

Analisis Kerusakan Mesin *Sterilizer* Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan *Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*

Wahyuni Amalia^{1*}, Demi Ramadian², Syarif Nur Hidayat³

¹⁾ Program Studi Manajemen Logistik Industri Agro, Politeknik ATI Padang

^{2,3)} Program Studi Teknik Industri Agro, Politeknik ATI Padang

Jl. Bungo Pasang Tabing, Kec. Koto Tangah, Kota Padang, Sumatera Barat

Email: wahyuni.amalia46@gmail.com, demiramadian@poltekatipdg.ac.id, syarifNurH22@gmail.com

ABSTRAK

Pabrik Kelapa Sawit merupakan industri pengolahan Tandan Buah Segar menjadi *Crude Palm Oil*. Dalam proses pengolahannya didukung oleh penggunaan beberapa mesin produksi, salah satunya adalah mesin *sterilizer* yang berfungsi untuk merebus TBS. Kerusakan pada mesin *sterilizer* dapat menurunkan tingkat produktivitas produksi. Untuk mengatasi terjadinya kerusakan tersebut perlu dilakukan analisis terhadap kerusakan yang terjadi. Analisis kerusakan dilakukan menggunakan pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis* dan *Caused and Effect Diagram*. Dari hasil pengamatan dan wawancara terdapat 3 jenis kerusakan yang sering terjadi. Dari ketiga kerusakan tersebut, jenis kesalahan yang perlu diperbaiki segera berdasarkan nilai *Risk Priority Number (RPN)* yaitu kerusakan pada karet *packing door* yang boror dengan nilai RPN sebesar 85,65. Sedangkan jenis kerusakan lainnya adalah Pipa *Inlet* Bocor dan Pipa Aluminium terlelepas memiliki nilai RPN sebesar 52,48 dan 28,9. Berdasarkan analisis penyebab terjadinya kerusakan karet *packing door*, maka perusahaan dapat melakukan perbaikan pada sistem perawatan, penggunaan material yang berkualitas, pelatihan dan sosialisasi, penganggaran biaya, serta pengawasan metode kerja.

Kata kunci: *Caused and Effect Diagram, FMEA, Packing Door, Risk Priority Number, Sterilizer, TBS*

ABSTRACT

Palm Oil Mill is an industry that processes Fresh Fruit Bunches into Crude Palm Oil. The processing is supported by the use of several production machines, one of them is a sterilizer machine that works to boil TBS. Damage to the sterilizer machine can reduce the level of productivity. To overcome the occurrence of such damage, it is necessary to analyze the damage that occurred. Damage analysis was carried out using the Failure Mode and Effect Analysis and Caused and Effect Diagram approaches. From the results of observations and interviews, there are 3 types of damage that often occur. Of the three damages, the type of error that needs to be corrected immediately is based on the value of the Risk Priority Number (RPN), namely damage to the leaky rubber packing door with an RPN value of 85.65. Meanwhile, other types of damage are Leaking Inlet Pipes and detached Aluminum Pipes which have RPN values of 52.48 and 28.9. Based on the analysis of the causes of damage to the rubber packing door, the company can make improvements to the maintenance system, use quality materials, training and socialization, budgeting costs, and monitoring work methods.

Keywords: *Caused and Effect Diagram, FMEA, Packing Door, Risk Priority Number, Sterilizer, TBS*

Pendahuluan

Mesin merupakan komponen utama dalam kegiatan produksi yang memiliki peran penting terhadap kelancaran suatu proses produksi. Kerusakan yang terjadi pada mesin sebelum atau saat kegiatan produksi akan mempengaruhi tingkat produktivitas dari mesin tersebut. Selain itu kerusakan pada mesin dapat menghambat atau menghentikan kegiatan produksi. Kerusakan mesin ini dapat disebabkan oleh banyak hal, salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin yaitu dengan melakukan pemeliharaan terhadap mesin tersebut [1].

Pabrik Kelapa Sawit (PKS) PT. Sewangi Sejati Luhur merupakan suatu industri yang mengolah Tandan Buah Segar (TBS) menjadi *Crude Palm Oil (CPO)* dan Kernel. Proses pengolahannya melibatkan beberapa mesin, salah satunya adalah mesin *sterilizer*. Mesin *sterilizer* berupa suatu bejana bertekanan yang digunakan untuk merebus TBS dengan bantuan uap. Mesin ini memiliki beberapa bagian diantaranya seperti pintu *sterilizer*, lori, *safety valve*, *rail track*, *water pump*, dan beberapa panel lainnya.

