

4. ANALISA DATA

4.1. Prinsip kerja mesin Illig *Thermoforming*

Illig *thermoforming* adalah mesin yang digunakan untuk proses pembentukan (*forming*) plastik yang berupa lembaran (*sheet*) atau film dan dibentuk sesuai dengan cetakan (*mould / cavity*) yang diinginkan. Illig *thermoforming* di PT X digunakan untuk proses pembuatan gelas *cup*, dimana bahan yang digunakan berupa lembaran plastik. Pada gambar 4.1 merupakan mesin Illig *Thermoforming* di PT X, pada saat proses produksi gelas *cup*.



Gambar 4.1. Mesin Illig *Thermoforming* 3 Off-Line di PT X

Beberapa proses yang dilakukan untuk membuat gelas *cup* dengan menggunakan mesin Illig *thermoforming* adalah sebagai berikut,

1) Pemanasan

Proses pemanasan dilakukan *heater* untuk bahan yang berupa lembaran plastik dengan temperatur tertentu supaya menjadi fleksibel dan lunak, sehingga mudah dibentuk sesuai dengan cetakan.

2) Pembentukan

Lembaran plastik yang sudah dipanaskan kemudian akan melewati cetakan sesuai dengan *mould cavity* yang ditentukan dan kemudian akan ditekan oleh *plug assist*.

3) Pendinginan

Jika lembaran plastik sudah membentuk sesuai dengan cetakan, maka akan didinginkan supaya plastik sesuai dengan cetakan dan kaku.

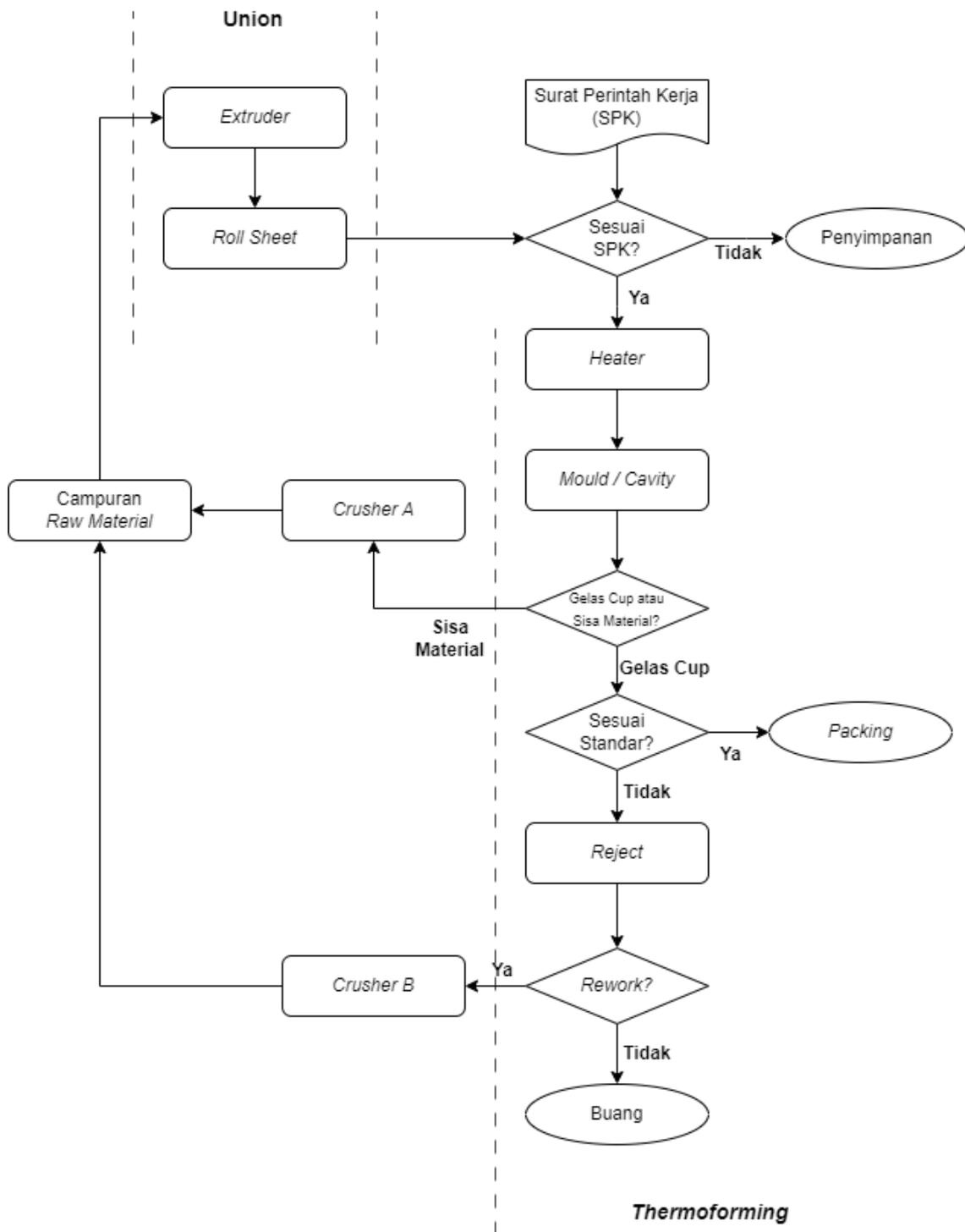
4) Pemotongan

Setelah proses pendinginan plastik maka akan dilakukan pemotongan untuk memisahkan antara gelas plastik dengan sisa hasil potongan.

4.2. Proses Produksi

Mesin Illig *Thermoforming* 3 memproduksi gelas cup yang digunakan untuk kemasan produk minuman. Dari gambar 4.2 dijelaskan alur proses produksi dari mesin Illig *Thermoforming* 3 mulai dari bahan baku hingga sudah jadi gelas cup dan siap di *packing*. Terdapat beberapa tahap yang dilakukan untuk dalam proses produksi mulai dari *raw material* hingga menjadi gelas cup. Terdapat dua mesin yang berperan dalam pembuatan gelas cup *Off-Line*, yaitu *Union* dan *Thermoforming*. *Union* adalah mesin yang digunakan untuk memproduksi dari *raw material* yang berupa biji plastik asli (*virgin*) dan hasil *scrap* dari sisa proses produksi sebelumnya menjadi bahan baku berupa lembaran (*sheet*) plastik dengan ketebalan tertentu, dimana setelah jadi *sheet* akan digulung sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan dari PT. X. Sedangkan mesin *Thermoforming* digunakan untuk memproduksi dari bahan yang berupa lembaran (*sheet*) plastik menjadi gelas cup, sesuai dengan cetakan (*mould*) yang sudah ditentukan sebelumnya, dan dengan spesifikasi tertentu.

Pada penelitian ini akan difokuskan pada mesin *Thermoforming*, yaitu proses pembuatan gelas cup dari lembaran (*sheet*) plastik. Proses produksi untuk pembuatan gelas cup dengan metode *Off-Line* dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Flowchart Proses Produksi Mesin Illig Thermoforming Off-Line

Terdapat dua jenis proses *thermoforming* untuk pembuatan gelas *plastic cup*, yaitu *In-Line* dan *Off-Line*. Perbedaannya terletak pada proses *input* material (*roll sheet*) pada saat produksi, dimana *in-line* berasal dari biji plastik yang kemudian dimasukkan ke dalam mesin *extruder* yang

akan membuat *roll sheet* yang kemudian akan langsung diproses menjadi gelas cup sesuai dengan cetakan (*mould*). Sedangkan untuk proses *Off-Line*, dimana *raw material* akan dibuat menjadi lembaran (*sheet*) plastik dengan *extruder* di mesin *Union* yang kemudian akan digulung dan disimpan sementara, sebelum dilakukan proses *thermoforming* dalam bentuk *roll sheet*. Sebelumnya *roll* plastik dibuat di mesin *union* yang berasal dari material campuran dari biji plastik asli (*virgin*) dan hasil *scrap* dari material sebelumnya. Untuk mesin yang diamati menggunakan jenis proses *thermoforming Off-Line*, sehingga batasan masalah hanya di mesin *illig thermoforming* saja dan tidak membahas mesin *union* yang membuat *roll sheet*.

Bahan baku yang digunakan adalah *sheet* atau lembaran plastik dalam bentuk *roll*. *Roll sheet* plastik kemudian akan ditarik oleh rantai *transport* yang digerakkan oleh motor sehingga akan melewati *heater* yang terletak diatas dan bawah dari *sheet* plastik, yang berfungsi untuk memanaskan *sheet* plastik supaya dapat lebih mudah dibentuk pada saat *forming*. Setelah melewati *heater*, kemudian *sheet* akan dibentuk sesuai dengan cetakan yang berbentuk cup dengan jumlah 24 *cavity* dalam satu siklus dengan adanya tekanan dari *plug assist* untuk mendorong *sheet* supaya sesuai dengan cetakan. Apabila cup sudah sesuai dengan cetakan dan didinginkan, kemudian akan dipotong dengan menggunakan *cutting plug* yang berbentuk bulat dengan jumlah sesuai dengan *cavity*, untuk memisahkan lembaran plastik dengan cup yang sudah dicetak. Apabila cup sudah dipotong maka kemudian akan didorong dengan menggunakan *ejector* menuju *stacking unit* yang berfungsi untuk menata cup sesuai dengan jumlah yang sudah ditentukan sebelumnya. Jika memenuhi standar yang ditentukan dari perusahaan kemudian gelas cup akan di *packing* dan dikirim ke konsumen. Apabila gelas cup tidak memenuhi standar, maka akan menjadi *reject*.

4.2.1. Waktu Operasional Produksi di PT. X

PT. X memiliki waktu operasional produksi tujuh hari dalam seminggu, kecuali terdapat libur nasional atau libur yang sudah dijadwalkan dari PT. X. Dimana dalam satu hari dibagi menjadi tiga *shift*, dengan waktu produksi 8 jam setiap *shift*. Pada tabel 4.1 dijelaskan pembagian waktu operasional di PT. X pada setiap *shift*.

Terdapat beberapa catatan mengenai waktu operasional di PT X, yaitu istirahat operator dilakukan secara bergantian, sehingga mesin berjalan terus *non-stop* di setiap *shift*. Pada saat pergantian *shift*, operator yang akan mengoperasikan pada *shift* berikutnya sudah siap 15 menit sebelum waktu *shift* sebelumnya selesai, supaya mesin tidak berhenti karena pergantian *shift* dan operator. Kelompok operator dibagi ke dalam empat regu, yaitu regu A, B, C, dan D, dimana

dalam satu hari terdapat tiga regu yang masuk dan satu regu akan libur dan jadwal sudah ditentukan sebelumnya dari PT X. Terdapat empat mesin Illig *Thermoforming Off-Line*, dimana setiap *shift* satu operator bertugas untuk mengoperasikan dua mesin Illig *Thermoforming Off-Line*, dengan dibantu oleh satu *helper*.

Tabel 4.1.

Jam Produksi PT X.

Shift	Jam Kerja	Planned Downtime	Remarks
1	07.00 - 15.00	Tidak ada	0 menit
2	15.00 - 23.00	Tidak ada	0 menit
3	23.00 - 07.00	Tidak ada	0 menit

Berdasarkan observasi yang dilakukan di lapangan, pencatatan histori *downtime* atau kerusakan masih dilakukan dengan menggunakan buku dan format seadanya, sehingga bisa membuat rancu jika orang lain membaca dengan minimnya keterangan dan dengan isi yang seadanya. Gambar 4.3. merupakan contoh pencatatan yang dilakukan oleh operator pada saat proses produksi di setiap *shift*. Catatan operator dimuat dalam sebuah buku besar yang berisi mulai dari kiri ke kanan yaitu tanggal, no SPK (Surat Perintah Kerja), no bahan, jumlah produksi, dan kendala atau *downtime* yang terjadi pada saat produksi. Dari pencatatan histori tersebut kemudian akan dikelompokkan menjadi beberapa jenis *losses* yang ada di tabel 4.3, dimana tabel tersebut berisi seperti frekuensi dan total waktu *losses* yang dialami oleh mesin Illig *Thermoforming* 3 dari bulan Agustus 2022 sampai bulan Oktober 2022.

Tabel 4.2 merupakan pengelompokan kategori *downtime* yang diperoleh dari histori yang dicatat manual oleh operator di buku yang kemudian dikumpulkan dan dianalisis lebih lanjut. Pencatatan dilakukan oleh operator pada setiap *shift* apabila terjadi kendala pada saat proses produksi dan hasil produksi seperti jumlah produksi, *reject*, dan lainnya. Terdapat kolom waktu normal, dimana kolom tersebut berisikan keterangan waktu normal terjadinya *downtime*. Hasil tersebut diperoleh berdasarkan wawancara dengan supervisor dari mesin Illig *Thermoforming*.

Tabel 4.2.

