

## Analisis Sistem Perawatan Mesin Produksi Menggunakan Metode FMEA di PT. X

I Wayan Sukania<sup>1</sup>, Chandra Wijaya<sup>2</sup>  
Program Studi Teknik Industri, Universitas Tarumanagara

Naskah diterima 20 07 2022; direvisi 15 05 2022; disetujui 15 05 2022  
doi: <https://doi.org/10.24843/JEM.2022.v15.i02.p06>

### Abstrak

PT. X bergerak dibidang percetakan dan pengemasan. Proses produksinya dimulai dari proses pemotongan kertas, pembuatan plat, pencetakan, pelapisan, proses pond, pengupasan, pengeleman, dan pengemasan. Dalam proses produksinya terkadang mesin produksi mengalami kendala yang menyebabkan kinerja mesin menurun. Kinerja menurun mengakibatkan produktifitas dan kualitas hasil produksi ikut menurun. Kendala yang paling dominan terjadi pada mesin pengeleman JK-650PC. Analisis menggunakan metode FMEA untuk mengetahui komponen kritis dengan nilai RPN > 55,647. Akhirnya diketahui 4 komponen mesin lem JK-650PC yang memiliki nilai RPM kritis yaitu brick, conveyor, fan belt, feeder. Berdasarkan hasil analisa data dan diskusi dengan staff bagian perawatan diketahui faktor penyebab kerusakan pada mesin JK-650PC antara lain faktor manusia, metode, mesin, dan material. Usulan tindakan untuk mencegah kegagalan yaitu dengan pembuatan jadwal perawatan dan penggantian secara berkala.  
Kata kunci: FMEA, usulan perbaikan.

### Abstract

*PT. X is engaged in printing and packaging. The production process starts from the paper cutting process, plate making, printing, coating, pond process, stripping, gluing, and packaging. In the production process, sometimes the production machine experiences problems which cause the machine's performance to decrease. Decreased performance resulted in decreased productivity and quality of production. The most dominant obstacle occurs in the JK-650PC gluing machine. The analysis uses the FMEA method to determine the critical components with RPN values > 55,647. Finally, it is known that 4 components of the JK-650PC glue machine have critical RPM values, namely brick, conveyor, fan belt, feeder. Based on the results of data analysis and discussions with the maintenance staff, it is known that the factors causing damage to the JK-650PC machine include human factors, methods, machines, and materials. Proposed action to prevent failure is to make a schedule of maintenance and replacement on a regular basis.*

*Keywords: FMEA, proposed improvements.*

### 1. Pendahuluan.

Persaingan industri yang makin ketat, memaksa industri untuk melakukan perbaikan secara terus-menerus terhadap kuantitas dan kualitas produknya agar mampu bersaing dalam memenuhi kepuasan konsumen. Demikian pula perkembangan teknologi yang pesat dan permintaan pasar yang meningkat merupakan tantangan bagi pihak manajemen, terutama pada bagian rantai produksi [1]. Peningkatan produktifitas merupakan salah satu keharusan. Salah satu faktor produksi yang harus diperhatikan yaitu bagaimana mengoptimalkan penggunaan mesin-mesin produksi. Mesin yang digunakan dalam kegiatan produksi harus mampu beroperasi

dengan optimal dan efisien serta menghasilkan produk berkualitas. Pengoperasian mesin dikatakan optimal bila memenuhi beberapa kriteria, salah satunya adalah nilai *downtime*-nya minimum. Untuk dapat menjamin pengoperasian mesin yang optimal, diperlukan suatu sistem perawatan dan pemeliharaan mesin yang tepat. Sistem perawatan mesin yang tepat merupakan sistem perawatan yang dapat memberikan jadwal perawatan dengan minimum *downtime* sehingga memberikan total biaya yang minimum juga [2]. Pemeliharaan merupakan suatu kegiatan yang diserahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi sehingga dari sistem itu

dapat diharapkan menghasilkan output sesuai dengan yang dikehendaki. Perawatan juga didefinisikan sebagai suatu aktivitas untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan [3]. Perawatan atau maintenance sebagai konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas/mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya [4].