PT. Sewangi Sejati Luhur mempunyai 4 mesin *sterilizer* yang beroperasi di setiap *line*. Setiap mesin memiliki kapasitas standar 45 ton/jam. Namun kondisi mesin yang rentan terhadap kerusakan membuat mesin membutuhkan waktu yang lebih lama dalam proses perebusan. Berdasarkan hasil pengamatan selama 5 bulan telah terjadi kerusakan sebanyak 2 sampai 4 kali di masing-masing *line*. Adapun jenis kerusakan yang terjadi seperti karet *packing door* bocor, pipa *inlet* bocor, dan *plate aluminium* terlepas.

Berdasarkan kerusakan yang sering terjadi pada mesin *sterilizer*, PT. Sewangi Sejati Luhur perlu memberikan perhatian khusus mengenai kebijakan pemeliharaan (*maintenance*). PT. Sejati Luhur perlu mengetahui apa saja permasalahan yang ada pada mesin *sterilizer* dan menentukan prioritas permasalahan yang harus diutamakan, serta perbaikan apa yang bisa dilakukan untuk meminimasi kerusakan berdasarkan permasalahan yang ada. Penentuan prioritas kerusakan dapat dilakukan dengan analisis akar permasalahan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Cause Effect Diagram*.

FMEA adalah alat keandalan rekayasa yang membantu mendefinisikan, mengidentifikasi, memprioritaskan, dan menghilangkan kegagalan yang diketahui dan/atau potensial dari sistem, desain, atau proses manufaktur sebelum mencapai pelanggan [2]. FMEA telah diadopsi secara luas untuk meningkatkan keamanan dan keandalan sistem [3] dan untuk perbaikan berkelanjutan dalam desain produk atau proses [4] di berbagai bidang, misalnya tenaga angin [5], makanan [6], kesehatan [7], kain [8], konstruksi [9], dan pertambangan [10]. Saat ini, FMEA sudah banyak digunakan di beberapa sektor jasa dan manufaktur untuk menghilangkan kegagalan dan masalah potensial melalui evaluasi mode kegagalan, baik yang berupa produk, proses, sistem baru atau yang sudah ada [11].

Tujuan analisis FMEA adalah untuk menghilangkan mode kegagalan atau mengurangi risikonya [2], [12]. FMEA adalah Teknik untuk menentukan kondisi (*mode*) di mana sistem mungkin gagal dan apa efek dari kegagalan yang diidentifikasi terhadap kinerja sistem, keselamatan dan lingkungan [13]. Menurut Anthony [14], metode FMEA sangat baik untuk diaplikasikan pada proses manajemen kualitas di perusahaan karena menganalisis seluruh proses yang ada dan mengolahnya satu persatu sehingga didapatkan kajian yang mendalam tentang solusi perbaikan.

Penelitian [15] menggunakan metode FMEA dan *Caused and Effect* diagram dalam menganalisis kerusakan mesin *Asphalt*. Hasil dari analisis penggunaan ke dua metode tersebut digunakan sebagai dasar penyusunan saran kebijakan perawatan dan untuk menentukan komponen mana dari mesin yang membutuhkan perhatian khusus. Penggunaan metode FMEA sebelumnya juga sudah dilakukan oleh [16] dalam mengidentifikasi kegagalan mesin pada stasiun nut dan kernel. Dari hasil penelitiannya didapatkan kesimpulan bahwa untuk meminimasi terjadinya *breakdown* dapat dilakukan dengan penerapan perawatan preventif, yaitu dengan mengganti komponen sesuai dengan usulan yang diberikan (sekali 7 bulan dan 5 bulan). [17] juga menggunakan pendekatan FMEA untuk mengidentifikasi kerusakan mesin *crane* pada perusahaan pengecoran baja. Selain menggunakan diagram sebab akibat, analisis FMEA juga sering digudanakan bersama dengan analisis *fault tree* (FTA) [18]–[24] atau *logic tree analysis* (LTA) [25].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat keparahan setiap jenis kerusakan pada mesin *sterilizer*, menentukan prioritas penanganan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) serta mencari penyebab kerusakan dan memberikan saran perbaikan.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Pabrik Kelapa Sawit PT. Sewangi Sejati Luhur. Objek penelitian yang akan diamati adalah mesin *Sterilizer*. Data yang dikumpulkan berupa data kerusakan mesin selama 5 bulan. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi/pengamatan langsung dan wawancara. Data akan diolah menggunakan pendekatan FMEA dan *Caused and Effect Diagram*.

FMEA digunakan untuk menemukan area yang membutuhkan perbaikan desain/proses untuk memastikan keberhasilan perbaikan selanjutnya. Hal ini dilakukan melalui pemberian nomor prioritas kegagalan/resiko yang dikenal dengan *Risk Priority Number* (RPN). Perhitungan RPN lebih sederhana dan mudah dipahami [26]. Rekomendasi perbaikan akan diprioritaskan dari nilai RPN yang terbesar. RPN merupakan hasil dari 3 variabel yaitu *Severity* (keparahan), *Occurrence* (frekuensi kejadian), dan *Detection* (deteksi kegagalan).