Data *Downtime* Mesin Illig *Thermoforming* 3 Agustus 2022 - Oktober 2022

No	Fenomena	Six Big Losses						Frekuensi	Total Waktu Losses		Waktu Normal (Menit)	Keterangan
		Breakdown Losses	Setup and Adjustment Losses	Idling and Minor Stoppages	Speed Losses	Quality Losses	Start-up Losses		Menit	Jam		
1	Gosok <i>plug assist</i>	V	-	-	-	-	-	230	4530	75.50	15	Gosok <i>plug assist</i> dilakukan oleh operator setiap <i>shift</i> sekali, dengan rata-rata membutuhkan 15 menit untuk menggosok 24 <i>plug assist</i>
2	Alarm <i>material feed</i>	-	-	V	-	-	-	32	365	6.08	10	Alarm mengindikasikan pada proses pemasukan bahan baku yang <i>error</i> , karena tidak tersambung. Penanganan <i>material feed</i> rata-rata memiliki <i>downtime</i> sekitar 10 menit
3	<i>Cutting plug</i> tumpul dan macet	V	-	-	-	-	-	7	3685	61.42	270	Cup serabut ada indikasi <i>cutting plug</i> mulai tumpul, saat <i>cutting plug</i> diganti ternyata macet di <i>base mould</i> , sehingga menimbulkan waktu <i>downtime</i> lebih lama
4	Alarm <i>rake swinging</i>	-	-	V	-	-	-	40	200	3.33	5	Alarm akan bunyi ketika adanya indikasi gangguan pada bagian rakel mesin <i>thermoforming</i> , biasanya cup yang tidak tertata rapi akan menyebabkan <i>alarm</i> berbunyi
5	Cup lengket di <i>plug assist</i>	V	-	-	-	-	-	51	1070	17.83	10	Sikat <i>stacking</i> kendor atau aus, membuat cup tidak bisa tertahan di <i>stacking</i> dan kembali ke <i>lower mould</i> , cup akan menempel di <i>plug assist</i>

Tabel 4.2.

Data *Downtime* Mesin Illig *Thermoforming* 3 Agustus 2022 - Oktober 2022 (Lanjutan)

No	Losses	Six Big Losses						Frekuensi	Total Waktu Losses		Waktu Normal (Menit)	Keterangan
		Breakdown Losses	Setup and Adjustment Losses	Idling and Minor Stoppages	Speed Losses	Quality Losses	Start-up Losses		Menit	Jam		
6	Cycle Turun	-	-	-	V	-	-	3	770	12.83	270	Cycle turun biasanya karena coupling aus atau encoder error, penanganan dilakukan tim elektrik
7	Rantai <i>transport</i> panas	V	-	-	-	-	-	5	870	14.50	45	Kurang pelumas pada rantai sehingga terjadi kenaikan suhu dan dapat menyebabkan lembaran plastik leleh jika terkena temperatur yang terlalu tinggi
8	Chiller <i>trouble</i>	V	-	-	-	-	-	3	135	2.25	45	Compressor macet dan menyebabkan pendinginan ke bagian-bagian mesin menjadi tidak optimal
9	Setting sikat <i>stacking</i>	-	V	-	-	-	-	7	580	9.67	30	Setting sikat <i>stacking</i> karena cup karena sikat mulai aus sehingga membuat cup tidak tertata dengan rapi di <i>stacking</i>
10	Downholder kotor	V	-	-	-	-	-	20	200	3.33	15	Downholder kotor karena <i>grease</i> dari motor penggerak <i>plug assist</i>

Tabel 4.2.

Data *Downtime* Mesin Illig *Thermoforming* 3 Agustus 2022 - Oktober 2022 (Lanjutan)

No	Losses	Six Big Losses						Frekuensi	Total Waktu Losses		Waktu Normal (Menit)	Keterangan
		Breakdown Losses	Setup and Adjustment Losses	Idling and Minor Stoppages	Speed Losses	Quality Losses	Start-up Losses		Menit	Jam		
11	Alarm safety stacker	-	-	V	-	-	-	39	225	3.75	10	Alarm safety stacker akan berbunyi jika terdapat masalah terkait keamanan pada saat proses di bagian stacker, karena adanya kesalahan konfigurasi saat setting penggerak stacker
12	Heater error	V	-	-	-	-	-	8	310	5.17	60	Tombol heater tiba-tiba off, tidak stabil, penanganan dari tim elektrik
13	Crusher macet	V	-	-	-	-	-	13	355	5.92	90	Crusher overload menyebabkan scrap tidak bisa diproses dan mesin berhenti sementara waktu
14	Standarisasi plug assist	V	-	-	-	-	-	12	135	2.25	10	Posisi plug assist tidak sesuai dengan settingan awal dan putaran yang tidak sinkron antara plug assist dengan stacker untuk cek settingan konfigurasi
15	Bahan Habis	-	-	V	-	-	-	1	135	2.25	135	Bahan habis diluar karena ada kesalahan dalam perhitungan stok material sheet plastik, terjadi waktu tunggu proses pembuatan sheet plastik dari union

Tabel 4.2.

Data Downtime Mesin Illig Thermoforming 3 Agustus 2022 - Oktober 2022 (Lanjutan)

No	Losses	Six Big Losses						Frekuensi	Total Waktu Losses		Waktu Normal (Menit)	Keterangan
		Breakdown Losses	Setup and Adjustment Losses	Idling and Minor Stoppages	Speed Losses	Quality Losses	Start-up Losses		Menit	Jam		
16	Listrik Drop	V	-	-	-	-	-	1	75	1.25	75	Tegangan listrik turun menyebabkan beberapa bagian elektrik mesin error, dan harus dinyalakan ulang
17	Bahan anjlok	V	-	-	-	-	-	40	800	13.33	20	Baut <i>stopper</i> rusak atau sudah aus, dan poros <i>roller</i> diganjak dengan menggunakan <i>paper core</i> atau alat seadanya sehingga membuat <i>roll sheet</i> miring
18	Tunggu temperatur heater	V	-	-	-	-	-	1	45	0.75	45	Heater yang sebelumnya libur atau tidak produksi menjadi dingin, dan waktu tunggu sampai temperatur stabil sesuai dengan yang ditentukan

Berdasarkan hasil pengelompokan *losses* dari mesin Illig *Thermoforming* 3 yang telah dilakukan yang dapat dilihat di tabel 4.2, terdapat beberapa *losses* terjadi melebihi waktu normal. Dapat dilihat dengan mengalikan jumlah frekuensi dengan waktu normal, terdapat beberapa *losses* yang terjadi melebihi waktu *downtime* normal, yaitu gosok *plug assist*, *alarm material feed*, *cutting plug* tumpul dan macet, cup lengket di *plug assist*, rantai *transport* panas, *setting* sikat *stacking*. *Losses* dari yang sudah didapatkan akan dianalisa seberapa besar berdampak terhadap nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dengan menghitung nilai *availability*, *performance*, dan *quality*, menganalisa dengan menggunakan *six big losses*, mencari akar permasalahan dengan menggunakan *fishbone diagram* dan analisa potensi kegagalan yang terjadi dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

4.2.2. Mesin Illig *Thermoforming* 3

Mesin Illig *Thermoforming* 3 beroperasi selama 24 jam dalam sehari sesuai dengan jadwal produksi yang sudah ditentukan sebelumnya. Pada tabel 4.3. merupakan data produksi dari mesin Illig *Thermoforming* 3 di PT. X yang memproduksi gelas cup dengan rincian *article* 180 ml, 3.45 gr dari bulan Agustus 2022 sampai dengan Oktober 2022.

Tabel 4.3.

Data Produksi Mesin Illig *Thermoforming* 3

Keterangan	UoM	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Total
<i>Loading Time</i>	Menit	33,120	42,720	42,240	118,080
<i>Operating Time</i>	Menit	29,280	38,380	37,630	105,290
<i>Downtime</i>	Menit	3840	4340	4610	12,790
Input	Kg	111,372	158,262	143,669	413,303
Actual output	Kg	50,884.17	73,677.51	70,897.50	195,459
Actual output	Pc	14,749,036	21,355,800	20,550,000	56,654,836
<i>Scrap</i>	Kg	56,556	84,977	78,133	219,666
<i>Reject product</i>	Kg	2,247	2,396	4,001	8,644
<i>Theoretical Cycle time</i>	Cup/ Menit	624	624	624	
<i>Actual cycle time</i>	Cup/ Menit	551	599	553	

Tabel 4.3 merupakan data produksi dari mesin Illig *Thermoforming* 3 di PT X mulai bulan Agustus 2022 sampai Oktober 2022. Dari data yang diperoleh akan dilakukan analisa untuk menghitung nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengetahui seberapa besar tingkat efektivitas dari mesin Illig *Thermoforming* 3 pada saat proses produksi dari bulan Agustus 2022 sampai Oktober 2022, sebagai langkah evaluasi dalam rangka meningkatkan produktivitas mesin tersebut.

4.3. Analisa *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Dari tabel 4.3 didapatkan data produksi dari mesin Illig *Thermoforming* 3 dari bulan Agustus 2022 sampai Oktober 2022. Analisa *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dilakukan berdasarkan tabel 4.3 dengan menghitung menggunakan rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan parameter dari *availability*, *performance* dan *quality*. Sehingga, setelah *availability*, *performance* dan *quality* didapatkan hasilnya, kemudian nilai OEE dapat dihitung.

4.3.1. *Availability*

Berikut ini adalah proses perhitungan untuk menentukan nilai dari *availability* mesin Illig *Thermoforming* 3, dengan menggunakan persamaan 4.1 sebagai berikut. Contoh perhitungan diambil dari data bulan Agustus 2022.

$$Availability = \frac{Loading\ time - Downtime}{Loading\ time} \times 100\% \quad (4.1)$$

$$Availability = \frac{33120 - 3840}{33120} \times 100\%$$

$$Availability = 88.41\%$$

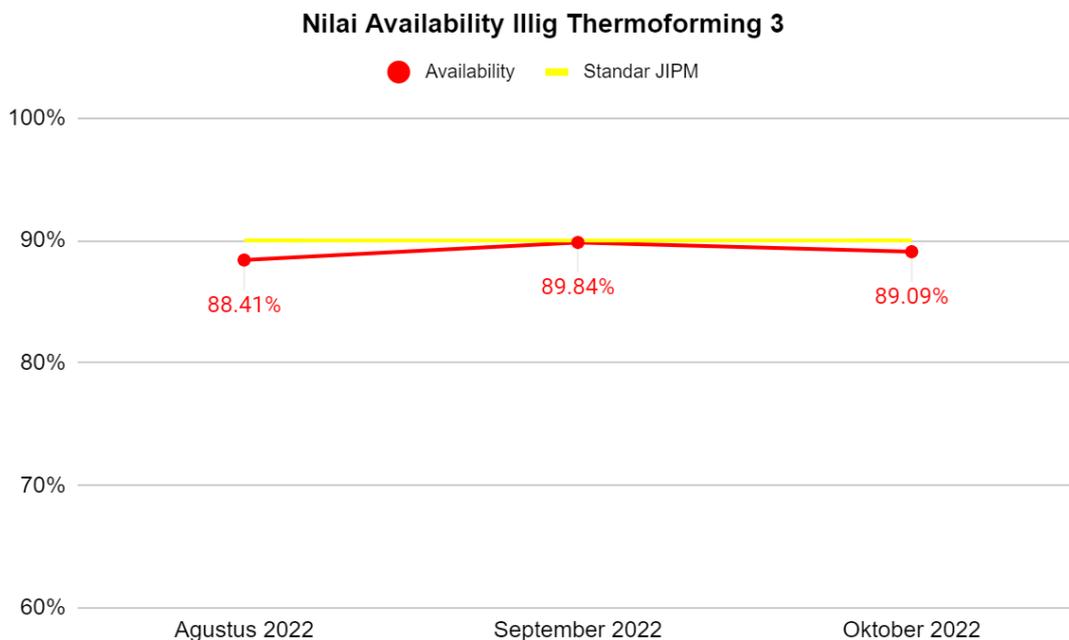
Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan 4.1 untuk menentukan nilai *availability* dari mesin Illig *Thermoforming* 3. Didapatkan pada bulan Agustus 2022 mesin Illig *Thermoforming* 3 memiliki nilai *availability* sebesar 88.41%.

Tabel 4.4.

Perhitungan Nilai *Availability* Mesin Illig *Thermoforming* 3

	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Rata-rata
Loading Time (Menit)	33,120	42,720	42,240	39,360
Downtime (Menit)	3,840	4,340	4,610	4,263
Operating Time (Menit)	29,280	38,380	37,630	35,097
Availability	88.41%	89.84%	89.09%	89.11%

Tabel 4.4 merupakan perhitungan nilai *availability* dari mesin Illig *Thermoforming* 3 dari bulan Agustus 2022 sampai Oktober 2022, dimana jika dilihat masih berada dibawah standar JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) yaitu sebesar 90%. Dari tabel 4.4 dibuat tabel menjadi grafik digambar 4.4 dengan membandingkan nilai standar *availability* dari JIPM dengan nilai aktual mesin Illig *Thermoforming* 3 di PT X. Nilai *availability* tertinggi pada bulan September 2022 sebesar 89.84%, dan jika dilihat memiliki tren yang cenderung naik dari bulan Agustus 2022 sampai Oktober 2022.