PT. X adalah salah satu anak perusahaan milik ADR Grup yang didirikan pada tahun 2010. Perusahaan ini bergerak dibidang *printing and packaging*. Besarnya jumlah produksi sesuai dengan pesanan yang dibuat oleh anak perusahaan milik ADR Group sendiri dan juga perusahaan-perusahaan diluar ADR Group. Adapun produk-produk kemasan/*packaging* yang diproduksi dipabrik milik PT. X ini antara lain beng-beng, superman, nutrijell, nabati, la fonte, fullo, pondan, dan masih banyak lagi sesuai dengan pesanan customer. Proses produksi pada PT. X dimulai dari proses pemotongan kertas, pembuatan plat, pencetakan, *coating*, proses pond, pengopekan, pengeleman, dan *finishing* (*packing*). Proses produksi dilakukan terus menerus, sehingga mesin-mesin terkadang mengalami kendala-kendala yang menyebabkan kinerja mesin menurun. Penurunan kinerja terjadi pada mesin JK-650PC yang merupakan mesin pengeleman. Untuk mengantisipasi dan menangani hal tersebut PT. X mendirikan divisi *maintenance* yang ditugaskan untuk melakukan perawatan ataupun perbaikan terhadap semua mesin yang ada. Berdasarkan data yang ada, sistem *maintenance* yang diterapkan PT. X dikategorikan baik berdasarkan waktu *downtime* pada mesin. Namun untuk meningkatkan keandalan mesin maka sangat perlu untuk meningkatkan keandalan mesin produksi melalui perawatan yang optimal. Perawatan yang optimal mengakibatkan penurunan biaya perbaikan dan perawaan [5]. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk

mengetahui kendala/kerusakan yang terjadi pada mesin-mesin produksi di PT. X dan cara penanganan yang tepat.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Metode ini merupakan salah satu *tool* yang digunakan dalam metode *Lean Six Sigma*. FMEA dilakukan untuk menganalisa potensi kesalahan atau kegagalan dalam sistem atau proses, dan potensi yang teridentifikasi akan diklasifikasikan menurut besarnya potensi kegagalan dan efeknya terhadap proses. Metode ini membantu tim proyek untuk mengidentifikasi potential *failure mode* yang berbasis kepada kejadian dan pengalaman yang telah lalu yang berkaitan dengan produk atau proses yang serupa. FMEA membuat tim mampu merancang proses yang bebas waste dan meminimalisir kesalahan serta kegagalan [6]. Langkah yang diperlukan dalam melakukan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) yaitu [7]:

1. Menentukan proses yang mempunyai resiko tinggi
2. Menyusun diagram proses
3. Brainstorming potential *failure modes* dan akibat-akibat yang ditimbulkan
4. Menentukan prioritas *failure modes*
5. Identifikasi akar penyebab masalah dari *failure modes*
6. Membuat rancangan ulang proses
7. Analisa dan pengujian proses baru
8. Implementasi dan monitoring rancangan ulang proses

### 2.2. Risk Priority Number (RPN)

Pada analisis menggunakan metode FMEA, dilakukan tingkat prioritas *failure modes*. Dalam menentukan tingkat prioritas *failure modes* dapat dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). *Risk Priority Number* (RPN) adalah suatu indikator untuk mengukur resiko dari moda kegagalan dan menentukan tingkat skala prioritas perbaikan yang harus dilakukan terlebih dahulu [8]. Hasil produk matematis dari keseriusan effect (severity) adalah berupa RPN. Terjadinya

cause akan memungkinkan timbulnya kegagalan yang memiliki hubungan dengan effect (occurance), dan kemampuan melakukan deteksi sebelum terjadi kegagalan (detection). RPN tersebut merupakan hasil perkalian Severity x Occurrence x Detection [9]. Level resiko pada masing-masing *failure modes* ditentukan berdasarkan skala nilai RPN. Skala nilai RPN dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini [10].