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (1)$$

Severity (keparahan) adalah penilaian terhadap keseriusan dari efek. Semakin tinggi skala maka semakin parah efek yang ditimbulkan. *Severity* dapat digunakan untuk mengidentifikasi dampak potensial terburuk yang diakibatkan, hal ini dapat dinilai dari seberapa besar tingkat keparahannya. Skala yang digunakan mulai dari 1-10, yang mana semakin tinggi skala maka semakin parah efek yang ditimbulkan [27]. Skala pengukuran *severity* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. *Severity rating*

Skala	Keparahan	Keterangan
1	Tidak ada efek	Tidak memiliki efek yang terlihat
2	Sangat Kecil	Efek yang diabaikan pada kinerja sistem
3	Kecil	Sedikit berpengaruh pada kinerja sistem
4	Sangat Rendah	Efek yang kecil pada performa sistem
5	Rendah	Mengalami penurunan kinerja secara bertahap
6	Sedang	Beroperasi dan aman tetapi mengalami penurunan performa
7	Tinggi	Sistem beroperasi tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh
8	Sangat Tinggi	Sistem Tidak beroperasi
9	Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan sistem yang menghasilkan efek berbahaya dengan peringatan
10	Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan sistem yang menghasilkan efek berbahaya tanpa peringatan

Occurrence (Frekuensi) merupakan seberapa sering kemungkinan penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. Semakin tinggi skala menyatakan kekerapan terjadinya resiko sangat tinggi. Tabel 2 menunjukkan skala pengukutan untuk *occurrence*.

Tabel 2. *Occurrence rating*

Skala	Kekerapan	Keterangan
1	Hampir tidak pernah	Proses berada dalam kendali tanpa melakukan
2	Kerusakan jarang terjadi	Proses berada dalam pengendalian, hanya membutuhkan sedikit penyesuaian
3	Kerusakan yang terjadi sangat sedikit	Proses telah berada diluar kendali, beberapa penyesuaian diperlukan
4	Kerusakan yang terjadi sedikit	Kurang dari 30 menit <i>downtime</i>
5	Kerusakan yang terjadi pada tingkat rendah	30-60 menit <i>downtime</i>
6	Kerusakan yang terjadi pada tingkat Medium	1-2 jam <i>downtime</i>
7	Kerusakan yang terjadi agak tinggi	2-4 jam <i>downtime</i>
8	Kerusakan yang terjadi tinggi	4-8 jam <i>downtime</i>
9	Sangat Tinggi	Lebih dari 8 jam <i>downtime</i>
10	Hampir selalu	Lebih dari 100 kali

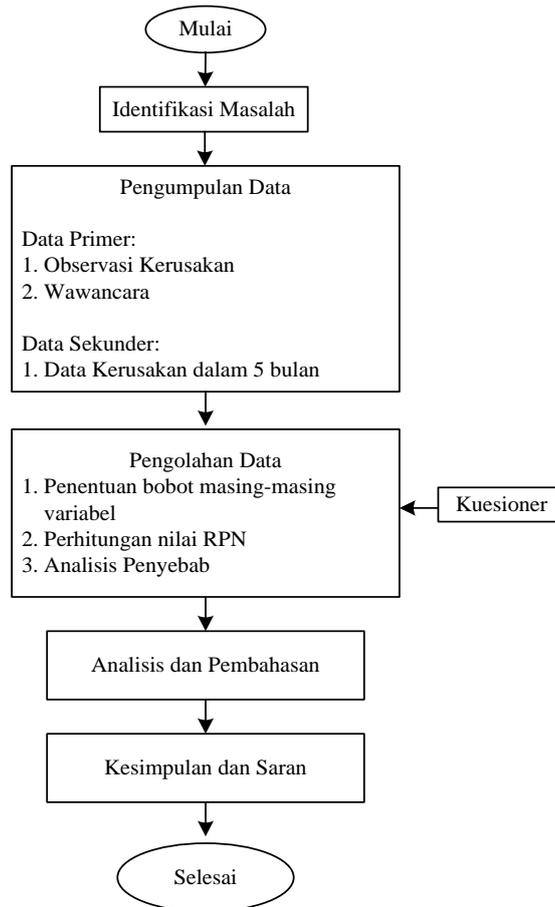
Detection (deteksi), adalah peringkat numerik dapat ditentukan dari kemampuan bagaimana kegagalan tersebut dapat diketahui sebelum terjadi. Tingkat deteksi juga dapat dipengaruhi dari banyaknya kontrol dan prosedur yang mengatur jalannya sistem penanganan operasional . Tabel 3 menunjukkan skala pengukutan untuk *detection*.