Gambar 4.3. Grafik Nilai Availability Mesin Illig *Thermoforming* 3

4.3.2. Performance

Berikut ini adalah proses perhitungan untuk menentukan nilai dari *performance* mesin Illig *Thermoforming* 3, dengan menggunakan persamaan 4.2 sebagai berikut. Contoh perhitungan diambil dari data bulan Agustus 2022.

$$Performance = \frac{Actual\ output}{Ideal\ cycle\ time \times Operating\ time} \times 100\% \quad (4.2)$$

$$Performance = \frac{14749036}{624 \times 29325} \times 100\%$$

$$Performance = 80.72\%$$

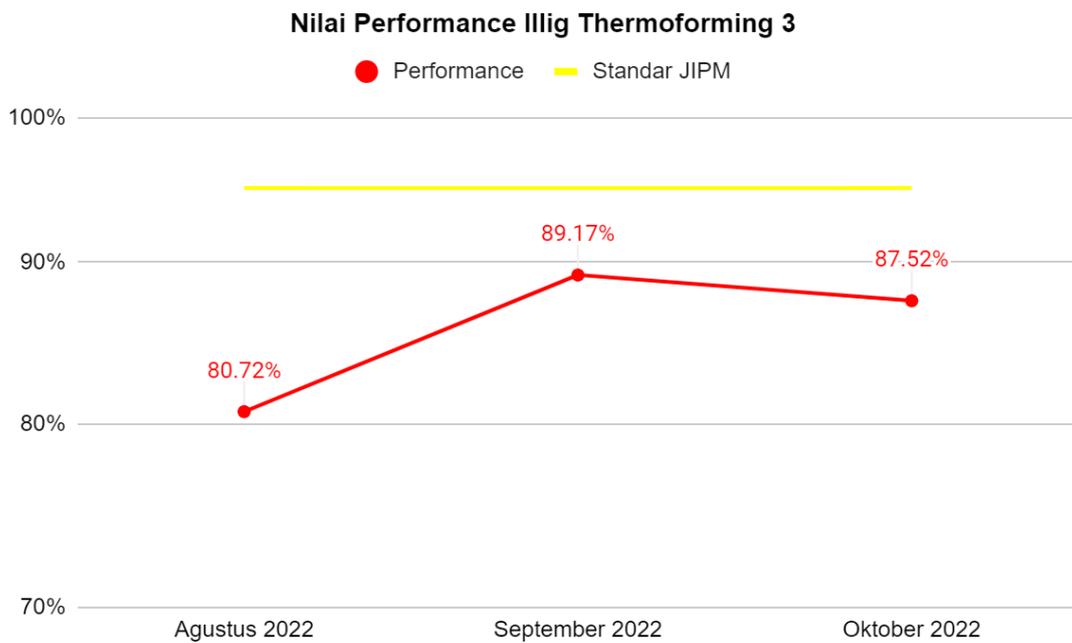
Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan 4.2 untuk menentukan nilai *performance* dari mesin Illig *Thermoforming* 3. Didapatkan pada bulan Agustus 2022 mesin Illig *Thermoforming* 3 memiliki nilai *performance* sebesar 80.72%.

Tabel 4.5.

Perhitungan Nilai *Performance* Mesin Illig *Thermoforming* 3

	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Rata-rata
Operating Time (Menit)	29,280	38,380	37,630	35,112
Theoretical cycle time (Cup/Menit)	624	624	624	624
Actual Output (Cup)	14,749,036	21,355,800	20,550,000	18,884,945
Performance	80.72%	89.17%	87.52%	85.76%

Tabel 4.5 merupakan perhitungan nilai *performance* dari mesin Illig *Thermoforming* 3 dari bulan Agustus 2022 sampai Oktober 2022, dimana jika masih berada dibawah standar dari JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) yaitu sebesar 95%. Dari tabel 4.5 dibuat tabel menjadi grafik digambar 4.5 dengan membandingkan nilai standar *performance* dari JIPM dengan nilai aktual mesin Illig *Thermoforming* 3 di PT X. Nilai *performance* tertinggi pada bulan September 2022 sebesar 89.17%, dan jika dilihat memiliki tren yang cenderung turun dari bulan Agustus 2022 sampai Oktober 2022.



Gambar 4.4. Grafik Nilai *Performance* Mesin Illig *Thermoforming* 3

4.3.3. Quality

Berikut ini adalah proses perhitungan untuk menentukan nilai dari *quality* mesin Illig *Thermoforming* 3, dengan menggunakan persamaan 4.3 sebagai berikut. Contoh perhitungan diambil dari data bulan Agustus 2022 dengan total *actual output* yang dihasilkan 50884 kg dengan *reject* produk sebesar 2247 kg.

$$Quality = \frac{\text{Total number of produced} - \text{defect number}}{\text{Total number of produced}} \times 100\% \quad (4.3)$$

$$Quality = \left[\frac{50884 - 2247}{50884} \right] \times 100\%$$

$$Quality = 95.58\%$$

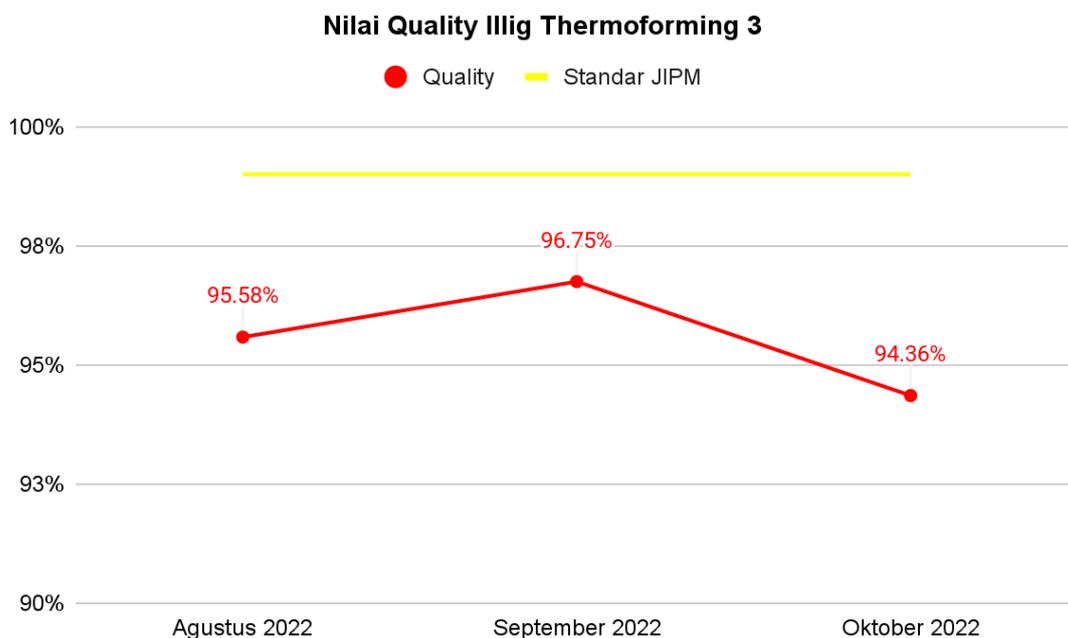
Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan 4.3 untuk menentukan nilai *quality* dari mesin Illig *Thermoforming* 3. Didapatkan pada bulan Agustus 2022 mesin Illig *Thermoforming* 3 memiliki nilai *quality* sebesar 95.58%.

Tabel 4.6.

Perhitungan Nilai *Quality* Mesin Illig *Thermoforming* 3

	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Rata-rata
Actual output (Kg)	50,884	73,678	70,898	65,153
Reject product (Kg)	2,247	2,396	4,001	2,881
Quality	95.58%	96.75%	94.36%	95.56%

Tabel 4.6 merupakan perhitungan nilai *quality* dari mesin Illig *Thermoforming* 3 dari bulan Agustus 2022 sampai Oktober 2022, dimana jika masih berada dibawah standar dari JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) yaitu sebesar 99%. Dari tabel 4.6 dibuat tabel menjadi grafik digambar 4.6 dengan membandingkan nilai standar *quality* dari JIPM dengan nilai aktual mesin Illig *Thermoforming* 3 di PT X. Nilai *quality* tertinggi pada bulan September 2022 sebesar 96.75%, dan jika dilihat memiliki tren yang cenderung turun dari bulan Agustus 2022 sampai Oktober 2022.



Gambar 4.5. Grafik Nilai *Quality* Mesin Illig *Thermoforming* 3

4.3.4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan untuk menentukan nilai dari *availability*, *performance*, dan *quality*, dapat diketahui nilai nilai dari *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dari mesin Illig *Thermoforming* 3. Contoh perhitungan untuk menentukan nilai OEE dengan menggunakan persamaan 4.4. Diambil dari data bulan Agustus 2022.

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \quad (4.4)$$

$$OEE = 88.41\% \times 80.72\% \times 95.58\%$$

$$OEE = 68.21\%$$

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan 4.4 untuk menentukan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dari mesin Illig *Thermoforming* 3. Didapatkan pada bulan Agustus 2022 mesin Illig *Thermoforming* 3 memiliki nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebesar 68.21%. Tabel 4.7 menampilkan nilai dari *availability*, *performance*, *quality* dan OEE dari bulan Agustus 2022 hingga Oktober 2022.

Tabel 4.7.

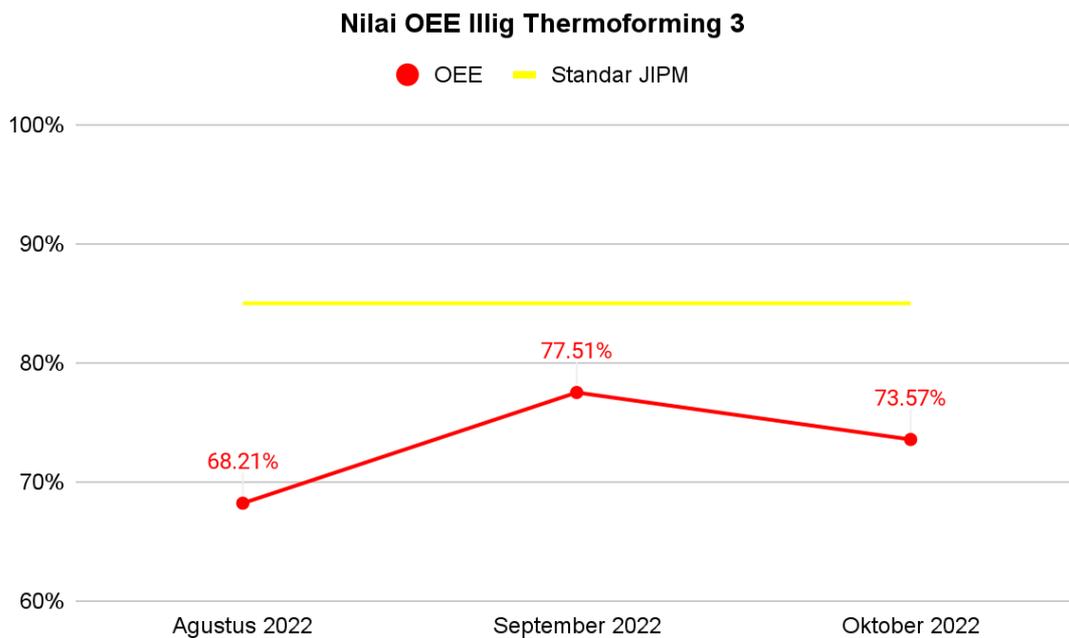
Overall Equipment Effectiveness (OEE) Mesin Illig *Thermoforming* 3

	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Rata-rata
Availability	88.41%	89.84%	89.09%	89.11%
Performance	80.72%	89.17%	87.52%	85.80%
Quality	95.58%	96.75%	94.36%	95.56%
OEE	68.21%	77.51%	73.57%	73.10%

Dari tabel 4.7. Didapatkan bahwa rata-rata nilai *availability* dari bulan Agustus 2022 hingga Oktober 2022 yang diperoleh dari mesin Illig *Thermoforming* 3 adalah sebesar 89.11%. Sedangkan untuk rata-rata nilai *performance* dari bulan Agustus 2022 hingga Oktober 2022 yang

diperoleh dari mesin Illig *Thermoforming* 3 adalah sebesar 85.80%. Nilai *quality* dari bulan Agustus hingga Oktober yang diperoleh dari mesin Illig *Thermoforming* 3 adalah sebesar 95.56%. Sehingga didapatkan untuk rata-rata nilai *Overall Equipment Effectiveness* yang didapatkan dari mesin Illig *Thermoforming* 3 pada bulan Agustus 2022 hingga Oktober 2022 adalah sebesar 73.10%.

Nilai OEE dari tabel 4.7 mulai bulan Agustus 2022 sampai Oktober 2022 yaitu 68.21%, 77.51% dan 73.57%, dengan rata-rata dari tiga bulan sebesar 73.10%. Nilai terendah terjadi di bulan Agustus 2022, dimana faktor penyebab akan dianalisis lebih lanjut, dimana terlihat nilai *availability* (88.41%), *performance* (80.72%), dan *quality* (95.58%) terendah dan masih dibawah standar JIPM.



