

Perancangan Pemeliharaan Mesin Filter Press dengan metode FMECA dan Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus PT. XYZ)

Fajar Samharil¹, Elly ismiyah², Efta Dhartikasari Priyana³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia

Email: fajarsamharil@gmail.com¹, ismi_elly@umg.ac.id², eftadhartikasari@umg.ac.id³

ABSTRAK

PT. XYZ ialah perusahaan yang bergelut dalam bidang FMCG dengan hasil produk berupa minyak goreng. Salah satu faktor yang mesti diperhatikan dalam upaya melakukan peningkatan produktivitas perusahaan ialah dalam aktivitas perawatan mesin atau maintenance. Hambatan yang sedang dihadapi perusahaan dalam proses produksi saat ini ialah sering terjadinya downtime pada mesin filter press walaupun sudah dilakukannya aktivitas preventive maintenance. Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan untuk menentukan interval maintenance yang optimal berdasarkan penilaian titik kritis dari metode FMECA dan perhitungan RCM. Hasil dari penilaian titik kritis berdasarkan FMECA ini terdapat lima komponen yang akan dilakukan pengkajian lebih dalam yaitu selenoid, frame plate, filter cloth, frame design, dan hose air shaker. Dari tiap komponen tersebut dilakukan perhitungan dengan metode RCM guna mendapatkan waktu interval maintenance yang optimal. Hasil perhitungan ini yaitu komponen filter cloth dilakukan perawatan setiap 12 jam, komponen frame design dilakukan perawatan setiap 16 jam, komponen hose air shaker dilakukan perawatan setiap 12 jam, komponen frame plate dilakukan perawatan setiap 11 jam dan selenoid dilakukan perawatan setiap 15 jam. Dengan dilakukannya perawatan pada tiap komponen tersebut dapat menghemat biaya perawatan sebesar Rp. 35.156.067.

Kata kunci: Filter Press, FMECA, Mean Time To Failure, Mean Time To Repair, Reliability Centered Maintenance

ABSTRACT

PT. XYZ is a company engaged in the field of FMCG with a product in the form of cooking oil. One of the factors that must be considered in an effort to increase company productivity is in machine maintenance or maintenance activities. The obstacle faced in the current production process is the frequent occurrence of downtime on filter press machines even though preventive maintenance activities have been carried out. Therefore, this study aims to determine the optimal maintenance interval based on the critical point assessment of the FMECA method and RCM calculations. The results of the critical point assessment based on the FMECA are five components that will be studied more deeply, namely selenoid, frame plate, filter cloth, frame design, and air shaker hose. From each of these components, calculations are carried out using the RCM method in order to obtain the optimal maintenance time interval. The results of this calculation are that the filter cloth component is maintained every 12 hours, the design frame component is maintained every 16 hours, the hose air shaker component is maintained every 12 hours, the frame plate component is maintained every 11 hours and the selenoid is maintained every 15 hours. By doing maintenance on each of these components can save maintenance costs of Rp. 35,156,067

Keywords: Filter Press, FMECA, Mean Time To Failure, Mean Time To Repair, Reliability Centered Maintenance

Pendahuluan

Dalam pelaksanaan proses produksi, pentingnya melakukan penerapan sistem pemeliharaan atau maintenance dilakukan guna menjaga kondisi mesin tetap prima sehingga tidak menyebabkan kemacetan pada proses produksi [1]. Maka dari itu, perlakuan maintenance yang terjadwal perlu diterapkan untuk men-support kelancaran proses produksi terhadap seluruh fasilitas mesin-mesinnya [2][3][4]. Permasalahan yang disebabkan oleh mesin sebagian besar ialah perihal downtime machine [5][6][7].