Tabel 3. *Detection rating*

Skala	Deteksi	Keterangan
1	Hampir pasti	Perawatan <i>preventive</i> akan selalu mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat tinggi dalam mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
3	Tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki peluang tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
4	Cukup Tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki peluang cukup tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
5	Sedang	Perawatan <i>preventive</i> memiliki peluang sedang untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
6	Rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
7	Sangat rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
8	Kecil	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan kecil untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
9	Sangat kecil	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat kecil untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan
10	Tidak pasti	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan <i>Non Detectable</i> untuk mendeteksi penyebab potensial dari mode kegagalan

Pada penelitian ini, skala dari masing-masing variabel akan ditentukan dengan memberikan kuesioner kepada 5 orang mekanik. Nilai dari masing-masing variabel akan menentukan besarnya RPN untuk masing-masing jenis kegagalan. Dari nilai RPN yang terbesar akan dilakukan analisis untuk mencari penyebab dari masalah menggunakan diagram sebab akibat.

Diagram sebab akibat merupakan sarana sederhana untuk menemukan penyebab dari suatu akibat (masalah). Salah satu keuntungan utama menggunakan diagram sebab dan akibat adalah memungkinkan untuk menuliskan semua ide secara bersamaan, yang dapat meningkatkan semangat tim [28]. Dari bentuknya, diagram ini disebut juga sebagai diagram tulang ikan. Diagram ini dapat digunakan pada tahapan analisa dan evaluasi dari masalah. Analisis ini juga bisa digunakan untuk memahami penyebab spesifik dari suatu masalah, menemukan ketidaksesuaian dalam proses, dan menemukan alasan ketidaksesuaian tersebut[29].



Gambar 1. Flowchart penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Dari data yang dikumpulkan, Pabrik Kelapa Sawit PT. Sewangi Sejati Luhur mempunyai 4 mesin *sterilizer* dengan menggunakan 4 *line*. Setiap *line* memiliki 1 mesin *sterilizer*. Berikut Tabel 4 menunjukkan frekuensi kerusakan mesin *sterilizer* pengolahan kelapa sawit selama 5 bulan.

Tabel 4. Frekuensi kerusakan mesin *sterilizer*

Mesin	Jumlah Kerusakan
Line 1	4 Kali
Line 2	2 Kali
Line 3	3 Kali
Line 4	3 Kali
Total	12 Kali

Berdasarkan hasil observasi dari setiap kerusakan yang terjadi didapatkan 3 jenis kerusakan yang sering terjadi pada mesin *sterilizer* yaitu: Karet *Packing door* bocor, Pipa *Inlet* bocor, dan *Plate* aluminium terlepas.

Kerusakan tersebut mengakibatkan terganggunya proses perebusan TBS. Jika kerusakan yang terjadi berat, Operator akan melakukan *emergency maintenance* sehingga proses perebusan harus dihentikan sementara. Akibatnya waktu yang dibutuhkan untuk perebusan menjadi lebih lama. Masing-masing kerusakan yang sering terjadi selama waktu pengamatan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Jenis kerusakan mesin *sterilizer*

Jenis Kerusakan	Area
Karet <i>Packing Door</i> Bocor	
Pipa <i>Inlet</i> Bocor	
Plate Aluminium Terlepas	

Analisis *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Dari ketiga jenis kerusakan/kegagalan maka dilakukan identifikasi kerusakan yang akan di prioritaskan untuk dilakukan perbaikan. Untuk menentukan prioritas kuesioner diberikan kepada 5 orang mekanik untuk diberikan bobot (skala 1-10) di masing-masing variabel (*Severity*/keparahan, *Occurrence*/frekuensi kejadian, dan *Detection*/deteksi kegagalan). Berikut Tabel 6 memperlihatkan bobot tingkat keparahan/*severity* dari setiap kerusakan yang diberikan oleh 5 orang mekanik.

Tabel 6. Perhitungan bobot *severity*

Jenis Kerusakan	M1	M2	M3	M4	M5
Karet <i>Packing Door</i> Bocor	5	4	4	4	5
Pipa <i>Inlet</i> Bocor	4	3	3	4	4
Plate Aluminium Terlepas	3	3	3	3	3

Dilihat dari bobot yang diberikan oleh mekanik, rata-rata rating yang diberikan berkisar angka 3, 4 dan 5. Hal ini menunjukkan tingkat keparahan yang terjadi masih dalam skala kecil sampai dengan rendah. Berikut perhitungan *Geometric Mean Severity* dari ke 5 Mekanik.