Gambar 4.6. Grafik Nilai OEE Mesin Illig *Thermoforming* 3

Dari gambar 4.7 merupakan grafik dengan membandingkan standar JIPM dengan nilai aktual dari mesin Illig *Thermoforming* PT X dan dapat dilihat bahwa nilai masih berada dibawah standar internasional menurut JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) yaitu sebesar 85%. Berdasarkan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang masih dibawah standar akan dianalisis *losses* yang menjadi penyebab nilai OEE dibawah standar dengan menggunakan *six big losses*.

4.4. Analisa Six Big Losses

Berdasarkan analisis nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang telah dilakukan dan didapatkan nilainya, perlu adanya analisa terhadap *Six Big Losses* untuk mengetahui rugi (*losses*) terbesar penyebab nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) berada dibawah standar internasional. Terdapat beberapa *losses* yang sudah dicatat dan diperoleh berdasarkan data dari mesin *Illig Thermoforming 3*.

4.4.1. Breakdowns/ Equipment Failure Losses

Breakdown/ equipment failure losses adalah kerugian yang disebabkan oleh adanya kerusakan yang tidak terprediksi pada peralatan atau mesin yang digunakan. Beberapa jenis kerugian yang kerugian dalam kategori ini adalah *cutting plug* tumpul dan macet, rantai *transport* panas, *chiller trouble*, *heater error*, *crusher* macet, standarisasi *plug assist*, listrik drop, bahan anjlok, dan tunggu temperatur *heater*. Untuk menghitung besar persentase *breakdowns/ equipment failure losses* dengan menggunakan persamaan 4.5, dimana *total breakdown* dibagi dengan *loading time*, sehingga akan mempengaruhi nilai *availability* dari mesin *Illig Thermoforming*. Contoh perhitungan yang digunakan menggunakan data pada bulan Agustus 2023 dengan hasil *breakdown losses* sebesar 11.46%.

$$\text{Breakdown Losses} = \frac{\text{Breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (4.5)$$

$$\text{Breakdown Losses} = \frac{3795}{33120} \times 100\%$$

$$\text{Breakdown Losses} = 11.46\%$$

Tabel 4.8.

Data *Breakdown Losses* bulan Agustus 2022 - Oktober 2022

Keterangan	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Total
<i>Loading Time</i> (Menit)	33,120	42,720	42,240	75,840

Tabel 4.8.

Data *Breakdown Losses* bulan Agustus 2022 - Oktober 2022 (Lanjutan)

Keterangan	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Total
<i>Breakdown/ Equipment failure losses</i> (Menit)	3795	4165	4250	12745
<i>Breakdown/ Equipment failure losses</i> (%)	11.46%	9.75%	10.06%	

Dari tabel 4.8 diketahui bahwa hasil perhitungan *breakdown losses* dari bulan Agustus 2022 hingga Oktober 2022 berturut-turut sebesar 11.46%, 9.75% dan 10.06%, dimana *breakdown losses* terbesar terjadi pada bulan Agustus 2022. Jenis kerugian penyebab *breakdown losses* terbesar adalah *cutting plug* tumpul dan macet, rantai *transport* panas, bahan anjlok. Dan apabila dijumlahkan dari bulan Agustus 2022 hingga September 2022, akumulasi *downtime* terbesar disebabkan oleh *cutting plug* tumpul dan macet, rantai *transport* panas dan bahan anjlok.

Tabel 4.9.

Jenis Fenomena Penyusun dari *Breakdown Losses*

No	Fenomena	Frekuensi	Total Waktu Losses (Menit)	Persentase
1	Gosok plug assist	230	4530	37.10%
2	<i>Cutting plug</i> tumpul dan macet	7	3685	30.18%
3	Cup lengket di plug assist	51	1070	8.76%
4	Rantai <i>transport</i> panas	5	870	7.13%
5	Chiller <i>trouble</i>	3	135	1.11%
6	Downholder kotor	20	200	1.64%
7	<i>Heater</i> error	8	310	2.54%
8	<i>Crusher</i> macet	13	355	2.91%
9	Standarisasi <i>plug</i> assist	12	135	1.11%
10	Listrik Drop	1	75	0.61%
11	Bahan anjlok	40	800	6.55%

Tabel 4.9.

Jenis Fenomena Penyusun dari *Breakdown Losses* (Lanjutan)

No	Fenomena	Frekuensi	Total Waktu <i>Losses</i> (Menit)	Persentase
12	Tunggu temperatur <i>heater</i>	1	45	0.37%
Total		161	12210	

Dari tabel 4.9 yang merupakan jenis *losses* penyusun dari nilai *breakdown losses*, dimana data yang diambil berdasarkan tabel 4.2 yang merupakan data kategori *downtime* terdapat 4 dari 9 *losses* penyusun *breakdown losses* yang memiliki *downtime* melebihi waktu normal, yaitu gosok *plug assist*, *cutting plug* tumpul dan macet, *cup* lengket di *plug assist* dan rantai *transport* panas. Dari empat *losses* tersebut akan dijelaskan secara rinci faktor penyebab dari *downtime* melebihi waktu rata-rata normal yang diijinkan di PT X.

Gosok *plug assist* membutuhkan waktu estimasi normal 15 menit yang dilakukan di setiap *shift* berfungsi untuk menghilangkan kerak yang menempel pada permukaan *plug assist*, supaya tidak mempengaruhi perambatan panas yang terjadi di permukaan. Terdapat waktu *downtime* tambahan yang terjadi karena ada beberapa hal, yaitu ketika sudah di gosok, terdapat indikasi dinding *cup* tidak rata, sehingga harus dilakukan pengecekan terhadap permukaan dari *plug assist* apakah masih terlihat rata dan normal, atau sudah aus karena berubah bentuk.

Cutting plug berfungsi untuk memotong lip atau mulut dari *cup*. Jika *cutting plug* mulai tumpul maka *cup* yang dihasilkan akan kasar dan serabut dibagian lip, sehingga menyebabkan *defect*. Pada saat produksi terjadi *downtime* tambahan karena setelah dilakukan penggantian *cutting plug* pada salah satu nomor, ternyata indikasi *defect* kasar atau serabut masih ada, sehingga membuat mesin harus berhenti dan dilakukan pengecekan terhadap *cutting plug* nomor yang sama atau yang lain. Karena pengecekan dari *cutting plug* dilakukan dengan manual terhadap 24 *cutting plug* yang ada di mesin Illig *Thermoforming* 3. Saat hendak mengganti, *cutting plug* macet di *base mould*, sehingga membuat tim teknik harus membongkar *lower mould* untuk mendorong *cutting plug* dari belakang supaya dapat dikeluarkan sehingga membuat waktu *downtime* mesin diatas waktu normal untuk penggantian *cutting plug*. Saat pemasangan *cutting plug*, ternyata terdapat bagian *lower mould* yang sobek sehingga harus membongkar lagi *lower mould* untuk mengganti dan menyebabkan terjadi pertambahan waktu saat membongkar.

Cup lengket di *plug assist* terjadi karena cup yang sudah terbentuk dan terpotong tidak tertahan di *stacking unit*, karena sikat *stacking* yang sudah aus sehingga membuat sikat semakin pendek dan tidak bisa menahan cup selain itu terdapat penyebab yang lainnya yaitu temperatur yang terlalu tinggi pada saat proses sebelum memasuki *mould* yang diberikan kepada material *sheet* meleleh saat *plug assist* memberikan tekanan kepada lembaran plastik, sehingga membuat plastik menempel di *plug assist*. Jika cup tidak bisa tertahan di *stacking* kemudian akan kembali ke *mould* dan pada proses berikutnya akan terjadi *double cup* pada saat produksi, dan mengakibatkan cup menempel pada saat *plug assist* memberikan tekanan kepada lembaran material. Terjadi penambahan waktu *downtime* karena dilakukan pengecekan terhadap sikat *stacking* dan temperatur yang diberikan kepada material, terkadang saat di lapangan operator akan mengecek apakah sudut dari sikat *stacking* sudah benar atau indikasi sudah aus. Setelah pengecekan sikat *stacking* dan dijalankan kembali ternyata masih ada cup yang lengket di *plug assist*.

Rantai *transport* panas terjadi karena kurangnya pelumas yang diberikan kepada rantai sehingga membuat rantai cepat aus dan jika terjadi gesekan maka akan terjadi kenaikan temperatur. Pada saat rantai *transport* panas mesin akan berhenti dan dicek oleh tim teknik, dimana pada saat tersebut mekanik sedang perbaikan di mesin lain dan membuat waktu tunggu, karena jika mesin tetap dijalankan akan menyebabkan material bisa meleleh atau saat diproses hasilnya terdapat *defect*. Rantai *transport* yang panas akan menyebabkan ketidakstabilan temperatur pada lembaran material yang dibawa sebelum dipanaskan di bagian *heater* karena kurangnya pelumas yang diberikan kepada rantai dengan gesekan yang terjadi. Terdapat beberapa penyebab terjadinya penambahan waktu *downtime* karena adanya lembaran plastik yang meleleh saat mulai memasuki bagian *heater* karena temperatur di rantai *transport* panas, sehingga membuat mekanik dan operator harus membersihkan *heater* yang terkena plastik sebelum proses produksi dilanjutkan.

4.4.2. Setup and Adjustments

Setup and adjustments adalah kerugian yang disebabkan karena *setting* yang dilakukan pada mesin saat kondisi sebelum mesin mulai berjalan atau *setup* untuk ganti produk.

$$Set - up Losses = \frac{Set - up time}{Loading time} \times 100\% \quad (4.6)$$

$$\text{Set-up Losses} = \frac{45}{32760} \times 100\%$$

$$\text{Set-up Losses} = 0.14\%$$

Tabel 4.10.

Data *Set-up Losses* bulan Agustus 2022 - Oktober 2022

Keterangan	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Total
<i>Loading Time</i> (Menit)	32,760	42,720	42,240	117,720
<i>Set-up Losses</i> (Menit)	45	175	360	580
<i>Set-up Losses</i> (%)	0.14%	0.41%	0.85%	

Tabel 4.10 merupakan tabel perhitungan *set-up losses* mesin Illig *Thermoforming* 3 pada bulan Agustus 2022 hingga Oktober 2022. Dimana *set-up* yang dilakukan pada mesin Illig *Thermoforming* 3 tidak dilakukan setiap awal *shift*, karena mesin *running* tanpa berhenti dalam kondisi normal pada saat pergantian *shift*. Dan dalam kurun waktu Agustus 2022 sampai Oktober 2022 tidak ada pergantian *article* yang diproduksi dan *setting*, sehingga tidak ada *set-up losses* yang terjadi ketika ganti produk. Jenis fenomena dari *set-up losses* adalah *setting* sikat *stacking* yang dilakukan ketika adanya cup yang rontok atau tidak tertata rapi dibagian *stacking unit*.

Tabel 4.11.

Jenis Fenomena Penyusun dari *Set-up Losses*

No	Fenomena	Frekuensi	Total Waktu Losses (Menit)	Persentase
1	<i>Setting</i> sikat <i>stacking</i>	7	580	100.00%
Total		7	580	

Fungsi dari sikat *stacking* adalah untuk mengatur dan menumpuk cup yang sudah selesai dipotong oleh *cutting plug* dan kemudian didorong oleh *ejector* menuju *stacking unit* yang

kemudian akan di *packing* sesuai dengan jumlah cup yang sudah ditentukan. Dalam satu lubang cup terdapat empat titik sikat *stacking* di setiap pojok. Setting sikat *stacking* dilakukan karena adanya indikasi cup yang sudah selesai dibentuk di *lower mould* dan didorong oleh *ejector* ke *stacking unit* untuk ditumpuk, karena sikat yang aus karena adanya gesekan, sehingga tidak bisa menahan cup, dan membuat kembali ke *lower mould* lagi. Estimasi *downtime* normal untuk melakukan setting sikat *stacking* adalah 30 menit. Terdapat waktu *downtime* tambahan yang terjadi karena ada beberapa hal, sudut *setting* (memiliki sudut putar sekitar 60°) yang dilakukan pada sikat kurang tepat sehingga cup masih belum tertahan di *stacking*, terdapat beberapa sikat yang sudah aus, jadi meskipun di *setting* tetap tidak bisa menahan cup, adanya waktu tunggu untuk mengambil *spare part* (sikat *stacking*) dan adanya waktu tunggu mekanik karena sedang memperbaiki mesin lain.

4.4.3. Idling and Minor Stoppages

Idling and minor stoppages adalah kerugian yang terjadi akibat macet atau sensor mati, menunggu bahan baku atau *spare part* datang dan lainnya yang termasuk penghentian minor. *Idling and minor stoppages* akan mempengaruhi nilai *performance* dari mesin Illig *Thermoforming*. Contoh perhitungan untuk mengetahui nilai *idling minor and stoppages* adalah dengan menggunakan persamaan 4.7 dengan menggunakan data bulan Agustus 2022 sebesar 0.50%.

$$\text{Idling and minor stoppages Losses} = \frac{\text{Non productivity}}{\text{Operating time}} \times 100\% \quad (4.7)$$

$$\text{Idling and minor stoppages Losses} = \frac{155}{29325} \times 100\%$$

$$\text{Idling and minor stoppages Losses} = 0.53\%$$

Tabel 4.12.