Pemeliharaan mesin merupakan suatu aktivitas yang bertujuan untuk mengembalikan sistem pada mesin kedalam kegunaannya semula [8][9]. Pada umumnya sistem pemeliharaan terbagi menjadi dua yaitu preventive maintenance dan corrective maintenance [10][11]. Preventive maintenance ialah aktivitas pemeliharaan yang diterapkan sebelum mesin trouble, sedangkan corrective maintenance ialah aktivitas pemeliharaan yang dilakukan saat terjadi trouble pada mesin [12][13]. tingginya tingkat kegiatan corrective maintenance dapat menyebabkan pembengkakan biaya maintenance [14][15]. Oleh Karena itu, Preventive Maintenance penting dilakukan guna meningkatkan efektifitas dalam menangani mesin atau afasilitas



pada proses produksi yang tergolong dalam critical unit [16][17]. Selain itu, aktivitas ini dapat mendeteksi celah penyebab disfungsi machine sehingga dapat meminimasi terjadinya prevent failure, dapat meningkatkan machine reliability dan availability pada komponen mesin tersebut [18][19]. Guna melakukan pencegahan terjadinya kerusakan pada mesin, dilakukannya interval pejadwalan perawatan atau maintenance. Ketidaktepatan dalam melakukan penjadwalan maintenance atau pemeliharaan dapat berakibat terjadinya cost lost berlebih pada proses produksi [20]–[31].

PT. XYZ merupakan perusahaan FMCG yang produk utamanya adalah minyak nabati. Salah satu kendala yang sering dihadapi perusahaan adalah proses penyaringan pada mesin penyaring minyak inti sawit mentah (CPKO). Proses penyaringan ini ialah proses pemisahan fraksi CKL cair (olein) dan fraksi padat (stearin) dengan tekanan dari pompa bertekanan tinggi. Berdasarkan informasi yang diterima Perseroan sejak Oktober 2021 hingga Mei 2022, permasalahan yang terjadi di fasilitas penyaringan minyak CPKO adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Data permasalahan kinerja mesin CPKO

No.	Masalah <i>Performance</i>	Avg Kejadian	Ranking
1.	<i>Air Shaker</i> tidak berfungsi sebagaimana mestinya.	12	1
2.	<i>Blowing cake</i> tidak maksimal	10	2
3.	<i>Blower</i> di <i>cold room</i> temperetur ruang pendingin tidak sesuai SOP.	5	3

Tabel 1 memberikan informasi permasalahan kinerja di sebagian besar pabrik CPKO yaitu mesin filter yang terjadi rata-rata 12 kali per bulan, oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengkajian lebih dalam terkait permasalahan yang terjadi pada mesin filter press dikarenakan pada mesin tersebut mengalami kerusakan yang lebih sering dibanding dengan mesin lainnya yang terdapat pada departemen CPKO. Tabel 2 merupakan data kerusakan mesin filter press dari Oktober 2021 hingga Mei 2022.

Tabel 2. Data *downtime* mesin *filter press*

Bulan	Jumlah Hari	<i>Running Time</i> (Menit)	<i>Planned Downtime</i> (Menit)	<i>Unplanned Downtime</i> (Menit)
Oct'21	31	44.640	1.920	3.900
Nov'21	30	43.200	1.920	5.400
Des'21	31	44.640	1.920	4.980
Jan'22	31	44.640	1.920	3.240
Feb'22	28	40.320	1.920	4.260
Mar'22	31	44.640	1.920	3.420
Apr'22	30	43.200	1.920	5.580
Mei'22	31	44.640	1.920	4.980
Total		349.920	15.360	38.864

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi tingginya downtime mesin yaitu RCM, metode ini landasan dasar yang dipergunakan dalam mengidentifikasi tindakan preventive maintenance secara terjadwal [32]–[37]. RCM dapat digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dibuat untuk memastikan bahwa asset fisik masih bisa melakukan fungsi yang diharapkan operasinya saat ini [38]–[45]. Filosofi dalam menjalankan kegiatan preventive maintenance tidak hanya mencegah bottle neck dan meminimalkan biaya operasional, tetapi juga memperbaiki output dan kualitas produk [46]–[52]. Tujuan dilakukannya metode RCM pada maintenance ialah untuk memperoleh informasi penting terkait celah improvement yang mestinya harus diperbaiki dengan pengembangan desain atau maintainability dengan baik, untuk memaksimalkan kehandalan mesin tanpa mengurangi nilai safety index, untuk meminimalkan biaya perawatan [53].