Karet *Packing Door* Bocor

$$GM = \sqrt[5]{5 * 4 * 4 * 4 * 5} = 4,37$$

Pipa *Inlet* Bocor

$$GM = \sqrt[5]{4 * 3 * 3 * 4 * 3} = 3,57$$

Palet Aluminium Terlepas

$$GM = \sqrt[5]{3 * 3 * 3 * 3 * 3} = 3$$



Tabel 7 memperlihatkan bobot tingkat frekuensi kejadian/*occurrence* dari setiap kerusakan yang diberikan oleh 5 orang mekanik.

Tabel 7. Perhitungan bobot *occurrence*

Jenis Kerusakan	M1	M2	M3	M4	M5
Karet <i>Packing Door</i> Bocor	4	5	4	4	3
Pipa <i>Inlet</i> Bocor	3	4	4	3	3
Plate Aluminium Terlepas	2	3	3	3	2

Dilihat dari bobot yang diberikan oleh mekanik, rata-rata rating yang diberikan berkisar angka 2, 3, 4 dan 5. Hal ini menunjukkan tingkat kejadian masih sedikit dan rendah. Berdasarkan Tabel 7 dapat dihitung *Geometric Mean Occurrence* dari ke 5 Mekanik.

Karet *Packing Door* Bocor

$$GM = \sqrt[5]{4 * 5 * 4 * 4 * 3} = 3,95$$

Pipa *Inlet* Bocor

$$GM = \sqrt[5]{3 * 4 * 4 * 3 * 3} = 3,37$$

Palet Aluminium Terlepas

$$GM = \sqrt[5]{2 * 3 * 3 * 3 * 2} = 2,55$$

Tabel 8 memperlihatkan bobot deteksi kegagalan/*detection* dari setiap kerusakan yang diberikan oleh 5 orang mekanik

Tabel 8. Perhitungan bobot *detection*

Jenis Kerusakan	M1	M2	M3	M4	M5
Karet <i>Packing Door</i> Bocor	5	4	5	6	5
Pipa <i>Inlet</i> Bocor	5	4	4	5	4
Plate Aluminium Terlepas	4	3	4	4	4

Dilihat dari bobot yang diberikan oleh mekanik, rata-rata rating yang diberikan berkisar angka 3, 4, 5 dan 6. Hal ini menunjukkan tingkat deteksi kegagalan verada dalam rentang tinggi sampai dengan rendah. Berdasarkan Tabel 8, dapat dihitung *Geometric Mean Detection* dari ke 5 Mekanik.

Karet *Packing Door* Bocor

$$GM = \sqrt[5]{5 * 4 * 5 * 6 * 5} = 4,96$$

Pipa *Inlet* Bocor

$$GM = \sqrt[5]{5 * 4 * 4 * 5 * 4} = 4,37$$

Plate Aluminium Terlepas

$$GM = \sqrt[5]{4 * 3 * 4 * 4 * 4} = 3,78$$

Rekapitulasi hasil pemberian bobot oleh masing-masing mekanik dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Jenis kerusakan mesin *sterilizer*

Jenis Kerusakan	S	O	D	RPN
Karet <i>Packing Door</i> Bocor	4,37	3,95	4,96	85,65
Pipa <i>Inlet</i> Bocor	3,57	3,37	4,37	52,48
Plate Aluminium Terlepas	3	2,55	3,78	28,9

Pada Tabel 9 dapat dilihat masing-masing nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk masing-masing jenis kerusakan. Berdasarkan hasil perhitungan dari masing-masing variabel, nilai RPN terbesar terdapat pada jenis kerusakan karet *packing door* bocor sebesar 85,65. Kerusakan karet *packing door* dapat menyebabkan keluarnya uap pada saat proses perebusan, hal ini akan mengakibatkan berkurangnya tekanan di dalam tabung *sterilizer*. Hal ini tentunya akan berpengaruh pada kualitas dan lama perebusan.

