

Analisis Kerusakan Pada Mesin *Autoclave* Dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis*

Agung Rahmat Fardan, Diana Andriani

Program Studi Teknik Industri, Universitas Komputer Indonesia, Bandung

Penulis Korespondensi: arfardan13@gmail.com

Abstract

Mesin produksi merupakan salah satu faktor produksi yang harus dioptimalkan penggunaannya. *Autoclave* adalah mesin yang digunakan untuk menghasilkan tekanan tinggi dan suhu yang stabil untuk proses curing atau pengeringan material komposit, seperti serat karbon dan resin epoxy, yang banyak digunakan dalam pembuatan struktur pesawat terbang. Dalam penggunaan mesin ini umumnya terjadi beberapa masalah, hal tersebut tentunya mengganggu keseluruhan proses produksi. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab dan akibat kerusakan pada subsistem Mesin *Autoclave* yang memiliki nilai RPN tertinggi serta langkah yang tepat untuk menanggulangi kerusakan yang terjadi pada komponen kritis Mesin *Autoclave*. Metode yang digunakan untuk penelitian adalah menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Valve Pneumatic dengan nilai RPN sebesar 196 dan Heating coil & Cooling coil dengan nilai RPN sebesar 192. Nilai RPN risiko tersebut berada diatas 148.83 yang merupakan nilai kritis RPN.

Kata kunci: FMEA, RPN, *Autoclave*, Maintenance, Downtime

1. PENDAHULUAN

Mesin memiliki peran krusial sebagai elemen produksi yang sangat berpengaruh dalam memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditentukan [1]. Untuk menjaga daya tahan dan performa mesin, diperlukan langkah-langkah perawatan yang sesuai [2]. Pemeliharaan merujuk pada serangkaian aktivitas yang bertujuan untuk merawat fasilitas produksi, melibatkan perbaikan, penyesuaian, atau penggantian yang diperlukan agar operasi produksi dapat berjalan sesuai rencana. Pemilihan strategi perawatan dapat meningkatkan kesiapan dan keandalan, sambil mengurangi tingkat kerusakan pada fasilitas dan mesin [3]. Pengurangan keuntungan perusahaan dapat terjadi akibat kerusakan mesin selama proses produksi [4]. Penyebabnya adalah karena waktu terbuang selama proses perbaikan mesin, biaya perbaikan, dan dampaknya terhadap jadwal produksi.

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam industri pesawat terbang. Dalam proses operasionalnya, PT. XYZ sering menggunakan mesin. Salah satunya adalah mesin *Autoclave* yang berperan penting dalam proses curing atau pengerasan komposit material. Mesin ini beroperasi hingga 16 jam sehari, namun karena frekuensi kerjanya yang tinggi, seringkali mengalami *downtime* yang cukup lama. *Downtime* bisa mencapai berbulan-bulan, dan setiap bulannya, terjadi satu kegagalan pada subsistem mesin yang memerlukan perbaikan. Oleh karena itu, diperlukan penerapan kegiatan perawatan yang optimal agar subsistem mesin *Autoclave* dapat beroperasi dengan baik. Penting bagi PT. XYZ untuk memahami faktor-faktor penyebab kerusakan susbsistem mesin *Autoclave*, karena keinginan bagian perencanaan produksi mungkin berbeda dengan realitas lapangan. Informasi tentang kerusakan dan keluhan dari operator di lapangan menjadi kunci untuk meningkatkan produktivitas mesin dengan menetapkan prioritas perawatan yang sesuai. Analisis kerusakan komponen mesin dan dampaknya perlu diperoleh untuk menentukan jenis perawatan yang tepat. Dengan memperoleh informasi ini, PT. XYZ perlu dilakukan penelitian perencanaan kegiatan *maintenance* pada mesin *Autoclave* untuk menghindari downtime yang dapat mengganggu proses produksi di lantai pabrik. Oleh karena itu, mengingat permasalahan yang dihadapi PT. XYZ seperti yang telah dijelaskan di atas, diperlukan penelitian. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam mengenai potensi kegagalan mesin, sehingga perusahaan dapat mengambil tindakan yang tepat untuk meningkatkan kinerja mesin dan meminimalkan risiko *downtime* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis*.