Tabel 1. Skala Nilai RPN

Level Resiko	Skala Nilai RPN
Sangat Tinggi	101-125
Tinggi	76-100
Sedang	51-75
Rendah	26-50
Sangat Rendah	1-25

2.3. Skala severity, skala occurrence, dan skala detection

*Risk Priority Number* (RPN) didapatkan berdasarkan hubungan antara tiga buah variabel yaitu *Severity* (Keparahan), *Occurrence* (Frekuensi Kejadian), *Detection* (Deteksi Kegagalan) yang menunjukkan tingkat resiko yang mengarah pada tindakan perbaikan. Penjelasan mengenai masing-masing skala, yaitu skala *severity*, skala *occurrence*, dan skala *detection* dapat dilihat secara berurut pada Tabel 2. sampai 4. dibawah ini [11,12,13].

Tabel 2. Skala Severity

R an k	Effect	Severity
10	Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan sistem yang menghasilkan efek sangat berbahaya
9	Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan sistem yang menghasilkan efek berbahaya
8	Sangat tinggi	Sistem tidak bekerja
7	Tinggi	Sistem bekerja tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh

6	Sedang	Sistem bekerja dan aman tetapi mengalami penurunan performa sehingga mempengaruhi output
5	Rendah	Mengalami penurunan kerja secara bertahap
4	Sangat rendah	Efek kecil pada performa sistem
3	Kecil	Sedikit berpengaruh pada kinerja sistem
2	Sangat kecil	Efek yang diabaikan pada kinerja sistem
1	Tidak ada efek	Tidak ada efek

Tabel 3. Skala Occurrence

Ra nk	Effect	Occurrence
10-9	Sangat tinggi	Sering terjadi kegagalan
8-7	Tinggi	Kegagalan berulang-ulang
6-4	Sedang	Jarang terjadi gagal
3-2	Rendah	Sangat kecil terjadi kegagalan
1	Hampir tidak ada efek	Hampir tidak terjadi kegagalan

Tabel 4. Skala Detection

R a n k	Effe ct	Detection
10	Tidak pasti	Pengecekan akan tidak mampu untuk mendeteksi penyebab kegagalan
9	Sangat kecil	Pengecekan memiliki kemungkinan "very remote" untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
8	Kecil	Pengecekan memiliki kemungkinan "remote" untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
7	Sangat	Pengecekan memiliki kemungkinan sangat rendah

	rendah	untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
6	Rendah	Pengecekan memiliki kemungkinan rendah untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
5	Sedang	Pengecekan memiliki kemampuan sedang untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
4	Menengah ke atas	Pengecekan memiliki kemampuan cukup untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
3	Tinggi	Pengecekan memiliki kemampuan cukup tinggi untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
2	Sangat tinggi	Pengecekan memiliki kemampuan sangat tinggi untuk bisa mendeteksi penyebab kegagalan
1	Hampir pasti	Pengecekan akan selalu bisa mendeteksi penyebab kerusakan

### 3. Hasil dan Pembahasan

Tahapan penelitian diawali dengan studi pustaka untuk mendalami dasar-dasar dari *maintenance* dan metode untuk menemukan akar dan solusi permasalahan mengenai perawatan. Selanjutnya kunjungan lapangan dan pengambilan data serta diskusi dengan petugas lapangan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi di lantai produksi.

Pengolahan data penelitian menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) yang merupakan salah satu metode mengevaluasi risiko pada sistem. Proses pengolahan data menggunakan FMEA mengikuti tahapan yaitu: 1). Mengidentifikasi produk yang potensial yang berkaitan dengan cara-cara kegagalan proses. 2). Memperkirakan efek bagi konsumen yang potensial disebabkan oleh kegagalan 3). Mengidentifikasi sebab potensial proses perakitan dan identifikasi variabel-variabel pada proses yang berguna untuk memfokuskan pada pengendalian untuk mengurangi kegagalan atau mendeteksi

keadaan-keadaan keagagalan.4.) Mengembangkan sebuah daftar peringkat dari cara kegagalan yang potensial, kemudian menetapkan sistem prioritas pertimbangan untuk tindakan perbaikan [15].

Usulan perbaikan diperoleh dari hasil analisis yang dilakukan pada masing-masing penyebab dari setiap *failure modes* sehingga ditemukan suatu solusi untuk mengatasi berbagai kegagalan pada mesin JK-650PC.