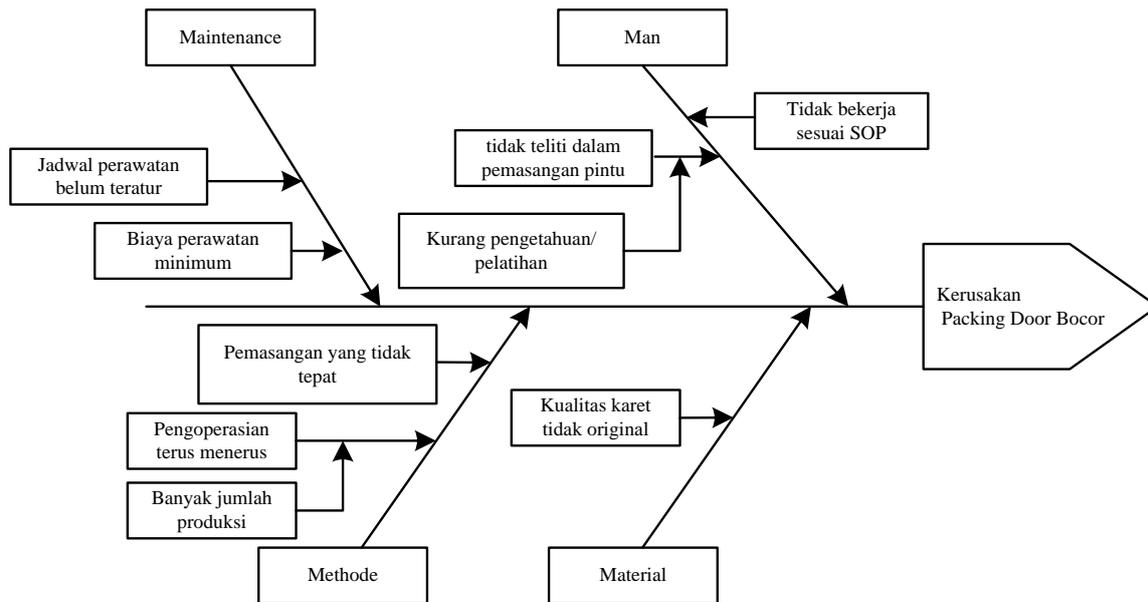
Jika dilihat dari nilai *geometric meannya*, kerusakan ini masih tergolong rendah dan bisa dideteksi. Jika kerusakan terjadi pada saat mesin digunakan, tidak akan membuat proses perebusan terhenti, namun berakibat



pada proses perebusan akan membutuhkan waktu yang lama dan kurang optimal. Meskipun kerusakan tergolong rendah, namun frekuensi kerusakan yang sering terjadi tidak bisa diabaikan, sehingga perlu diteliti lebih lanjut faktor apa saja yang mungkin menyebabkan rusaknya karet *packing door* ini.

Analisis Cause and Effect Diagram (Fishbone)

Berdasarkan hasil perhitungan nilai RPN yang sudah dilakukan, karet *packing door* bocor merupakan kerusakan yang perlu diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan. Sebelum melakukan perbaikan perlu dilakukan analisa terhadap faktor penyebab terjadinya karet *packing door* bocor menggunakan *fishbone* diagram. Gambar 2 merupakan hasil *brainstorming* dan wawancara dalam mencari penyebab masalah yang mengakibatkan karet *packing door* bocor.



Gambar 2. Fishbone kerusakan *packing door*

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa, penyebab terjadinya kerusakan *Packing Door* dapat bersumber dari material, manusia, metode dan *maintenance*. Berikut analisis untuk masing-masing faktor penyebab:

a. Material

Dari sisi material, karet *packing door* yang digunakan pada mesin bukanlah yang original, sehingga kualitasnya tidak sebagus yang original. Kualitas karet yang tidak bagus mengakibatkan karet lebih cepat rusak seiring dengan waktu operasi mesin yang cukup lama. Untuk mengatasi masalah ini sebaiknya pabrik menggunakan karet yang memiliki kualitas yang bagus dan tahan lama.

b. Manusia

Dari segi manusia, kerusakan dapat disebabkan oleh cara kerja yang tidak sesuai SOP. Pada saat pengoperasian terdapat prosedur yang harus dipastikan sudah sesuai sebelum mesin dijalankan. Selain itu kerusakan juga disebabkan oleh pemasangan atau penutupan pintu *sterilizer* yang tidak pas sehingga pelekatan tidak sempurna dan mengakibatkan kebocoran. Penyebab ini dapat berasal dari kurangnya pengetahuan operator dalam pengoperasian mesin. Untuk mengatasi permasalahan yang bersumber dari manusia, perusahaan dapat melakukan perbaikan sistem pelatihan kepada operator yang mengoperasikan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan operator dalam pengoperasian. Selain pelatihan, sebaiknya perusahaan juga melakukan sosialisasi yang terjadwal dan pengawasan terhadap pekerjaan.

c. Metode

Dari segi metode, kerusakan disebabkan oleh penggunaan mesin yang dilakukan secara terus menerus melebihi dari batas yang sudah ditentukan. Hal ini disebabkan oleh tingginya tingkat produksi. Penggunaan mesin secara terus menerus ini akan menimbulkan *fatigue* terhadap mesin. Dalam hal ini pabrik dapat melakukan pengaturan jadwal produksi yang lebih optimal, agar penggunaan mesin merata dan tidak melebihi kapasitas dari mesin itu sendiri. Penyebab lainnya yaitu cara kerja yang tidak sesuai. Maksudnya disini adalah pemasangan karet atau pintu *sterilizer* yang tidak tepat yang berakibat pada kerusakan. Untuk menanggapi permasalahan ini maka pabrik dapat mengatur jadwal pengoperasian dan perawatan mesin, sehingga pada saat dioperasikan baik mesin maupun *sparepart* yang digunakan dalam keadaan yang baik. Selain itu penting untuk menerapkan metode kerja yang sesuai dengan SOP yang sudah ada, sehingga perlu adanya pengawasan.