2. METODE PENELITIAN

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data downtime pada tahun 2017 sampai dengan tahun 2023. Data-data yang diambil berupa data *downtime* mesin *Autoclave*, data waktu kerja mesin, dan data jumlah produksi mesin. Data-data yang telah dikumpulkan akan diolah dan dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis*.

- Identifikasi masalah pada mesin *Autoclave*.
- Pengumpulan data.
- Menentukan komponen kritis.
- Analisis kerusakan mesin *Autoclave* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis*.

Penelitian dilakukan dengan mengetahui kerusakan-kerusakan yang ada dalam subsistem pada mesin *Autoclave*. Diskusi dilakukan bersama teknisi-teknisi yang berada di departemen *maintenance* agar lebih memahami kegiatan yang ada pada proses *maintenance*. Setelah mengetahui kegiatan yang ada pada proses *maintenance*, dilakukan penggunaan metode FMEA berdasarkan penelitian yang telah dilakukan [5]. Langkah awal yang dilakukan pada metode FMEA adalah dengan mengidentifikasi risiko yang ada pada masing-masing subsistem komponen kritis [6]. Langkah kedua adalah menentukan nilai kemungkinan, dampak, dan deteksi risiko pada masing-masing subsistem. Pada penelitian ini untuk mengidentifikasi risiko dan menentukan nilai kemungkinan, dampak, dan deteksi risiko dilakukan diskusi bersama teknisi dan operator. Dalam pembuatan laporan FMEA ini berisi hal-hal penting. Hal-hal tersebut memberikan informasi yang berkaitan dengan objek analisis. Berikut penjelasan isi laporan FMEA:

- Item / Function*: Menjelaskan nama dan fungsi dari objek yang diteliti.
- Potential Failure Modes*: Menjelaskan tentang potensi kerusakan yang sedang atau akan terjadi.
- Potential Effects of Failure*: Menjelaskan tentang potensi akibat kerusakan yang terjadi.
- Potential Causes of Failure*: Menjelaskan potensi penyebab kerusakan yang terjadi pada objek.
- Severity (S)*: *Severity* adalah evaluasi atau tingkat terkait dengan efek mode kegagalan potensial dan seberapa serius dampak bahaya ketika sistem beroperasi.

Berikut ini dapat dilihat pada tabel 1 skala *severity rating* yang dilakukan oleh tim FMEA

Tabel1. *Severity Rating*

Skala	Severity	Kriteria
10	Sangat bahaya sekali	Kerusakan kmponen menyebabkan kecelakaan secara tiba-tiba dan membahayakan keselamatan kerja.
9	Sangat bahaya	Kerusakan komponen menyebabkan kecelakaan kerja dan mesin tidak beroperasi namun ada peringatan pendeteksi dini.
8	Sangat tinggi	Kerusakan komponen mengaikbatkan mesin mati dan kehilangan fungsi utamanya.
7	Tinggi	Kerusakan komponen menyebabkan sistem mati namun mesin beroperasi.
6	Sedang	Kerusakan komponen mengakibatkan kinerja sistem menurun drastis namun mesin masih dapat beroperasi.
5	Rendah	Kerusakan komponen mengakibatkan kinerja sistem menurun secara bertahap namun mesin masih dapat beroperasi.
4	Sangat rendah	Kerusakan komponen mengakibatkan pengaruh kecilpada kinerja sistem dan mesin beroperasi sempurna.
3	Kecil	Komponen mengalami kinerja menurun namun sistem bahan bakar dan mesin beroperasi sempurna.
2	Sangat kecil	Komponen dianggap buruk tapi kinerja komponen masih baik dan sistem serta mesin berjalansempurna.
1	Tidak ada	Tidak ada pengaruh.

