belt**



**Gambar 12. Fault Tree Analysis Holding Belt**

Permasalahan yang terjadi pada komponen *holding belt* adalah sebagai berikut:

1. *Holding Belt Trouble*

*Holding Belt* berfungsi untuk menahan botol selama proses pengisian ketika botol dibawa berputar oleh mesin *Filler*. *Holding Belt* dinyatakan bermasalah karena tidak turun pada saat botol terangkat naik oleh *Lift Cylinder*, sehingga dapat menyebabkan botol terjatuh ketika berputar dibawa oleh mesin *Filler*. *Holding Belt* tidak bisa turun diakibatkan usia pakai yang tinggi.

2. *Holding Belt lepas*

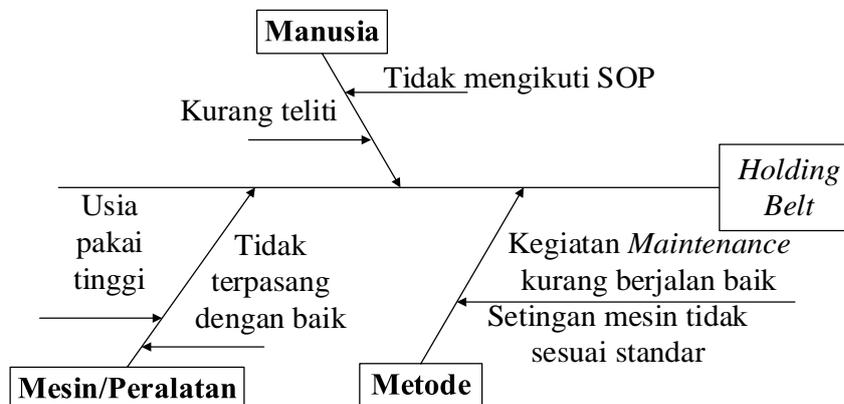
Kondisi ini diakibatkan *Holding Belt* tidak terpasang dengan baik setelah dilakukan perawatan maupun penggantian *Holding Belt*.

3. *Holding Belt bengkok*

*Holding Belt* bengkok diakibatkan dapat disebabkan oleh usia pakai tinggi, terbentur dengan botol dan pengaturan tinggi botol yang tidak sesuai dengan produksi yang dilakukan. Benturan dengan botol diakibatkan karena posisi botol atau *Holding Belt* tidak pas.

4. *Holding Belt patah*

*Holding Belt* patah disebabkan pengaturan ketinggian botol yang tidak sesuai dengan standar tinggi botol yang digunakan pada saat produksi.



**Gambar 13. Cause-Effect Diagram Kerusakan Holding Belt**

## PENUTUP

Berdasarkan hasil pengolahan data, analisis dapat disimpulkan bahwa pada mesin *Filler* terdapat 4 *part* yang memiliki waktu *breakdown* terbesar yaitu *Bowl* (1440 menit), *Lift Cylinder* (720 menit), *Holding Belt* (660 menit) dan *Filling Valve* (570 menit). Nilai RPN *Failure mode* terbesar untuk *part Bowl*, *Lift Cylinder*, *Holding Belt* dan *Filling Valve* adalah Putaran mesin berat (RPN=250), as *Lift Cylinder* bengkok (RPN=72), Kebocoran *Filling Valve* (RPN=96) dan *Holding Belt* lepas (RPN= 64). Faktor penyebab kerusakan diakibatkan usia pakai *part* yang tinggi, ketelitian pemasangan *part* kurang baik sehingga menyebabkan terjadinya gangguan hingga kerusakan pada saat proses produksi berlangsung, pengaturan mesin yang tidak sesuai. Perbaikan kedepannya yang dapat dilakukan yaitu perlunya perencanaan penjadwalan kegiatan pengecekan dan *maintenance* berdasarkan waktu antar kerusakan *part*, meningkatkan pelatihan, pengawasan SOP baik proses operasi dan *maintenance* mesin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharyya, S. K., & Chelihan, A. S. (2019). Optimization of a subsea production system for cost and reliability using its fault tree model. *Reliability Engineering and System Safety*, 185(December 2017), 213–219.
- Borris, S. (2006). *Total Productive Maintenance*.
- Candrianto, C., Sardani, R., Lubis, R. F., & Zakaria, M. (2021). Analisis Penyebab Kegagalan Mesin Wrapping Menggunakan Failure Mode And Effect Analysis di PT. X. *INVENTORY: Industrial Vocational E-Journal On Agroindustry*, 2(1), 33.
- Elsayed, E. A. (2021a). *Reliability Engineering Wiley Series In Systems Engineering And Management* (1st ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Ericson, C. A. (2005). Hazard Analysis Techniques for System Safety. In *Hazard Analysis Techniques for System Safety* (pp. 1–12). John Wiley & Sons, Inc, Publication.
- Karthick. M, & Manikandan. V. (2014). Global Journal of Research in Engineering. *Global Journal of Researches in Engineering*, 14(1), 1–7.
- Kim, K. O., & Zuo, M. J. (2018). General model for the risk priority number in failure mode and effects analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, 169(February 2017), 321–329.
- Lo, H. W., Liou, J. J. H., Huang, C. N., & Chuang, Y. C. (2019). A novel failure mode and effect analysis model for machine tool risk analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, 183(November 2018), 173–183.
- Mobley, R. K. (2014). *Maintenance Engineering Handbook* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mutlu, N. G., & Altuntas, S. (2019). Risk analysis for occupational safety and health in the textile industry: Integration of FMEA, FTA, and BIFPET methods. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 72, 222–240.
- Peeters, J. F. W., Basten, R. J. I., & Tinga, T. (2018). Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner. *Reliability Engineering and System Safety*, 172(October 2017), 36–44.
- Stapelberg. (2009). *Handbook Reliability Availability*.
- Sunil Luthra, Dixit Garg, A. A., & Mangla, and S. K. (2021). *Total Quality Management (TQM) Principles, Methods, and Applications*. Taylor & Francis Group, LLC.
- Waluny, A., & Suhendar, E. (2023). Analisis Risiko Kegagalan Proses Menggunakan FuzzyAHP, FMEA dan Kaizen Method Pada PT. Central Mega Kencana. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 21(1), 9–24.

Wei, S., Nourelfath, M., & Nahas, N. (2023). Analysis of a production line subject to degradation and preventive maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, 230(April 2022), 108906.