Dalam penelitian ini dilakukan juga identifikasi pokok permasalahan pada mesin dengan metodologi FMECA (Failure Mode Effect Critical Analysis), metodologi ini merupakan pengembangan dari metode FMEA yang mana merupakan suatu metode kuantitatif yang berguna untuk identifikasi potensi kerusakan dengan menambahkan analisis pada critical point atau titik kritis [54]. Metode ini berguna untuk mengevaluasi beberapa risiko yang bersumber dari potensi terjadinya kegagalan dengan melakukan perhitungan RPN (Risk Priority Number), RPN ini terdiri dari tingkat keparahan (severity), banyaknya gangguan yang dapat menyebabkan kegagalan (occurrence), dan tingkat deteksi (detection) [55]. Dalam menentukan nilai RPN diperlukan pakar yang memahami mesin filter press berasal dari PT. XYZ. Dengan digunakan metode RCM dan FMEA indiharapkan dapat mengetahui waktu interval pemeliharaan yang terorganisir dengan *task-task* yang terjadwal dan tentunya dapat meminimalkan biaya pemeliharaan tersebut.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode RCM dengan analisis FMECA guna menentukan titik kritis yang terjadi pada kegagalan sistem. Objek pada penelitian ini ialah mesin filter press yang berada pada departemen CPKO, mesin ini dipilih karena jumlah kejadian kerusakan mesin terbanyak sehingga menyebabkan downtime yang dapat menghambat proses



produksi dan tentunya menyebabkan kerugian pada perusahaan. Langkah pertama yaitu mengidentifikasi part-part mesin berdasarkan breakdown structure guna menentukan critical component. Selain itu, dikumpulkan juga informasi kerusakan mesin, waktu perbaikan, informasi penggantian komponen biaya perawatan yang ada dan informasi berguna lainnya untuk mendukung perhitungan RCM dan FMECA. Tabel 3 merupakan data produksi minyak PT. XYZ.

Tabel 3. Data produksi minyak PT. XYZ

	Target perbulan (liter)	Total Defect (liter)	Total Produksi (liter)
Oct'21	6.813.187	644.078	6.169.109
Nov'21	6.593.407	897.436	5.695.971
Des'21	6.813.187	828.449	5.984.737
Jan'22	6.813.187	528.694	6.284.493
Feb'22	6.153.846	708.791	5.445.055
Mar'22	6.813.187	570.818	6.242.369
Apr'22	6.593.407	924.908	5.668.498
Mei'22	6.813.187	828.449	5.984.737
Total	53.406.595	5.931.623	47.474.969

Berdasarkan tabel 2 diketahui bahwa defect yang disebabkan karena tingginya kerusakan pada mesin filter press merugikan perusahaan sebesar 5.931.623 liter minyak atau sebesar 12% dari total produksi. Oleh karena itu, perlunya dilakukan pemeliharaan mesin untuk menjaga kehandalan suatu mesin [17].

Pengolahan data didasarkan pada penentuan interval kegagalan pada machine dengan menggunakan tes Anderson-Darling dan bantuan software minitab untuk mendapatkan informasi terkait Mean Down Time (MDT). Analisis FMECA berguna untuk memperoleh informasi tentang bagian-bagian penting dari filter press. Selanjutnya, melakukan perhitungan nilai MTTR dan MTTF dari data TTR dan TTF menggunakan tes Anderson-Darling dan software Minitab. Perhitungan TTR ialah waktu yang berlalu antara kerusakan komponen dan perbaikan komponen diperhitungkan. Perhitungan TTF mempertimbangkan waktu yang dibutuhkan komponen untuk diperbaiki sebelum komponen kembali rusak [18].