Penilaian *severity* dilakukan oleh tim FMEA berdasarkan pengetahuan mereka tentang produk, sistem, atau proses yang sedang dievaluasi. Tujuannya adalah untuk memahami sejauh mana dampak kegagalan tersebut terhadap tujuan keselamatan, kualitas, kinerja, dan tujuan lainnya.

- Occurnace (O)*: *Occurrence* adalah salah satu komponen penting dalam perhitungan RPN (*Risk Priority Number*) dalam metode FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*). *Occurrence* mengukur seberapa sering atau kemungkinan suatu mode kegagalan akan terjadi dalam suatu produk, sistem, atau proses. Ini membantu dalam menilai seberapa sering suatu kegagalan dapat muncul dalam operasional sehari-hari.

Berikut ini dapat dilihat pada tabel 2 yaitu *occurance rating* yang dilakukan oleh tim FMEA

Tabel 2. *Occurance rating*

Skala	Occurance	Kriteria
10		Kurang dari 2 jam operasi mesin
9	Sangat sering terjadi	2-10 jam operasi mesin
8		11-100 jam operasi mesin
7	Sering terjadi	101-400 jam operasi mesin
6		401-1.000 jam operasi mesin
5	Jarang terjadi	1.001-2.000 jam operasi mesin
4		2.001-3.000 jam operasi mesin
3	Sangat jarang terjadi	3.001-6.000 jam operasi mesin
2		6.001-10.000 jam operasi mesin
1	Tidak pernah terjadi	Lebih dari 10.000 jam operasi mesin

Penilaian *occurrence* biasanya dilakukan oleh tim FMEA berdasarkan data historis, pengalaman, pengujian, atau pengetahuan tentang produk, sistem, atau proses yang sedang dievaluasi. Tujuannya adalah untuk menilai seberapa sering mode kegagalan tersebut telah terjadi atau mungkin terjadi.

- g. *Detection (D)*: *Detection* adalah salah satu komponen penting dalam perhitungan RPN (*Risk Priority Number*) dalam metode FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*). *Detection* mengukur seberapa efektif organisasi dalam mendeteksi atau mengidentifikasi mode kegagalan sebelum mode kegagalan tersebut mencapai pelanggan atau mengakibatkan konsekuensi serius.

Berikut ini dapat dilihat pada tabel 3 *detection rating* yang dilakukan oleh tim FMEA

Tabel 3. *Detection rating*

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

Penilaian *detection* biasanya dilakukan oleh tim FMEA berdasarkan pengalaman, pengujian, evaluasi, atau pengetahuan tentang metode pengendalian yang ada dalam organisasi. Tujuannya adalah untuk menilai seberapa efektif organisasi dalam mengidentifikasi potensi mode kegagalan sebelum mereka memiliki dampak yang signifikan.

- h. *Risk Priority Number (RPN)*: Nilai ini merupakan produk dari hasil perkalian tingkat keparahan, tingkat kejadian, dan tingkat deteksi. RPN menentukan prioritas dari kegagalan, kemudian dilakukan pengurutan berdasarkan nilai RPN tertinggi sampai dengan terendah.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

- i. *Maintenance* atau dalam Bahasa Indonesia biasa diucapkan dengan perawatan merupakan suatu aktivitas untuk memelihara atau melindungi serta mengalakan perbaikan, agar terjaga suatu keandalan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan aturan yang diaturkan. Berdasarkan kebijakan dalam melaksanakannya, *maintenance* dapat dibagi dalam beberapa cara, yaitu:

1. *Preventive maintenance*: merupakan pemeliharaan direncanakan dan dilakukan sebelum mesin selalu berjalan perlahan-lahan mengalami kerusakan.
2. *Breakdown maintenance*: dilakukan secara darurat ketika mesin selalu berjalan yang digunakan telah rusak
3. *Predictive maintenance*: melakukan kegiatan perawatan berdasarkan hasil dari *monitoring* berkala mesin atau komponen mesin. Sehingga, keandalan mesin atau komponen mesin dapat dijaga.
4. *Turnaround* dalam suatu perusahaan direncanakan secara periodik untuk melakukan perawatan serta perbaikan secara menyeluruh dalam keadaan *shutdown*