## 4. Data dan Pembahasan

### 4.1. Data Hasil Penelitian.

Sistem maintenance mesin-mesin produksi yang diterapkan di PT. X adalah dengan cara melakukan pengecekan rutin pada setiap mesin produksi di hari sabtu. Hal ini dilakukan agar performa dari setiap mesin dapat terjaga dengan baik. Apabila ditemukan mesin yang mengalami kerusakan, akan segera melakukan perbaikan menggunakan sistem *corrective maintenance*. Kegiatan ini biasa disebut juga dengan kegiatan reparasi atau perbaikan. Dalam Kegiatan ini biasanya tidak dapat direncanakan terlebih dahulu sebab hanya dapat diperbaiki setelah terjadi kerusakan, bahkan terkadang perbaikan tersebut bisa tertunda dan terlambat. Kegiatan *corrective maintenance* bersifat perbaikan yakni menunggu sampai kerusakan terjadi terlebih dahulu, kemudian baru diperbaiki agar fasilitas produksi maupun peralatan yang ada dapat dipergunakan kembali dalam proses produksi sehingga operasi dalam proses produksi dapat berjalan lancar dan kembali normal [16].

*Corrective maintenance* biasanya dilakukan pada mesin- mesin yang beroperasi secara upnormal yaitu mesin yang masih bisa digunakan tetapi tidak optimal. Perawatan mesin-mesin di atas tentu dilakukan demi kepentingan sebuah perusahaan untuk terus bisa produktif, namun selain itu memiliki tujuan diantaranya dapat memperpanjang usia mesin, atau peralatan kerja, berkurangnya *downtime*, menjaga keselamatan karyawan yang menggunakan, pencegahan kerusakan berat yang mengakibatkan biaya lebih tinggi. Dengan menjaga mesin tetap stabil perusahaan tentu akan lebih mendapatkan

banyak benefit dan menghindari resiko-resiko yang tidak diinginkan [17].

Salah satu mesin produksi utama yang dimiliki yaitu mesin pengeleman. Penggunaan yang tanpa henti selama hampir 24 jam, mengakibatkan mesin pengeleman tersebut terkadang mengalami masalah. Mesin pengeleman di area produksi disajikan pada gambar 1. Adapun data frekuensi kerusakan pada ke empat mesin pengeleman di PT. X sepanjang tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 5. dibawah ini

Tabel 5. Frekuensi Kerusakan Mesin Lem Di PT. X

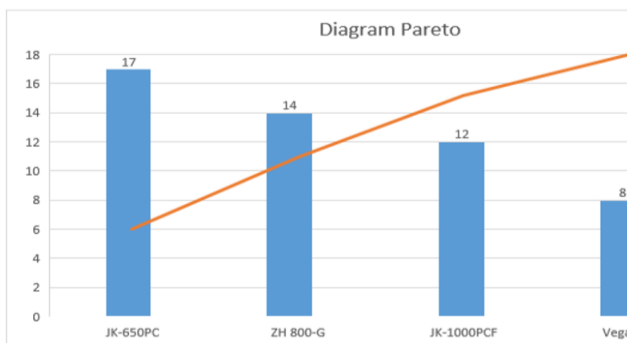
Jenis Mesin	Frekuensi Kerusakan
JK-1000PC F	12
JK-650PC	17
Vega 750	8
ZH 800-G	14



Gambar 1. Mesin Pengeleman.

#### 4.2. Analisis Data.

Berdasarkan tabel frekuensi kerusakan mesin pengeleman tahun 2021 diatas, maka dapat dibuat diagram Paretonya dan disajikan pada gambar 2, dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Pareto Frekuensi Kerusakan Mesin Lem 2021

Berdasarkan diagram Pareto diatas dapat diketahui bahwa mesin lem dengan frekuensi kerusakan terbanyak pada tahun 2021 di PT. X adalah mesin JK-650PC. Data kerusakan mesin JK-650PC pada tahun 2021 di PT. X dapat dilihat pada Tabel 6. dibawah ini.