d. *Maintenance*

Selain itu juga terdapat penyebab dari segi biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan perawatan terbatas. Hal ini juga berdampak pada perawatan yang kurang maksimal. Berdasarkan penyebab diatas perusahaan dapat mengatasinya dengan melakukan pembelian material yang original dengan kualitas yang bagus serta melakukan penganggaran biaya perawatan dan pembelian material. Faktor lainnya yaitu pekerjaan *maintenance* tidak terjadwal dengan baik, sehingga kerusakan pada sparepart atau mesin tidak terdeteksi lebih awal. Untuk permasalahan ini pabrik dapat membuat jadwal perawatan mesin secara *preventive* serta membuat daftar ceklist kondisi mesin dan *sparepart* yang digunakan.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, kerusakan pada mesin *sterilizer* yang terjadi selama 5 bulan pengamatan didominasi oleh 3 jenis kerusakan. Tiga jenis kerusakan tersebut adalah Karet *Packing door* bocor, Pipa *Inlet* bocor, dan *Plate* aluminium terlepas. Setelah dilakukan analisis menggunakan FMEA, tingkat keparahan dari kerusakan yang terjadi masih tergolong rendah dan tingkat pendeteksian kerusakan tinggi. Dari hasil perhitungan RPN, kerusakan yang paling dominan dan memiliki prioritas utama untuk segera dilakukan perbaikan yaitu kerusakan karet *packing door* bocor dengan nilai RPN sebesar 85,65.

Berdasarkan analisis penyebab, karet *packing door* bocor dapat diakibatkan oleh beberapa hal, diantaranya penggunaan material yang tidak original, penggunaan mesin secara terus menerus, ketidakdisiplinan dalam *maintenance*, metode kerja yang tidak sesuai dan bekerja tidak sesuai dengan standar operasional prosedur yang ada. Untuk mengatasi agar kerusakan karet *packing door* bisa diminimasi, perusahaan dapat melakukan perbaikan dalam jangka pendek seperti penyusunan jadwal *maintenance*, penggunaan material yang berkualitas, dan pengaturan jadwal penggunaan mesin. Sedangkan untuk jangka panjang perusahaan dapat melakukan pelatihan kepada operator, perencanaan anggaran biaya perawatan dan material serta penggantian *spare part* lama ke yang baru.

Daftar Pustaka

- [1] P. Tarigan, E. Ginting, and I. Siregar, "Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance Dengan Modularity Design Pada Pt. Rxz," *J. Tek. Ind. USU*, vol. 3, no. 3, 2013.
- [2] D. H. Stamatis, *Risk management using failure mode and effect analysis (FMEA)*. Quality Press, 2019.
- [3] W. Wang, X. Liu, Y. Qin, and Y. Fu, "A risk evaluation and prioritization method for FMEA with prospect theory and Choquet integral," *Saf. Sci.*, vol. 110, pp. 152–163, 2018.
- [4] M. Kumru and P. Y. Kumru, "Fuzzy FMEA application to improve purchasing process in a public hospital," *Appl. Soft Comput.*, vol. 13, no. 1, pp. 721–733, 2013.
- [5] N. Tazi, E. Châtelet, and Y. Bouzidi, "Using a hybrid cost-FMEA analysis for wind turbine reliability analysis," *Energies*, vol. 10, no. 3, p. 276, 2017.
- [6] H. Selim, M. G. Yunusoglu, and Ş. Yılmaz Balaman, "A dynamic maintenance planning framework based on fuzzy TOPSIS and FMEA: application in an international food company," *Qual. Reliab. Eng. Int.*, vol. 32, no. 3, pp. 795–804, 2016.
- [7] S. Abbasgholizadeh Rahimi, A. Jamshidi, D. Ait-Kadi, and A. Ruiz, "Using fuzzy cost-based FMEA, GRA and profitability theory for minimizing failures at a healthcare diagnosis service," *Qual. Reliab. Eng. Int.*, vol. 31, no. 4, pp. 601–615, 2015.
- [8] T.-L. Nguyen, M.-H. Shu, and B.-M. Hsu, "Extended FMEA for sustainable manufacturing: An empirical study in the non-woven fabrics industry," *Sustainability*, vol. 8, no. 9, p. 939, 2016.
- [9] A. Brun and M. M. Savino, "Assessing risk through composite FMEA with pairwise matrix and Markov chains," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, 2018.
- [10] E. Bakhtavar and S. Yousefi, "Assessment of workplace accident risks in underground collieries by integrating a multi-goal cause-and-effect analysis method with MCDM sensitivity analysis," *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*, vol. 32, no. 12, pp. 3317–3332, 2018.
- [11] H. Seiti, A. Hafezalkotob, S. E. Najafi, and M. Khalaj, "A risk-based fuzzy evidential framework for FMEA analysis under uncertainty: An interval-valued DS approach," *J. Intell. Fuzzy Syst.*, vol. 35, no. 2, pp. 1419–1430, 2018.
- [12] D. Reza, S. Supriyadi, and G. Ramayanti, "Analisis Kerusakan Mesin Mandrel Tension Rell dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)," in *Prosiding Seminar Nasional Riset Terapan/ SENASSET*, 2017, pp. 190–195.
- [13] J. M. Nicholas and H. Steyn, *Project management for engineering, business and technology*. Routledge,