Data *Idling and Minor Stoppages* bulan Agustus 2022 - Oktober 2022

Keterangan	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Total
<i>Loading Time</i> (Menit)	33,120	42,720	42,240	118,080
<i>Operating Time</i> (Menit)	29,280	38,380	37,630	105,290
<i>Stoppage Losses</i> (Menit)	155	215	420	790
<i>Stoppage Losses</i> (%)	0.53%	0.56%	1.12%	

Tabel 4.12 merupakan data *idling and minor stoppages* dari bulan Agustus 2022 hingga Oktober 2022. Nilai *idling and minor stoppages* terbesar dalam kurun waktu Agustus 2022 hingga Oktober 2022 adalah pada bulan Oktober 2022, sebesar 1.12%. Faktor terbesar penyebab kerugian jenis *idling and minor stoppages* pada bulan Oktober 2022 adalah *alarm material feed*, *alarm rake swinging*, dan *alarm safety stacker*. Apabila dijumlahkan nilai dari bulan Agustus 2022 hingga Oktober 2022 penyebab *losses* terbesar adalah *alarm material feed* dan *alarm safety stacker*.

Tabel 4.13.

Jenis Fenomena Penyusun dari *Idling and Minor Stoppages*

No	Fenomena	Frekuensi	Total Waktu <i>Losses</i> (Menit)	Persentase
1	<i>Alarm material feed</i>	32	365	46.20%
2	<i>Alarm rake swinging</i>	40	200	25.32%
3	<i>Alarm safety stacker</i>	39	225	28.48%
Total		111	790	

Dari tabel 4.13 yang merupakan jenis *losses* penyusun dari nilai *idling and minor stoppages* data yang diambil berdasarkan tabel 4.2 yang merupakan data kategori *downtime* terdapat 1 dari 3 *losses* penyusun *idling and minor stoppages* yang memiliki *downtime* melebihi waktu normal, yaitu *alarm material feed*. Dari *losses* tersebut akan dijelaskan secara rinci faktor penyebab dari *downtime* melebihi waktu rata-rata normal yang diijinkan di PT X.

Alarm material feed berfungsi untuk menunjukkan adanya masalah terhadap proses pemasukan atau pemakanan dari material, apabila material tidak tersambung maka otomatis alarm akan berbunyi. Waktu penanganan normal untuk kejadian ini adalah selama 10 menit, namun terdapat waktu dimana *downtime* bertambah karena adanya kesalahan sensor dalam mendeteksi karena tingkat sensitivitas yang sudah menurun, sehingga memicu adanya kesalahan dalam mendeteksi material. Sehingga perlu mengganti sensor dengan yang baru secara tiba-tiba, dan adanya waktu tunggu untuk menunggu tim elektrik yang sedang mengerjakan mesin yang lain.

4.4.4. Speed Losses (Reduced speed)

Speed losses merupakan mesin yang kehilangan kecepatannya pada saat produksi, dimana mesin tidak beroperasi pada waktu siklus optimalnya yang disebabkan oleh kesalahan atau akumulasi kesalahan. Contoh perhitungan untuk mengetahui nilai *speed losses* adalah dengan menggunakan persamaan 4.8 dengan menggunakan data bulan Agustus 2022 sebesar 23.16%.

$$\text{Speed Losses} = \frac{\text{Operating time} - (\text{Ideal cycle time} \times \text{actual output})}{\text{Operating time}} \times 100\% \quad (4.8)$$

$$\text{Speed Losses} = \frac{29280 - (0.0016026 \times 14749036)}{29280} \times 100\%$$

$$\text{Speed Losses} = 19.28\%$$

Tabel 4.14.

Data *Speed Losses* bulan Agustus 2022 - Oktober 2022

Keterangan	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Total
<i>Loading Time</i> (Menit)	33,120	42,720	42,240	84,960
<i>Operating Time</i> (Menit)	29,280	38,380	37,630	76,010
<i>Actual output</i> (Cup)	14,749,036	21,355,800	20,550,000	41,905,800
<i>Ideal cycle time</i> (Menit/Cup)	0.0016026	0.0016026	0.0016026	
<i>Speed Losses</i> (%)	19.28%	10.83%	12.48%	

Tabel 4.14 merupakan tabel *speed losses* dari mesin Illig *Thermoforming* 3 pada bulan Agustus 2022 hingga Oktober 2022. *Speed losses* terbesar terjadi di bulan Agustus 2022 dengan nilai sebesar 19.28%.

Tabel 4.15.

Jenis Fenomena Penyusun dari *Speed Losses*

No	Fenomena	Frekuensi	Total Waktu <i>Losses</i> (Menit)	Persentase
1	<i>Cycle Turun</i>	3	770	100.00%
Total		3	770	

Dari tabel 4.15 yang merupakan jenis *losses* penyusun dari nilai *speed losses* data yang diambil berdasarkan tabel 4.2 yang merupakan data kategori *downtime* tidak terdapat fenomena penyusun *speed losses* yang memiliki *downtime* melebihi waktu normal.

4.4.5. Quality Losses

Quality losses merupakan kecacatan atau ketidaksesuaian dengan spesifikasi dari gelas cup yang sudah direncanakan sebelumnya dengan hasil produksi yang dikerjakan oleh mesin Illig *Thermoforming* 3. Contoh untuk menghitung nilai *quality losses* dengan menggunakan data bulan Agustus 2022 dengan hasil sebesar 4.42%.

$$Quality\ Losses = \frac{Defect}{Total\ Production\ (Actual)} \times 100\% \quad (4.9)$$

$$Quality\ Losses = \frac{651304}{14749036} \times 100\%$$

$$Quality\ Losses = 4.42\%$$

Tabel 4.16.

Data *Quality Losses* bulan Agustus 2022 - Oktober 2022

Keterangan	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Total
<i>Loading Time</i> (Menit)	33,120	42,720	42,240	118,080
<i>Actual output</i> (Cup)	14,749,036	21,355,800	20,550,000	56,654,836
<i>Reject</i> (Cup)	651,304	694,493	1,159,710	2,505,507
<i>Ideal cycle time</i> (Menit/Cup)	0.0016026	0.0016026	0.0016026	
<i>Quality Losses</i> (%)	4.42%	3.25%	5.64%	

Dari tabel 4.16 merupakan data *quality losses* pada bulan Agustus 2022 hingga Oktober 2022 yang diperoleh dari data yang ada di PT. X yang kemudian diolah untuk menghasilkan nilai pada tabel tersebut. *Quality losses* terbesar terjadi pada bulan Oktober 2022 dengan nilai sebesar 5.64%. Beberapa jenis *defect* yang terjadi pada gelas cup yaitu lip serabut/ kasar, kempes, melipat, mata ikan, cup kotor dan bergaris. Beberapa jenis penyebab terjadinya *quality losses* adalah *cutting plug* yang mulai tumpul, *downholder* kotor, *heater error*, rantai *transport* panas, dan gosok *plug assist*.

4.4.6. *Start-up Losses*

Start-up losses terjadi karena *defect* selama waktu *start-up* berlangsung, dimana hal ini bisa dihitung dari *setting* sampai mesin berjalan dengan normal. *Start-up losses* akan mempengaruhi hasil dari *quality*. *Start-up losses* dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah *defect* yang terjadi dengan jumlah cup pada saat *setting* atau *losses* berupa waktu. Contoh perhitungan dilakukan dengan menggunakan data pada bulan Agustus 2022, dengan menggunakan persamaan 4.10 dan mendapatkan hasil sebesar 0%.

$$Start - up Losses = \frac{Defect\ when\ start - up}{Total\ Production\ (Actual)} \times 100\% \quad (4.10)$$

$$Start - up Losses = \frac{0}{15140940} \times 100\%$$

$$\text{Start – up Losses} = 0\%$$

Tabel 4.17.

Data *Start-up Losses* bulan Agustus 2022 - Oktober 2022

Keterangan	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022	Total
<i>Loading Time</i> (Menit)	32,760	42,720	42,240	117,720
<i>Actual output</i> (Cup)	14,749,036	21,355,800	20,550,000	56,654,836
<i>Reject setting</i> (Cup)	0	0	0	0
<i>Ideal cycle time</i> (Menit/Cup)	0.0016026	0.0016026	0.0016026	
<i>Start up Losses</i> (%)	0.00%	0.00%	0.00%	

Tabel 4.17 merupakan data *start-up losses* mesin Illig *Thermoforming* 3 bulan Agustus 2022 sampai Oktober 2022. Untuk nilai *start-up losses* mesin Illig *Thermoforming* memiliki nol, karena setiap awal *shift* tidak ada percobaan atau *set-up* yang diperlukan, karena mesin tidak berhenti dan terus-menerus *running* untuk proses produksi. Sehingga nilai terbesar *quality* dipengaruhi oleh *quality losses*.

4.4.7. Perhitungan *Six Big Losses*

Tabel 4.18 merupakan perhitungan *six big losses* dari mesin Illig *Thermoforming* 3 dengan penjelasan lengkap pada sub bab 4.4.1 hingga 4.4.6, dengan *resume* total sebagai berikut. Diketahui bahwa *six big losses* dari bulan Agustus 2022 hingga Oktober 2022 terbesar dipengaruhi oleh *speed losses* dengan persentase nilai sebesar 19.28%, 10.83%, dan 12.48%. Terbesar kedua adalah *breakdown losses* persentase nilai sebesar 11.46%, 9.75%, dan 10.06%. Sedangkan *quality losses* cukup tinggi karena lebih standar kualitas yaitu 2%, dengan nilai berturut-turut 4.42%, 3.25% dan 6.42%.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan untuk mengetahui *losses* dengan menggunakan *six big losses*, maka akan dilakukan analisis lebih lanjut terhadap *downtime* yang memiliki nilai lebih dari waktu normal yang disarankan dari PT X.

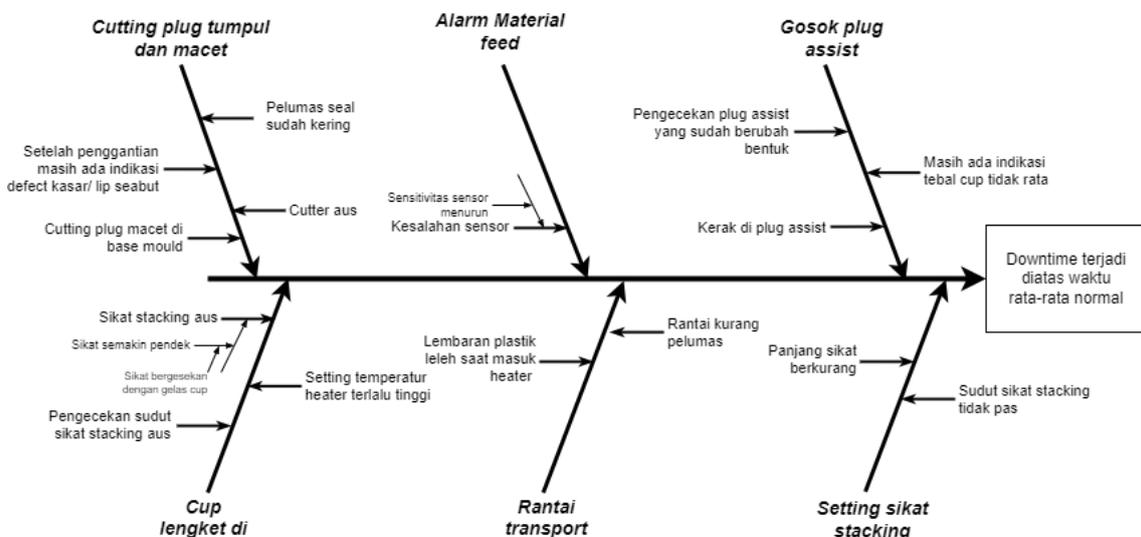
Tabel 4.18.

Perhitungan *Six Big Losses* dari mesin Illig *Thermoforming 3*

<i>Six Big Losses</i>	<i>OEE Matric</i>	Agustus 2022	September 2022	Oktober 2022
<i>Breakdown losses</i>	<i>Availability</i>	11.46%	9.75%	10.06%
<i>Setup and adjustments</i>		0.14%	0.41%	0.85%
<i>Idling and minor stoppages</i>	<i>Performance</i>	0.53%	0.56%	1.12%
<i>Speed losses (Reduced speed)</i>		19.28%	10.83%	12.48%
<i>Quality Losses</i>	<i>Quality</i>	4.42%	3.25%	5.64%
<i>Start up losses</i>		0.00%	0.00%	0.00%

4.5. Analisa *Fishbone Diagram*

Jenis losses yang sudah dilakukan dengan menggunakan metode *six big losses*, kemudian akan dianalisa penyebab *downtime* terjadi diatas rata-rata waktu normal. Akar permasalahan yang terjadi akan dianalisa dengan diagram tulang ikan (*Fishbone Diagram*). Gambar 4.8 merupakan analisa *fishbone diagram* yang dilakukan terhadap fenomena yang terjadi pada mesin Illig *Thermoforming 3*. Dari masing-masing fenomena dilakukan analisis penyebab terjadinya *downtime* diatas waktu rata-rata normal. Berdasarkan diskusi dan proses wawancara dengan *supervisor* mesin Illig *Thermoforming* untuk mendapatkan analisa akar permasalahan yang terjadi pada gambar 4.8.