Tabel 6. Data Kerusakan Mesin JK-650PC Tahun 2021

No.	Komponen Mesin	Frekuensi	Akumulasi Kerusakan	Presentase Kerusakan (%)	Akumulasi Presentase Kerusakan (%)
1	Belt Konveyer	6	6	35%	35%
2	Bearing Brick	4	10	24%	59%
3	Fan belt	2	12	12%	71%
4	As Body	2	14	12%	83%
5	Sekring	1	15	6%	89%
6	Kompressor	1	16	6%	94%
7	Fidder	1	17	6%	100%

Berdasarkan data kerusakan mesin JK-650PC tahun 2021 pada Tabel 6. diatas, dapat diketahui komponen-komponen yang mengalami kendala/kerusakan pada mesin JK-650PC. Dari data tersebut akan dilakukan analisis FMEA untuk mengetahui tingkat prioritas *failure modes* yang dilakukan dengan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Dalam pengisian tabel FMEA ini, peneliti didampingi oleh *staff maintenance* yang bertugas untuk melakukan perawatan rutin pada mesin JK-650PC. Setiap kerusakan pada mesin JK-650PC akan diberikan pembobotan nilai berdasarkan skala *Severity* (Keparahan), *Occurrence* (Frekuensi Kejadian), *Detection* (Deteksi Kegagalan) sesuai keterangan pada Tabel 2. sampai Tabel 4. diatas. Tabel

perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada mesin JK-650PC dapat dilihat pada Tabel 7. dibawah ini

Tabel 7. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

N o.	Functional Failure	Failure Mode	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN	Rank
1	Konveyor	Belt Konveyer Geser Jauh dan Pelan	5	4	2	40	5
		Konveyer Tidak Jalan	8	2	5	80	3
		Rantai Putus	7	3	3	63	4
		Fan belt Putus	7	2	3	42	4
		Belt Konveyer Lepas	6	4	2	48	0
		Baut Konveyer Lepas	6	3	3	54	9
2	Sekring	Tombol Start tidak berfungsi	7	2	4	56	6
3	Fan belt	Fan belt Robek	5	3	3	45	1
		Fan belt Putus	7	3	4	84	2
4	Brick	Bearing Brick Hancur	8	3	4	96	1
		Brick Feeder Mati	5	3	4	60	5
		Piringan Lem Samping Goyang	6	3	2	36	7
		Bearing Rusak	7	2	4	56	7
5		As Pengerak	5	3	3	45	2

	As Body	Body Lepas					
		As Feeder Rusak (Aus)	5	4	2	40	6
6	Kompressor	Kompresso					
		r Tembakan Lem Lepas	5	3	3	45	3
7	Fidder	Jarak Fidder Rusak	7	2	4	56	8

Berdasarkan pembobotan nilai berdasarkan skala *severity* (keparahan), *occurrence* (frekuensi kejadian), *detection* (deteksi kegagalan) untuk masing-masing *failure modes* pada Tabel 7. diatas, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai kritis RPN dan level resiko berdasarkan nilai RPN. Hal tersebut dilakukan untuk menentukan *failure modes* yang dikategorikan sebagai kegagalan kritis yang perlu diberikan perhatian lebih. Perhitungan nilai kritis RPN adalah sebagai berikut:

$$\text{Nilai Kritis RPN} = \frac{\text{Total Nilai RPN}}{\text{Jumlah Failure Modes}} \quad (1)$$

$$\text{Nilai Kritis RPN} = \frac{946}{17} = 55,647$$

*Failure modes* yang dikategorikan sebagai kegagalan kritis adalah *failure modes* yang memiliki nilai RPN > nilai kritis RPN yaitu nilai RPN > 55,647. Berikut adalah tabel *failure modes* yang memiliki nilai RPN > 55,647 dan yang dikategorikan sebagai kegagalan kritis adalah:

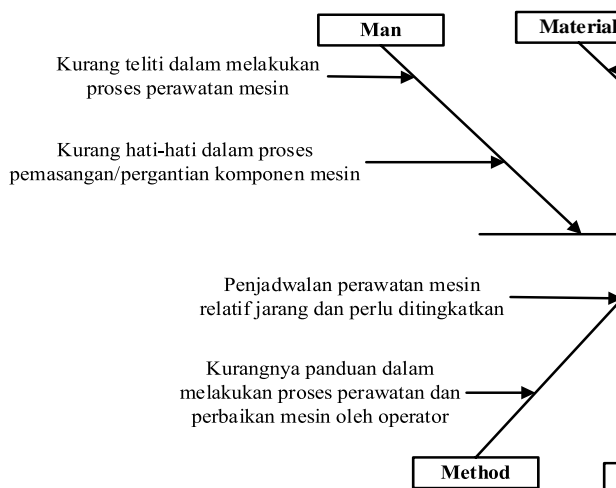
Tabel 8. Prioritas Kerusakan yang Perlu Diperhatikan

N o.	Functional Failure	Failure Mode	RPN	Level Resiko
1	Brick	Bearing Brick Hancur	96	Tinggi
2	Fan belt	Fan belt Putus	84	Tinggi

3	Konveyer	Konveyer Tidak Jalan	80	Tinggi
4	Konveyer	Rantai Putus	63	Sedang
5	Brick	Brick Feeder Mati	60	Sedang
6	Sekring	Tombol Start tidak berfungsi	56	Sedang
7	Brick	Bearing Rusak	56	Sedang
8	Fidder	Jarak Fidder Rusak	56	Sedang

### 4.3. Pembahasan.

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa seluruh komponen-komponen yang tertera pada tabel tersebut merupakan *failure modes* yang kritis, yang mempunyai nilai RPN lebih dari 55,647 (Nilai Kritis RPN). Langkah selanjutnya adalah analisa terhadap faktor kerusakan pada mesin lem JK-650PC menggunakan diagram *fishbone*. Diagram *fishbone* dapat menggambarkan dan mengidentifikasi faktor, penyebab, dan efek pada masing-masing komponen kritis yang dapat menimbulkan permasalahan pada suatu masalah. Diagram *fishbone* untuk *failure modes* kritis pada mesin lem JK-650PC dari hasil diskusi dengan bagian perawatan disajikan pada Gambar 3. dibawah ini.



Gambar 3. Diagram *fishbone* mesin lem JK-650PC

Berdasarkan diagram tulang ikan di atas dan dari hasil diskusi dengan bagian perawatan diperoleh beberapa usulan untuk

perawatan rutin dan perbaikan disajikan pada Tabel 9. Strategi pemeliharaan dikategorikan kedalam tiga strategi yaitu pemeliharaan prediktif ( $RPN > 300$ ), pemeliharaan preventif ( $200 < RPN < 300$ ) [1].

Tabel 9. Saran Perbaikan

No.	Functional Failure	Failure Mode	Failure Cause	RPN	Usulan Perbaikan
1	Brick	Bearing Brick Hancur	Penggunaan komponen bekas/ <i>second cond</i>	96	Menggunakan komponen yang kompetibel dengan mesin
2	Fan belt	Fan belt Putus	Kurang pemberian pelumas	84	Memberikan pelumas secara berkala, dengan jadwal yang rutin
3	Konveyor	Konveyor Tidak Jalan	Penggunaan komponen bekas/ <i>second cond</i> yang telah sobek Terdapat kotoran-kotoran yang menumpuk	80	Menggunakan komponen baru yang kompetibel dengan mesin Melakukan pembersihan secara berkala dengan jadwal yang rutin
4	Konveyor	Rantai Putus	Pemasangan rantai	63	Melakukan pengecek

			setelah perawatan terlalu tegang		an ulang komponen-komponen setelah perawatan
			Kurang pemberian pelumas		Memberikan pelumas secara berkala, dengan jadwal yang rutin
5	Brick	Brick Feeder Mati	Brick terbakar karena sudah lama tidak diganti	60	Mengganti komponen mesin secara berkala, dengan jadwal yang rutin
6	Sekring	Tombol Start tidak berfungsi	Kabel terputus	56	Mengganti kabel dengan komponen yang kompatibel dengan mesin
			Sekring terbakar		Mengganti dengan komponen baru yang kompatibel dengan mesin
7	Brick	Bearing Rusak	Kurang pemberian pelumas	56	Memberikan pelumas secara berkala, dengan

					jadwal yang rutin
					Memberikan oli secara berkala pada komponen-komponen yang rawan berkarat
			Terdapat karatan pada bearing		
8	Fidder	Jarak Fidder Rusak	Komponen sudah usang	56	Mengganti komponen mesin secara berkala, dengan jadwal yang rutin