3. HASIL DAN ANALISA

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk menilai potensi kegagalan mesin, membentuk dasar yang melibatkan strategi perawatan jangka panjang. Implementasi strategi perawatan dilakukan, diikuti oleh pemantauan terus-menerus untuk memastikan efektivitas perbaikan, dengan keseluruhan penelitian bertujuan meningkatkan efisiensi dan kinerja mesin Autoclave di PT. XYZ.

3.1. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi, penyebab kegagalan sehingga operator dapat mengontrol proses produksi dengan memfokuskan kontrol pada faktor penyebab kegagalan. Dalam pembuatan FMEA ditentukan terlebih dahulu efek yang ditimbulkan dari kegagalan pada proses, penyebab dari kegagalannya dan kontrol yang dilakukan dalam mencegah terjadinya dari kegagalan proses tersebut. FMEA ditentukan dengan menghitung resiko prioritas (RPN) yang merupakan hasil perkalian dari nilai *saverity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) [7].

Berikut contoh dari perhitungan RPN (*Risk Priority Number*) dari kegagalan rol karet terlalu keras yaitu : $RPN = 6 \times 3 \times 5$

Tabel 4 menampilkan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), memberikan *insight* terkait prioritas risiko yang diidentifikasi dalam konteks mesin *Autoclave* di PT. XYZ.

Tabel 4. Perhitungan RPN

No	Item	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
1	Valve Pneumatic	Kebocoran pada selang pneumatic.	Bisa menyebabkan Job Stop.	8	4	6	192
		Kerusakan Valve Pneumatic					
2	Recorder & Control	Error pada Control Temp & Safety Tempe	Bisa menyebabkan Job Stop.	8	3	5	120
		Error pada control pressure					
3	Kontaktor	Bad contact	Bisa menyebabkan Job Stop.	5	5	5	125
		Penurunan Perfomance Heating Coil.					
4	Heating Coil & Cooling Coil	Penurunan Perfomance Heating Coil.	Bisa menyebabkan temperature tidak tercapai.	7	4	7	196
		Kebocoran pada heating coil dan cooling coil					
5	Motor Fan	Motor kebakar	Bisa menyebabkan Job Stop	7	4	5	140
6	Hydraulic jembatan	Terjadi kerusakan pada hydraulic jembatan	Pekerjaan jadi terhambat	8	3	5	120

Berdasarkan analisa FMEA didapatkan masing-masing nilai RPN pada mesin *Autoclave* yang menunjukkan tingkat kepentingan dari komponen yang dianggap memiliki tingkat resiko tinggi oleh karena itu membutuhkan perlakuan khusus dengan melakukan perbaikan perawatan. Berikut urutan kegagalan nilai dari yang tertinggi sampai terendah, *Heating Coil & Cooling Coil* RPN : 196, *Valve Pneumatic* RPN : 192, *Motor Fan* : 140, *Kontaktor* RPN : 125, *Recorder & Control* dan *Hydraulic jembatan* RPN : 120.

Setelah mendapatkan rata-rata dari nilai RPN, maka dilakukan perhitungan nilai kritis RPN. Perhitungan nilai kritis RPN pada FMEA dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Nilai Kritis RPN} = \frac{\text{Total Nilai RPN}}{\text{Jumlah RPN}}$$

$$\text{Nilai Kritis RPN} = \frac{893}{6} = 148.83$$

Hasil akhir tabel 4 menunjukkan bahwa pada mesin *Autoclave* terdapat dua RPN yang berada di atas nilai kritis RPN sebesar 148.83 yaitu pada *item valve pneumatic* dan *heating coil & cooling coil* dimana nilai RPN dari masing-masing item tersebut adalah 196 dan 192. Sehingga diperlukan rekomendasi perbaikan sebagaimana yang terlampir di tabel 5.