Gambar 4.7. Analisa *Fishbone Diagram*

Akar permasalahan yang sudah dilakukan analisa dengan menggunakan fishbone diagram, kemudian akan dilakukan analisa potensi kegagalan yang terjadi dari mesin Illig Thermoforming 3 dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), untuk menentukan solusi dari permasalahan yang terjadi.

4.6. Analisa *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi permasalahan yang terjadi pada proses dan produk, dan juga mencegah sebelum terjadi berulang. Langkah berikutnya adalah menganalisis dan mengidentifikasi kegagalan (*failure*) yang terjadi di setiap jenis fenomena memiliki waktu diatas rata-rata yang terjadi di mesin Illig *Thermoforming* 3 dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Berdasarkan hasil diskusi dengan *Supervisor* mesin Illig *Thermoforming* mendapatkan hasil yang terdapat di tabel 4.19. Di tabel 4.19 terdapat *Failure Mode* dan *Failure Effect*, dimana *Failure Mode* merupakan kegagalan yang terjadi dari suatu komponen atau sistem, sedangkan *Failure Effect* merupakan dampak yang terjadi secara langsung akibat kegagalan yang terjadi dari *Failure Mode*. Setiap *losses* dari mesin Illig *Thermoforming* yang didapatkan akan dianalisis untuk mengetahui *failure mode* dan *failure effect*.

Tabel 4.19.

Tabel *Failure Mode and Failure Effect*

No	Fenomena	<i>Six Big Losses</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1	Gosok <i>plug assist</i>	<i>Breakdown Losses</i>	<i>Plug assist</i> terdapat kerak karena akibat panas pada saat proses produksi secara terus menerus dengan temperatur tertentu, jika terdapat kerak maka panas tidak akan merata keseluruhan bagian <i>plug assist</i>	Tebal dinding dari gelas cup tidak sama
2	Alarm <i>material feed</i>	<i>Idling and Minor Stoppages</i>	Adanya dua indikasi yang pertama salah sensor karena kesalahan dalam mendeteksi dan kedua terdapat bagian yang sudah aus yang menyebabkan terganggunya sistem pengumpanan	Bahan baku tidak akan terhubung dan menyebabkan mesin berhenti sampai kondisi kembali normal
3	<i>Cutting plug</i> tumpul dan macet	<i>Breakdown Losses</i>	<i>Cutting plug</i> macet dan harus bongkar <i>lower mould</i> , saat pemasangan kembali <i>cutting plug</i> , ternyata terdapat bagian <i>lower mould</i> yang sobek sehingga harus bongkar lagi <i>lower mould</i> untuk ganti	Penggantian <i>lower mould</i> akan bertambah lama dan membuat <i>downtime</i> semakin besar
4	Cup lengket di <i>plug assist</i>	<i>Breakdown Losses</i>	Sikat <i>stacking</i> kendur, membuat cup tidak bisa berhenti distacking dan kembali ke <i>lower mould</i> , dan membuat proses produksi berikutnya menjadi <i>double cup</i> dan pada saat ditekan <i>plug assist</i> , cup akan menempel di <i>plug assist</i>	Cup yang akan <i>double</i> dan terjadi <i>defect</i>
5	Rantai <i>transport</i> panas	<i>Breakdown Losses</i>	Rantai <i>transport</i> mengalami kenaikan temperatur karena rantai kurang pelumas dan adanya gesekan yang terjadi kenaikan temperatur	Rantai <i>transport</i> cepat aus dan rusak
6	Setting sikat <i>stacking</i>	<i>Setup and Adjustment Losses</i>	Cup yang tidak bisa tertahan di <i>stacking unit</i> dan kembali ke <i>lower mould</i>	Cup menempel di <i>plug assist</i>

Berdasarkan tabel 4.19 yang merupakan tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) akan dikelompokkan sesuai dengan jenis penyebab *losses*.

Tabel 4.20.

Kegagalan Dari Setiap Fenomena

No	<i>Breakdown Losses</i>	<i>Speed Losses</i>
1	Gosok <i>plug assist</i>	Alarm <i>material feed</i>
2	<i>Cutting plug</i> tumpul dan macet	
3	Cup lengket di <i>plug assist</i>	
4	Rantai <i>transport</i> panas	
5	Setting sikat <i>stacking</i>	

Analisa penyebab kegagalan yang terjadi pada tabel 4.19 akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut.

1. Gosok *plug assist*

Pada saat proses produksi *plug assist* berfungsi untuk mendorong material supaya dapat terbentuk sesuai dengan bentuk *mould*, semakin lama akan terbentuk kerak di bagian permukaan karena adanya panas yang merambat pada *plug assist*. Untuk menghilangkan kerak dengan cara menggosok dengan menggunakan kertas gosok *grade 400* di bagian permukaan *plug assist*. Jika tidak digosok, kerak pada *plug assist* dapat mengakibatkan panas yang merambat pada bagian *plug assist* tidak akan merata, dan mengakibatkan material tidak akan terbentuk sempurna pada saat proses produksi, sehingga menyebabkan *defect*. Kegagalan terjadi pada *plug assist* dapat menyebabkan *breakdown losses*.

2. Alarm *material feed*

Adanya dua indikasi yang pertama salah sensor karena kesalahan dalam mendeteksi dan kedua terdapat bagian yang sudah aus yang menyebabkan terganggunya sistem pengumpanan. Kegagalan jenis ini mengakibatkan terjadinya *idling and minor stoppages*.

3. *Cutting plug* tumpul dan macet

Indikasi awal perlunya bongkar *mould* adalah karena lip kasar atau serabut, ini menandakan bahwa tanda-tanda *cutting plug* mulai tumpul. Dilakukan langkah untuk mengganti *cutting plug* dan yang tumpul akan *digrinding* supaya kembali tajam. *Cutting plug* yang dipasang di *base mould* biasanya akan macet jika jarang dilepas dari *base mould*, oleh karena itu perlu dibongkar *lower mould* nya untuk mengambil *cutting plug* dan membuat *downtime* mesin semakin lama. Selain itu karena kurangnya ketelitian mekanik dalam cek kondisi dari *lower mould*, karena pada saat mulai pemasangan *cutting plug* baru disadari bahwa terdapat *lower mould* yang rusak, sehingga harus membongkar lagi. Kegagalan untuk jenis ini dapat mengakibatkan terjadinya *breakdown losses*.

4. Cup lengket di *plug assist*

Cup lengket di *plug assist* terjadi karena cup yang sudah terbentuk dan terpotong tidak tertahan di *stacking*, karena sikat *stacking* yang sudah aus sehingga membuat sikat semakin pendek dan tidak bisa menahan cup. Jika cup tidak bisa tertahan di *stacking* kemudian akan kembali ke *mould* dan pada proses berikutnya akan terjadi *double cup* pada saat produksi, dan mengakibatkan cup menempel pada saat *plug assist* memberikan tekanan kepada lembaran material. Kegagalan ini mengakibatkan terjadinya *breakdown losses*.

5. Rantai *transport* panas

Rantai *transport* yang panas akan menyebabkan ketidakstabilan temperatur pada lembaran material yang dibawa sebelum dipanaskan di bagian *heater*. Hal ini terjadi karena tidak adanya pengecekan temperatur yang dilakukan secara berkala dan juga pelumasan yang tidak dilakukan secara berkala yang menyebabkan keausan pada rantai. Kegagalan ini mengakibatkan adanya *breakdown losses*.

6. *Setting* sikat *stacking*

Stacking berfungsi untuk mengatur dan mengontrol cup sesuai dengan jumlah yang ditentukan, misal 1 slop terdapat 80 cup yang sudah *disetting* sebelumnya. *Setting* sikat *stacking* dilakukan karena menyesuaikan bentuk dari sikat yang lama-lama akan aus karena adanya gesekan dengan cup. Jika terjadi secara terus menerus akan menyebabkan sikat semakin menjadi pendek. Jika sudah pendek maka cup yang seharusnya tertahan di *stacking unit* akan kembali ke *lower mould*. Kegagalan jenis ini mengakibatkan *setup and adjustment losses*.

4.6.1. Perhitungan Nilai *Severity* (S)

Severity mengindikasikan efek dan tingkat keparahan akibat adanya suatu kegagalan. Skala umum menggunakan 1 sampai 10 yang mengartikan bahwa nilai 1 tidak ada efek dan 10 menyatakan sangat parah. Untuk menentukan dampak pada aktivitas mesin Illig *Thermoforming* 3 akan dibuat berdasarkan waktu *downtime* yang terjadi. *Downtime* terbesar terjadi dengan waktu selama 6 jam 30 menit karena ada pembongkaran *upper* dan *lower mould* karena terdapat indikasi *defect* lip serabut dan kasar sehingga dilakukan pengecekan, karena setelah diganti *cutting plug* masih terdapat *defect*.

Tabel 4.21.

Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk *Severity*

Peringkat	Dampak	Dampak pada Aktivitas Produksi Mesin Illig <i>Thermoforming</i> 3
1	Tidak Ada	<i>Downtime</i> kurang dari 5 menit
2	Sangat Minor	<i>Downtime</i> 10 sampai 15 menit
3	Minor	<i>Downtime</i> 15 sampai 30 menit
4	Sangat Rendah	<i>Downtime</i> 30 sampai 45 menit
5	Rendah	<i>Downtime</i> 45 menit sampai 1 jam
6	Sedang	<i>Downtime</i> 1 sampai 2 jam
7	Tinggi	<i>Downtime</i> 2 sampai 3 jam
8	Sangat Tinggi	<i>Downtime</i> 3 sampai 4 jam
9	Berbahaya	<i>Downtime</i> 4 sampai 6 jam 30 menit
10	Sangat Berbahaya	<i>Downtime</i> lebih dari 6 jam 30 menit

Berdasarkan tabel 4.21 maka dibuat tabel *severity* (S) untuk mesin Illig *Thermoforming* 3 untuk mengetahui tingkat keparahan yang terjadi akibat kegagalan dengan waktu *downtime*.

Tabel 4.22.

Nilai *Severity (S)* dari Fenomena Mesin Illig *Thermoforming 3*

No	Fenomena	<i>Six Big Losses</i>	<i>Failure Effect</i>	Estimasi <i>Downtime</i>	<i>Severity (S)</i>
1	Gosok <i>plug assist</i>	<i>Quality Losses</i>	Tebal dinding dari gelas cup tidak sama	±15 menit	3
2	Alarm <i>material feed</i>	<i>Idling and Minor Stoppages</i>	Bahan baku tidak akan terhubung dan menyebabkan mesin berhenti sampai kondisi kembali normal	±10 menit	2
3	<i>Cutting plug</i> tumpul dan macet	<i>Breakdown Losses</i>	Penggantian <i>lower mould</i> akan bertambah lama dan membuat <i>downtime</i> semakin besar	±6 jam 30 menit	9
4	Cup lengket di <i>plug assist</i>	<i>Quality Losses</i>	Cup yang akan <i>double</i> dan terjadi <i>defect</i>	±10 menit	3
5	Rantai <i>transport</i> panas	<i>Breakdown Losses</i>	Rantai <i>transport</i> cepat aus dan rusak	±45 menit	5
6	<i>Setting sikat stacking</i>	<i>Setup and Adjustment Losses</i>	Cup menempel di <i>plug assist</i>	±30 menit	4

Dari tabel 4.22 berdasarkan nilai *severity (S) losses* dengan jenis bongkar *mould* memiliki nilai *severity* paling tinggi dengan nilai 9 dengan waktu estimasi *downtime* terbesar yaitu selama 6 jam 30 menit, dimana seharusnya *downtime* normal untuk bongkar *mould* adalah sebesar 4 jam 30 menit. Penyebab memiliki waktu diatas *downtime* normal karena ada indikasi lip serabut dan kasar, sehingga harus bongkar *upper* dan *lower mould*, karena setelah diganti *cutting plug* masih terdapat indikasi *defect*, dan juga terdapat *lower mould* yang sobek karena kurang ketelitian dalam pengecekan.

4.6.2. Perhitungan Nilai *Occurrence (O)*

Occurrence mengindikasikan seberapa besar atau sering kemungkinan penyebab akan terjadi, dengan angka 1 sampai 10 yang mengartikan bahwa 1 kejadian yang tidak mungkin

terjadi dan 10 kejadian yang tidak dapat dihindarkan. Untuk menentukan seberapa sering terjadi kegagalan yang sama terhadap mesin Illig *Thermoforming* 3 ditentukan berdasarkan kegagalan yang terjadi paling tinggi adalah sebanyak 1 kali setiap *shift* dilakukan gosok *plug assist*, sehingga jika terjadi lebih dari satu kali setiap *shift* akan dijadikan nilai *occurrence*. Kriteria penilaian *occurrence* dapat dilihat di tabel 4.23 yang akan dijadikan sebagai dasar menentukan peringkat seberapa sering kegagalan terjadi.

Tabel 4.23.