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat 4 komponen mesin lem JK-650PC yang memiliki nilai RPM kritis yaitu brick, konveyor, fan belt, feeder.
2. Penyebab kerusakan mesin JK-650PC di PT. X terbagi dalam 4 faktor utama yaitu manusia, material, metode dan mesin.
3. Usulan tindakan untuk mencegah kegagalan yaitu dengan pembuatan jadwal perawatan dan penggantian secara berkala.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irfian D. S., Golfrid G., and Diman R. S. T., "Pengaplikasian FMEA untuk Mendukung Pemilihan Strategi Pemeliharaan pada Paper Machine".



- Jurnal Teknik Mesin Untirta Vol. V No. 2, Okt, hal. 39 – 43, 2019.
- [2] Dhillon, B.S. 2006. *Maintanability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. New York: Taylor & Francis Group, LLC.
- [3] Munawir H., Restiana M. U., and Much D., “Analisa Risiko Kegagalan Terhadap Downtime Pada Line Crank Case Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis”. *Jurnal Teknik Industri* vol 3 No. 2, Mar, hal 78-89, 2020.
- [4] Ansori N dan Mustajib, *Sistem Perawatan Terpadu*, Graha Ilmu, Yogyakarta. 2013
- [5] Eti Krisnawati., “Penentuan Interval Perawatan Mesin Produksi Untuk Meningkatkan Availability Melalui Analisis Keandalan”. *Optimum* Volume 2 No. 1 2001 Hal. 36-46, *Jurnal Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Malang*.
- [6] Robin E McDermott, Raymond J Mikulak, dkk. 2010. *The Basics Of Fmea, 2nd Edition*. United States of America: American Society for Quality, Quality Press.
- [7] Adar, Elanur dkk. (2017). *The Risk Analysis By Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) And Fuzzy FMEA Of Supercritical Water Gasification System Used In The Sewage Sludge Treatment*. *Journal Of Enviromental Chemical Engineering* 5(1), 1261-1268. Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey.
- [8] Corder, Antony. 1999. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga.
- [9] Pibisono A., Suprpto, and Rahmatul A., “ANALISIS KEGAGALAN MAINTENANCE UNIT PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE FMEA DAN FTA DI PT. SAPTAINDRA SEJATI”. *Jurnal Aplikasi Ilmu Teknik Industri* Volume 1, Nomor 2, Sept, pp 1-10, 2020.
- [10] Nakagawa, Toshio. 2005. *Maintenance Theory of Reliability*. London: Springer.
- [11] Blanchard, B., S., Dinesh V., Elmer, L., P. (1994). *MAINTAINABILITY: A Key to Effective Servicebility and Maintenance*. Management. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [12] Campbell, J., D., Andrew K.S.J. (2001). *Maintenance Excellence Optimizing Equipment Life-Cycle Decision*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- [13] Sehrawat, M.S and J.S Narang. (2001). *Production Management*. Nai Sarak, Dhanpapat RAI Co.
- [14] Ilmal R., Zamri, dkk. “Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo”. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri* Volume 9, No 3, Okt, 2020
- [15] Gustina T. A. and Eldona L., “Implementasi FMEA Untuk Perawatan Preventif (Studi Kasus : Fasilitas Usaha Kecil Menengah)”. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI)* 8. Pekanbaru, 9 November 2016.
- [16] Ereso Anggono, Willyanto, dkk. 2005. *Preventive Maintenance System dengan Modularity Design Sebagai Solusi Penurunan Biaya Maintenance*. Studi Kasus di Perusahaan Tepung Ikan. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- [17] Suparlan, Suwandi. (2002). *Perawatan Mesin*. Bandung: Penerbit ITB