- 2020.
- [14] M. B. Anthony, "Analisis penyebab kerusakan hot rooler table dengan menggunakan metode failure mode and effect analysis (FMEA)," *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [15] E. P. Setiawan and N. B. Puspitasari, "Analisis Kerusakan Mesin Asphalt Mixing Plant Dengan Metode Fmea Dan Cause Effect Diagram (Studi Kasus: Pt Puri Sakti Perkasa)," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 7, no. 1, 2018.
- [16] I. S. Haq, A. Y. Darma, and R. A. Batubara, "Penggunaan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Identifikasi Kegagalan Mesin untuk Dasar Penentuan Tindakan Perawatan di Pabrik Kelapa Sawit Libo," *J. VOKASI Teknol. Ind.*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [17] A. Persat, "Identifikasi Penyebab Kerusakan dengan Pendekatan Failure Mode and Effect Analysis," *J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 132–137, 2020.
- [18] Y. Alfianto, "Analisis Penyebab Kecacatan Produk Weight A Handle Menggunakan Metode Fault Tree Analysis dan Failure Mode and Effect Analysis sebagai Rancangan Perbaikan Produk," *JIEMS (Journal Ind. Eng. Manag. Syst.)*, vol. 12, no. 2, 2019.
- [19] S. E. Edi Supardi and W. Alkhorni, "Analisis Gagal Antar Dengan Penerapan Metode Fmea Dan Fta Studi Kasus Di Pt Pos Indonesia Jakarta Pusat 10900," *J. Logistik Bisnis*, vol. 9, no. 02, pp. 9–15, 2019.
- [20] D. P. Sari, K. F. Marpaung, T. Calvin, M. Mellysa, and N. U. Handayani, "Analisis Penyebab Cacat Menggunakan Metode FMEA Dan FTA Pada Departemen Final Sanding PT Ebako Nusantara," *Pros. SNST Fak. Tek.*, vol. 1, no. 1, 2018.
- [21] A. Wicaksono and F. Yuamita, "Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Meminimalkan Cacat Kaleng Di PT XYZ," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. III, pp. 145–154, 2022.
- [22] A. S. M. Absa and S. Suseno, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Eq Spacing Dengan Metode Statistic Quality Control (SQC) Dan Failure Mode And Effects Analysis (FMEA) Pada PT. Sinar Semesta," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. III, pp. 183–201, 2022.
- [23] A. Anastasya and F. Yuamita, "Pengendalian Kualitas Pada Produksi Air Minum Dalam Kemasan Botol 330 ml Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) di PDAM Tirta Sembada," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. I, pp. 15–21, 2022, doi: <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i1.4>.
- [24] A. Wicaksono and F. Yuamita, "Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Untuk Meminimumkan Cacat Kaleng Di PT. Maya Food Industries," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, pp. 1–6, 2022, doi: <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i1.6>.
- [25] H. Soewardi and S. A. Wulandari, "Analysis of Machine Maintenance Processes by using FMEA Method in the Sugar Industry," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 528, no. 1, p. 12023.
- [26] X. Wu and J. Wu, "The risk priority number evaluation of FMEA analysis based on random uncertainty and fuzzy uncertainty," *Complexity*, vol. 2021, 2021.
- [27] H. Maylor and N. Turner, "Understand, reduce, respond: project complexity management theory and practice," *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, 2017.
- [28] M. Samanta, *Lean problem solving and QC tools for industrial engineers*. CRC Press, 2019.
- [29] G. Richards and S. Grinsted, *The Logistics and Supply Chain Toolkit: Over 100 Tools for Transport, Warehousing and Inventory Management*. Kogan Page Publishers, 2020.