Kriteria Penilaian *Occurrence*

Peringkat	Kejadian	Frekuensi Kegagalan Kejadian
1	Sangat Rendah	1 - 2 kali per tahun
2	Rendah	3 - 5 kali per tahun
3		6 - 11 kali per tahun
4	Sedang	1 - 2 kali per bulan
5		3 - 4 kali per bulan
6		1 - 2 kali per minggu
7	Tinggi	3 - 6 kali per minggu
8		1 - 2 kali per hari
9		1 kali per <i>shift</i>
10	Sangat Tinggi	>1 kali per <i>shift</i>

Berdasarkan tabel 4.23 maka dibuat tabel *occurrence* (O) untuk mesin Illig *Thermoforming* untuk mengetahui seberapa besar kegagalan yang terjadi berdasarkan frekuensi kejadian yang dialami. Nilai *occurrence* (O) mesin Illig *Thermoforming* 3 dapat dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4.24.

Nilai *Occurrence* (O) dari Fenomena Mesin Illig *Thermoforming* 3

No	Fenomena	<i>Six Big Losses</i>	<i>Failure Effect</i>	Kejadian	<i>Occurrence</i> (O)
1	Gosok <i>plug assist</i>	<i>Quality Losses</i>	Tebal dinding dari gelas cup tidak sama	1 kali per shift	9
2	Alarm <i>material feed</i>	<i>Idling and Minor Stoppages</i>	Bahan baku tidak akan terhubung dan menyebabkan mesin berhenti sampai kondisi kembali normal	2 kali per minggu	6
3	<i>Cutting plug</i> tumpul dan macet	<i>Breakdown Losses</i>	Penggantian <i>lower mould</i> akan bertambah lama dan membuat <i>downtime</i> semakin besar	2 kali per bulan	4
4	Cup lengket di <i>plug assist</i>	<i>Quality Losses</i>	Cup yang akan <i>double</i> dan terjadi <i>defect</i>	3 kali per bulan	5
5	Rantai <i>transport</i> panas	<i>Breakdown Losses</i>	Rantai <i>transport</i> cepat aus dan rusak	1 kali per bulan	4
6	<i>Setting</i> sikat <i>stacking</i>	<i>Setup and Adjustment Losses</i>	Cup menempel di <i>plug assist</i>	1 kali per bulan	4

Dari tabel 4.24 berdasarkan nilai *occurrence* (O) *losses* dengan jenis gosok *plug assist* memiliki nilai *occurrence* paling tinggi dengan nilai 9 dengan frekuensi terjadi 1 kali per *shift* (durasi 8 jam setiap *shift*), gosok *plug assist* perlu dilakukan untuk membersihkan dari kerak yang terjadi akibat panas.

4.6.3. Perhitungan Nilai *Detection* (D)

Detection adalah penilaian kemungkinan bahwa kegagalan peralatan dapat diprediksi dan dikontrol. Nilai *detection* dapat dipengaruhi dari cara atau metode dalam mengontrol untuk *failure mode*. Untuk menentukan seberapa sering terjadi kegagalan yang sama terhadap mesin Illig *Thermoforming* 3 ditentukan berdasarkan kegagalan yang terjadi seberapa besar dapat dideteksi. Peringkat tertinggi dengan kriteria kegagalan dapat dideteksi saat adanya dampak dari

failure mode, sehingga kegagalan tidak dapat dihindari. Skala 1 sampai 10 berurutan mulai dari yang hampir pasti terdeteksi sampai hampir tidak mungkin terdeteksi.

Tabel 4.25.

Kriteria Penilaian *Detection*

Peringkat	Klasifikasi	Kriteria
1	Hampir Pasti Terdeteksi	Efektivitas metode kontrol paling tinggi. peluang mendeteksi >90%
2	Sangat Tinggi	Efektivitas metode kontrol sangat tinggi. Peluang mendeteksi 90%
3	Tinggi	Efektivitas metode kontrol tinggi. Peluang mendeteksi 80%
4	Cenderung Tinggi	Efektivitas metode kontrol cenderung tinggi. Peluang mendeteksi 70%
5	Sedang	Efektivitas metode kontrol cukup baik. Peluang mendeteksi 60%
6	Rendah	Efektivitas metode kontrol rendah. Peluang mendeteksi 50%
7	Cenderung Rendah	Efektivitas metode kontrol sangat rendah. Peluang mendeteksi 30%
8	Sangat Rendah	Efektivitas metode kontrol paling rendah. Peluang mendeteksi buruk (<10%)
9	Sangat Jarang	Metode kontrol masih tidak dapat diandalkan atau efektivitasnya masih belum diketahui
10	Hampir Tidak Mungkin	Tidak ada metode untuk kontrol masalah

Berdasarkan tabel 4.25 maka dibuat tabel *detection* (D) untuk mesin Illig *Thermoforming* untuk mengetahui seberapa besar kegagalan dapat dideteksi. Nilai *detection* (D) mesin Illig *Thermoforming* 3 dapat dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4.26.

Nilai *Detection* (D) dari Fenomena Mesin Illig *Thermoforming* 3

No	Fenomena	<i>Six Big Losses</i>	<i>Failure Mode</i>	Deteksi	<i>Detection</i> (D)
1	Gosok <i>plug assist</i>	<i>Quality Losses</i>	<i>Plug assist</i> terdapat kerak karena akibat panas pada saat proses produksi secara terus menerus dengan temperatur tertentu, jika terdapat kerak maka panas tidak akan merata keseluruh bagian <i>plug assist</i>	Terdeteksi ketika dilakukan oleh petugas QC bahwa ketebalan dinding tidak sama	7
2	Alarm <i>material feed</i>	<i>Idling and Minor Stoppages</i>	Adanya dua indikasi yang pertama salah sensor karena kesalahan dalam mendeteksi dan kedua terdapat bagian yang sudah aus yang menyebabkan terganggunya sistem pengumpanan	Terdeteksi ketika alarm berbunyi	1
3	<i>Cutting plug</i> tumpul dan macet	<i>Breakdown Losses</i>	<i>Cutting plug</i> macet dan harus bongkar <i>lower mould</i> , saat pemasangan kembali <i>cutting plug</i> , ternyata terdapat bagian <i>lower mould</i> yang sobek sehingga harus bongkar lagi <i>lower mould</i> untuk ganti	Terdeteksi ketika adanya kejadian macet saat melepas <i>cutting plug</i>	9
4	Cup lengket di <i>plug assist</i>	<i>Quality Losses</i>	Sikat <i>stacking</i> kendor, membuat cup tidak bisa berhenti di <i>stacking</i> dan kembali ke <i>lower mould</i> , dan membuat proses produksi berikutnya menjadi <i>double cup</i> dan pada saat ditekan <i>plug assist</i> , cup akan menempel di <i>plug assist</i>	Terdeteksi ketika cup sudah menempel di <i>plug assist</i>	7
5	Rantai transport panas	<i>Breakdown Losses</i>	Rantai transport mengalami kenaikan temperatur karena rantai kurang pelumas dan adanya gesekan yang terjadi kenaikan temperatur	Terdeteksi ketika rantai transport sudah panas	9
6	Setting sikat <i>stacking</i>	<i>Setup and Adjustment Losses</i>	Cup yang tidak bisa tertahan di <i>stacking</i> unit dan kembali ke <i>lower mould</i>	Terdeteksi ketika adanya cup yang menempel di <i>plug assist</i>	9

Dari tabel 4.26 berdasarkan nilai *detection* (D) *losses* dengan jenis bongkar *mould*, rantai *transport* panas, dan setting sikat *stacking* memiliki nilai *detection* paling tinggi dengan nilai 9,

dimana termasuk kedalam kriteria deteksi sangat jarang untuk dapat dideteksi karena untuk bongkar *mould* akan terdeteksi ketika sudah terjadi *defect* ataupun macet saat ganti *cutting plug*. Sedangkan untuk rantai *transport* akan terdeteksi ketika suhu sudah mengalami kenaikan dan lebih parahnya *sheet* plastik jatuh di *heater* karena meleleh. Untuk setting sikat *stacking* terdeteksi ketika sudah terjadi cup yang menempel di *plug assist*.

4.6.4. Perhitungan Nilai Risk Priority Number (RPN)

Perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) berfungsi untuk membantu memprioritaskan upaya yang dilakukan untuk memperbaiki akibat dari kegagalan atau kerusakan dan atau adanya waktu tunggu yang terjadi dari suatu peralatan atau mesin. Setelah mengetahui nilai *severity* (S), *occurrence* (O) dan *detection* (D), dilakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengalikan dari ketiga parameter tersebut, sebagai contoh dilakukan penghitungan RPN untuk mesin Illig *Thermoforming* jenis fenomena gosok *plug assist*.

$$RPN = Severity (S) \times Occurrence (O) \times Detection (D) \quad (4.11)$$

$$RPN = 3 \times 9 \times 7$$

$$RPN = 189$$

Tabel 4.27 merupakan hasil nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari setiap fenomena yang telah diidentifikasi sebelumnya di mesin Illig *Thermoforming* 3. Setelah dilakukan perhitungan dapat dilihat nilai RPN tertinggi sebesar 324 untuk jenis fenomena *cutting plug* tumpul dan macet, sedangkan untuk nilai RPN terendah adalah sebesar 12 untuk jenis fenomena *alarm material feed*. Apabila sudah diketahui nilai tertinggi dan terendah perlu adanya pengelompokan berdasarkan prioritas tinggi, sedang dan rendah untuk dapat diberikan solusi dari setiap fenomena yang ada. Berdasarkan pengelompokan nilai dibagi menjadi tiga prioritas yaitu rendah (RPN 12 sampai 120), sedang (RPN 121 sampai 180), tinggi (RPN 181 sampai 324).

Tabel 4.27.

Nilai Risk Priority Number (RPN) Fenomena Mesin Illig *Thermoforming* 3

No	Fenomena	Six Big Losses	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
1	Gosok <i>plug assist</i>	Quality Losses	<i>Plug assist</i> terdapat kerak karena akibat panas pada saat proses produksi secara terus menerus dengan temperatur tertentu, jika terdapat kerak maka panas tidak akan merata keseluruh bagian <i>plug assist</i>	Tebal dinding dari gelas cup tidak sama	3	9	7	189
2	Alarm <i>material feed</i>	Speed Losses	Adanya dua indikasi yang pertama salah sensor karena kesalahan dalam mendeteksi dan kedua terdapat bagian yang sudah aus yang menyebabkan terganggunya sistem pengumpanan	Bahan baku tidak akan terhubung dan menyebabkan mesin berhenti sampai kondisi kembali normal	2	6	1	12
3	Bongkar <i>mould</i>	Breakdown Losses	<i>Cutting plug</i> macet dan harus bongkar <i>lower mould</i> , saat pemasangan kembali <i>cutting plug</i> , ternyata terdapat bagian <i>lower mould</i> yang sobek sehingga harus bongkar lagi <i>lower mould</i> untuk ganti	Penggantian <i>lower mould</i> akan bertambah lama dan membuat <i>downtime</i> semakin besar	9	4	9	324
4	Cup lengket di <i>plug assist</i>	Quality Losses	Sikat <i>stacking</i> kendor, membuat cup tidak bisa berhenti distacking dan kembali ke <i>lower mould</i> , dan membuat proses produksi berikutnya menjadi <i>double</i> cup dan pada saat ditekan <i>plug assist</i> , cup akan menempel di <i>plug assist</i>	Cup yang akan <i>double</i> dan terjadi <i>defect</i>	3	5	7	105
5	Rantai <i>transport</i> panas	Breakdown Losses	Rantai <i>transport</i> mengalami kenaikan temperatur karena rantai kurang pelumas dan adanya gesekan yang terjadi kenaikan temperatur	Rantai <i>transport</i> cepat aus dan rusak	5	4	9	180
6	Setting sikat <i>stacking</i>	Speed Losses	Cup yang tidak bisa tertahan di <i>stacking unit</i> dan kembali ke <i>lower mould</i>	Cup menempel di <i>plug assist</i>	4	4	9	144

4.7. Analisa dan Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan analisa yang sudah dilakukan dengan menghitung nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *six big losses*, analisa akar permasalahan dengan *fishbone diagram* dan mengidentifikasi kegagalan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dari setiap fenomena yang ada, maka terdapat beberapa rekomendasi perbaikan yang diusulkan pada penelitian ini kepada PT X, untuk memperbaiki produktivitas dari mesin Illig *Thermoforming* 3. Beberapa rekomendasi perbaikan yang bisa dilakukan untuk mengurangi potensi kegagalan dan untuk meningkatkan tingkat produktivitas dari mesin Illig *Thermoforming* 3.