Tabel 5. Tindakan perawatan

No	Item	Failure Mode	Tindakan perawatan
1	<i>Valve Pneumatic</i>	Kebocoran pada selang <i>pneumatic</i> .	Melakukan evaluasi untuk persediaan selang <i>pneumatic</i>
		Kerusakan <i>Valve Pneumatic</i>	Melakukan evaluasi untuk persediaan <i>Valve Pneumatic</i>
			Dilakukan pengecekan <i>valve pneumatic cooling</i> dan <i>heating</i> setiap melakukan PM 2000 dan PM 4000 Perencanaan untuk <i>retrofit</i>
2	<i>Heating coil & Cooling coil</i>	Penurunan Performance <i>Heating Coil</i> .	Melakukan evaluasi persediaan <i>Heating</i> dan <i>Cooling Coil</i>
		Penurunan Performance <i>cooling Coil</i> .	Melakukan pengecekan pada PM 2000 dan PM 4000
		Kebocoran pada <i>heating coil</i> dan <i>cooling coil</i>	Perencanaan <i>retrofit</i>

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa teridentifikasi 2 subsistem kritis dalam mesin *Autoclave* yaitu *Valve Pneumatic* dan *Heating coil & Cooling coil*. Penentuan nilai *Severity*, *Occurance*, *Detection* untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* sehingga didapatlah nilai RPN tertinggi yang terdapat pada 2 subsistem yaitu *Valve Pneumatic* dan *Heating coil & Cooling coil* yaitu dengan masing-masing nilai RPN sebesar 196 dan 192 dimana nilai tersebut merupakan nilai kritis yang melebihi 148.83.

Usulan rekomendasi perbaikan terhadap 2 subsistem kritis yang terdapat pada *Valve Pneumatic* yaitu melakukan evaluasi untuk persediaan selang *pneumatic*, melakukan evaluasi untuk persediaan *Valve Pneumatic*, dilakukan pengecekan *valve pneumatic cooling & heating* setiap melakukan PM 2000 dan PM 4000 dan perencanaan untuk *retrofit*. *Heating coil & Cooling coil* dengan melakukan evaluasi persediaan *Heating* dan *Cooling Coil*, Melakukan pengecekan pada PM 2000 dan PM 4000 dan Perencanaan *Retrofit*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Hasrul, M. J. Shofa, and H. Winarno, "Analisa kinerja mesin roughing stand dengan menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE) dan failure mode effect analysis (FMEA)," *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 3, no. 2, p. 55, 2017.
- [2] S. Nurjanah, "Analisis Perawatan Mesin Casting Zinc Menggunakan Metode Overall Equipment Effectivness (OEE) Melalui Pendekatan DMAIC," *JENIUS J. Terap. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 30–37, 2020.
- [3] R. F. Prabowo, H. Hariyono, and E. Rimawan, "Total Productive Maintenance (TPM) pada perawatan mesin grinding menggunakan metode overall equipment effectiveness (OEE)," *J. Ind. Serv.*, vol. 5, no. 2, pp. 207–212, 2020.
- [4] A. Rahman and S. Perdana, "Analisis produktivitas mesin percetakan perfect binding dengan metode OEE dan FMEA," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 7, no. 1, 2019.
- [5] I. Rizkia, H. Adiando, and Y. Yuniati, "Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Mengukur Kinerja Mesin Produksi Winding Nt-880N untuk Meminimasi Six Big Losses," *Reka Integr.*, vol. 3, no. 4, 2015.
- [6] D. H. M. Alala, "Pengukuran kinerja mesin produksi dengan metode overall equipment effectiveness di proses produksi pembuatan botol kemasan oli Pertamina di PT. Bumimulia Indah Lestari cabang Gresik." Universitas Muhammadiyah Gresik, 2016.
- [7] R. Setiadi and A. Z. Al Faritsy, "Perawatan Mesin Rice Milling Unit Dengan Metode OEE, FMEA, LTA dan Task Selection," *J. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 29–36.