1. *Cutting plug* tumpul dan macet (RPN 324) - Prioritas Tinggi

Berdasarkan nilai RPN, bongkar *mould* memiliki nilai *detection* (9) dan *severity* (9) yang tinggi, sedangkan untuk nilai *occurrence* (4) sedang. Nilai *detection* yang tinggi menandakan bahwa apabila terjadi kegagalan di bagian *mould* akan sulit untuk dideteksi atau tingkat deteksi sebelum kegagalan yang rendah. Maka dari itu perlu adanya inspeksi yang dilakukan secara berkala untuk melihat kondisi dari *mould*, apakah terdapat cacat atau tidak, karena kondisi *mould* yang optimal akan menghasilkan produk yang optimal juga, disisi lain terdapat part lain yang mendukung proses tersebut. Nilai *severity* tinggi dengan *occurrence* yang sedang menjelaskan bahwa kejadian bongkar *mould* memiliki tingkat yang sedang, namun jika terjadi memiliki waktu *downtime* yang cukup tinggi. Ada beberapa hal yang menyebabkan waktu *downtime* bongkar *mould* diatas waktu normal, karena kurangnya pengecekan secara keseluruhan di bagian *mould* saat *setting* maupun perbaikan. Rekomendasi perbaikan perlu ada cek list untuk perbaikan supaya jika terjadi perbaikan, khususnya di bagian *mould* karena diperlukan untuk mengecek bagian lain yang memiliki indikasi yang sama, supaya tidak terjadi bongkar pasang berulang kali. Disisi lain perlu ada proses *cleaning* di bagian *mould*, dan *cutting plug* untuk membersihkan sisa debu akibat potongan plastik yang menumpuk di sela-sela, yang dapat membuat *cutting plug* macet. Selain itu perlu juga *lubrication* secara rutin dilakukan pada *seal cutting plug* agar mengurangi gesekan yang terjadi antara *mould* dan *cutting plug*, sehingga kedua *part* tersebut tidak cepat aus. Harapan diberikan perbaikan supaya *downtime* menjadi lebih singkat dan mekanik memiliki sistem kerja yang lebih efisien dan efektif. *Inspection* perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi dari *seal* dari *cutting plug* apakah masih bisa digunakan atau sudah aus dan harus dilakukan penggantian.

2. Gosok *plug assist* (RPN 189) - Prioritas Tinggi

Berdasarkan nilai RPN di tabel 4.18, gosok *plug assist* memiliki nilai *occurrence* tinggi (9), dengan *severity* (3) yang rendah dan *detection* (7) yang cenderung rendah. PT X belum memiliki *planned downtime* yang dilakukan di setiap *shift*. Perlu adanya *planned downtime* karena berdasarkan histori *downtime* yang dicatat oleh operator, dimana harus dilakukan penggosokan pada area permukaan *plug assist* dengan menggunakan kertas gosok *grade 400* sebagai langkah *cleaning* mesin. Estimasi waktu untuk *planned downtime* sekitar 15 menit dianggap sudah cukup berdasarkan wawancara dan pertimbangan untuk membersihkan sebanyak 24 *plug assist* dari satu mesin, jika dapat dilakukan secara rutin maka risiko untuk *defect cup* akan berkurang karena kerak sudah lebih dahulu dibersihkan setiap awal *shift*. Karena *detection* yang dilakukan selama ini cenderung rendah perlu dilakukan perkiraan kapan waktu yang tepat untuk melakukan gosok *plug assist*, supaya upaya yang dilakukan dengan hasil yang didapatkan dapat menghasilkan sesuai yang direncanakan. Perlu adanya perhitungan MTBF (*Mean Time Between Failure*) untuk mengetahui lama *plug assist* dapat digunakan sebelum terjadinya *defect* akibat adanya kerak, sehingga dapat diketahui waktu efektif penggunaan *plug assist* sebelum *defect*, dan bisa terdeteksi sebelum terjadinya *defect*. Harapan diberikan perbaikan supaya *downtime* menjadi lebih singkat dan mekanik memiliki sistem kerja yang lebih efisien dan efektif.

3. Rantai *transport* panas (RPN 180) - Prioritas Sedang

Berdasarkan nilai RPN pada tabel 4.18, *losses* jenis rantai *transport* panas memiliki nilai *detection* (9) yang paling tinggi, dengan *severity* (4 dan 5), dan *occurrence* (3 dan 4) yang rendah. Ini menandakan bahwa rantai *transport* panas tidak terdeteksi sebelum adanya *downtime* yang disebabkan karena adanya *sheet* plastik yang meleleh dan *defect* produk, dengan waktu *downtime* dalam kategori rendah dan frekuensi terjadi cenderung rendah. Rekomendasi perbaikan untuk *losses* jenis rantai *transport* panas perlu adanya CIL (*Cleaning, Inspection, Lubrication*) setiap awal minggu, untuk memastikan kondisi rantai bersih, tidak kekurangan pelumas, dan tidak kendur. Sehingga apabila dilakukan CIL setiap minggu kemungkinan terjadinya rantai *transport* panas akan berkurang. Harapan diberikan perbaikan supaya *downtime* menjadi lebih singkat dan mekanik memiliki sistem kerja yang lebih efisien dan efektif.

4. Setting sikat *stacking* (RPN 144) - Prioritas Sedang

Berdasarkan nilai RPN pada tabel 4.18, *losses* jenis *setting* sikat *stacking* memiliki nilai *detection* (9) yang paling tinggi, jika dibandingkan dengan *severity* (4) dan *occurrence* (4). Dapat dianalisis bahwa *losses* jenis *setting* sikat *stacking* tidak terdeteksi sebelum adanya kegagalan proses, yaitu cup yang tidak tertahan di *stacking unit* sehingga menyebabkan cup menempel di *plug assist* dan menimbulkan *defect*. Rekomendasi perbaikan yang diberikan adalah perlu adanya pengecekan (*Inspection*) secara rutin terhadap sikat *stacking* karena gesekan yang terus terjadi menimbulkan sikat cepat aus, dan perlu adanya standar minimal sudut dan panjang yang bisa digunakan sebagai acuan bahwa sikat *stacking* masih bisa dipakai atau sudah dikatakan aus, serta standar yang digunakan untuk *setting* sikat *stacking*. Karena selama ini mekanik melakukan *setting* secara manual atau menggunakan perkiraan sendiri. Perlu dilakukan perhitungan untuk *lifetime* dari sikat *stacking* dimana panjang sikat *stacking* awal 6 cm. Harapan diberikan perbaikan supaya *downtime* menjadi lebih singkat dan mekanik memiliki sistem kerja yang lebih efisien dan efektif.

5. Cup lengket di *plug assist* (RPN 105) - Prioritas Sedang

Berdasarkan nilai RPN yang diperoleh dari tabel 4.18, jenis *losses* cup lengket di *plug assist* memiliki nilai *detection* (7) paling tinggi dibandingkan dengan nilai *occurrence* (5) dan *severity* (3). Sehingga dapat dianalisa bahwa tingkat deteksi dari cup lengket di *plug assist* cenderung rendah, karena harus ada cup yang menempel pada *plug assist* sehingga baru bisa dideteksi terjadi kegagalan. Rekomendasi perbaikan untuk mengurangi waktu *downtime* yang terjadi diatas waktu normal adalah perlu adanya *training trouble shooting* untuk operator supaya dapat mengidentifikasi jika ada kendala pada saat proses produksi, khususnya untuk cup lengket di *plug assist*, karena *losses* jenis ini memiliki kaitan dengan *losses* jenis *setting* sikat *stacking*. Berdasarkan wawancara dengan supervisor mesin Illig *Thermoforming* PT X, jarang melakukan *training trouble shooting* atau penyuluhan terhadap kendala yang sering terjadi pada mesin, sehingga hanya mekanik yang bisa memperbaiki, karena jumlah mekanik yang terbatas untuk setiap *shift* dengan jumlah mesin yang banyak. Selain itu bisa dilakukan pembagian deskripsi pekerjaan mana perbaikan yang boleh dilakukan operator dan perbaikan bagian mana saja yang hanya boleh dilakukan mekanik, sehingga operator juga memiliki tanggung jawab untuk memelihara mesin dan menimbulkan kepedulian. Perlu adanya SOP (Standar Operasional Prosedur) yang dapat digunakan untuk masing-masing *defect* supaya dapat membantu operator dalam mencari penyebab. Contohnya *defect*,

penyebab, dan cara penyelesaian masalah. Harapan diberikan perbaikan supaya *downtime* menjadi lebih singkat dan memiliki sistem kerja yang lebih efisien dan efektif.

6. *Alarm material feed* (RPN 12) - Prioritas Rendah

Berdasarkan nilai RPN yang diperoleh dari tabel 4.18, jenis *losses alarm material feed* memiliki nilai *occurrence* (6) paling tinggi jika dibandingkan dengan *severity* (2) dan *detection* (1). Jika dianalisa *alarm material feed* memiliki frekuensi *downtime* dengan tingkat yang sedang dan waktu dalam setiap *downtime* yang rendah, dengan tingkat deteksi yang hampir pasti terdeteksi karena adanya bunyi dan mesin akan otomatis berhenti bekerja apabila terjadi kendala. Rekomendasi perbaikan terkait adanya *downtime* yang terjadi diatas waktu normal adalah perlu adanya pengecekan terhadap tingkat sensitivitas sensor dan kebersihan disekitar sensor, karena apabila sensor kotor akan membuat fungsi menurun dan terjadi kesalahan sensor. Perlu dilakukan inspeksi dan *cleaning* mesin yang dapat dilakukan minimal satu minggu sekali, untuk memastikan sensor dalam kondisi bersih dan normal. Harapan diberikan perbaikan supaya *downtime* menjadi lebih singkat dan memiliki sistem kerja yang lebih efisien dan efektif.

Beberapa rekomendasi perbaikan terhadap fenomena yang terjadi karena *downtime* terjadi berada diatas waktu normal penanganan. Tabel 4.28 merupakan tabel singkat tentang rekomendasi perbaikan yang sudah dijelaskan sebelumnya dengan tingkat prioritas dari masing-masing fenomena.

Tabel 4.28.

Rekomendasi Perbaikan untuk Fenomena yang Terjadi

No	Fenomena	OEE Loss Category	Failure Mode	Failure Effect	Prioritas	Rekomendasi Perbaikan
1	Cutting plug tumpul dan macet	Breakdown Losses	Cutting plug macet dan harus bongkar lower mould, saat pemasangan kembali cutting plug, ternyata terdapat bagian lower mould yang sobek sehingga harus bongkar lagi lower mould untuk ganti	Penggantian lower mould akan bertambah lama dan membuat downtime semakin besar	Tinggi	Pembuatan cek list untuk pengecekan part pada saat perbaikan bagian mould, Cleaning bagian mould dan cutting plug, Inspection dilakukan untuk cek seal sudah aus atau belum, Lubrication dilakukan apabila pelumas sudah kering di bagian seal dan dilakukan secara berkala di bagian mould
2	Gosok plug assist	Quality Losses	Plug assist terdapat kerak karena akibat panas pada saat proses produksi secara terus menerus dengan temperatur tertentu, jika terdapat kerak maka panas tidak akan merata keseluruh bagian plug assist	Tebal dinding dari gelas cup tidak sama	Tinggi	Perlu adanya planned downtime dan menghitung MTBF (Mean Time Between Failure) untuk mengetahui apakah perlu digosok setiap shift atau bisa dalam kurun waktu tertentu
3	Rantai transport panas	Breakdown Losses	Rantai transport mengalami kenaikan temperatur karena rantai kurang pelumas dan adanya gesekan yang terjadi kenaikan temperatur	Rantai transport cepat aus dan rusak	Sedang	Perlu adanya CIL (Cleaning, Inspection, Lubrication) setiap awal minggu, untuk memastikan kondisi rantai bersih, tidak kekurangan pelumas, dan tidak kendur
4	Setting sikat stacking	Speed Losses	Cup yang tidak bisa tertahan di stacking unit dan kembali ke lower mould	Cup menempel di plug assist	Sedang	Perlu adanya pengecekan (Inspection) secara rutin terhadap sikat stacking, pembuatan standar minimal pemakaian dan setting sikat stacking, perhitungan lifetime untuk memperkirakan umur sikat dapat digunakan

Tabel 4.28.

Rekomendasi Perbaikan untuk Fenomena yang Terjadi (Lanjutan)

No	Fenomena	OEE Loss Category	Failure Mode	Failure Effect	Prioritas	Rekomendasi Perbaikan
5	Cup lengket di <i>plug assist</i>	Quality Losses	Sikat <i>stacking</i> kendor, membuat cup tidak bisa berhenti distacking dan kembali ke <i>lower mould</i> , dan membuat proses produksi berikutnya menjadi <i>double</i> cup dan pada saat ditekan <i>plug assist</i> , cup akan menempel di <i>plug assist</i>	Cup yang akan <i>double</i> dan terjadi <i>defect</i>	Sedang	<i>Training trouble shooting</i> untuk operator, pembagian deskripsi pekerjaan <i>troubleshooting</i> yang boleh dilakukan operator, dan hanya boleh dilakukan mekanik, SOP untuk masing-masing <i>defect</i> (<i>defect</i> , penyebab, cara penyelesaian)
6	Alarm <i>material feed</i>	Speed Losses	Adanya dua indikasi yang pertama salah sensor karena kesalahan dalam mendeteksi dan kedua terdapat bagian yang sudah aus yang menyebabkan terganggunya sistem pengumpanan	Bahan baku tidak akan terhubung dan menyebabkan mesin berhenti sampai kondisi kembali normal	Rendah	Pengecekan terhadap tingkat sensitivitas sensor dan kebersihan disekitar sensor, dan <i>cleaning</i> mesin yang dapat dilakukan minimal satu minggu sekali, untuk memastikan sensor dalam kondisi yang bersih dan normal.