Pengetesan model distribusi dilaksanakan terhadap masing-masing komponen. Distribusi dipilih berdasarkan nilai korelasi tertinggi dari Index of Fit menggunakan metode least square dari software Minitab [19]. Jika komponen kritis terdistribusi secara normal, μ adalah MTTF atau MTTR dari komponen tersebut. Namun apabila terdapat hasil distribusi weibull, berikut merupakan rumus untuk menghitungnya.

$$MTTR/MTTF = \theta \cdot \gamma \quad (1)$$

Selanjutnya, sistem didefinisikan menggunakan LTA (Logic Tree Analysis) untuk mendapatkan task pemeliharaan preventif. Pada metode RCM, perlu digunakan pemilihan tindakan perawatan preventif, MTTR, MTTF sebagai input untuk menentukan interval waktu tindakan pencegahan yang kemudian dilakukan perhitungan biaya perawatan. Perhitungan interval perawatan dibagi menjadi tiga bagian yaitu ; scheduled on- condition task, scheduled restoration dan scheduled discard task. scheduled on-condition task dilakukan dengan menghitung 1/2 jarak P-F untuk tiap komponen ini. Interval P-F yang digunakan adalah data MTTF untuk setiap komponen kritis. Sementara itu, scheduled restoration dan scheduled discard task dihitung dengan menghitung biaya perbaikan atau penggantian komponen yang rusak. Rumus yang digunakan sebagai berikut [1]:

$$C_f = C_r + MTTR (C_o + C_w) \quad (2)$$

Yang mana nilai C_f ialah biaya penggantian yang disebabkan oleh terjadi nya failure pada komponen saat melakukan maintenance, C_r ialah biaya pergantian kerusakan komponen, C_o yaitu biaya kerugian produksi (loss of revenue) dan C_w ialah labour cost. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai C_m , apabila nilai C_m dan C_f sudah diketahui, Selanjutnya dilakukan perhitungan interval preventive maintenance (TM) [20].

Nilai C_m ialah cost yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas maintenance yang diperoleh dari penambahan downtime cost, labour cost dan preventive maintenance cost. C_r ialah biaya komponen yang terdapat pada scheduled restoration task dan F_m ialah frekuensi dalam melakukan aktivitas preventive maintenance.



Sehingga dalam penelitian ini dapat menghasilkan data interval waktu pemeliharaan beserta biaya pemeliharannya yang dapat menjadi usulan untuk perusahaan berdasarkan dengan preventive task preventive task yang dilakukan serta komponen kritis pada sistem pemeliharaan mesin filter press.

Hasil Dan Pembahasan

Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA)

Analisis FMECA dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung dilapangan guna mendapatkan data terkait kegagalan sistem yang terjadi pada mesin filter press. Data-data tersebut didapatkan dari para pakar yang ahli dibidangnya, pakar merupakan seseorang dengan skill khusus dalam bidang tertentu, pakar memiliki wawasan dan skill khusus yang hanya dimiliki orang tersebut [21], penentuan pakar berdasarkan pengalaman dari pengurus yang telah bergelut lama dengan proses produksi di perusahaan [22]. Dalam hal ini pakar terdiri dari authorized manager, plant manager, site safety incharge, dan holder company / supervisor guna mendapatkan nilai Risk Priority Number (RPN). Selanjutnya setelah dilakukan penentuan titik kritis yang didapatkan dari diskusi bersama dengan tim pakar, penentuan titik kritis ini bertujuan untuk menetapkan prioritas mode kegagalan berdasarkan pada tingkat keparahan dan tingkat kejadiannya [23]. Tabel 4 merupakan worksheet FMECA pada mesin filter press.

Tabel 4. Worksheet FMECA

No	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Efek Kegagalan	Control	Criticality	RPN	Maintenance Plan
1	Perekat cloth mudah lepas	<ul style="list-style-type: none"> • Kain ditarik tarik turun • Model perekat vecro kurang kuat menahan gesekan naik turun 	<ul style="list-style-type: none"> • Lem pada Cloth mudahlepas • Lebih sering melakukan regenerasi cloth 	Mengikat dengan kabel ties	High	252	<ul style="list-style-type: none"> • Menambahkan lebih banyak lem dan pengikat. • Membuat ceklist control
2	Hose air shaker mudah rusak	<ul style="list-style-type: none"> • Pemasangan hose terlalu pendek • Hose mengalami oksidasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Pemasangan hose kurang tepat • Mesin tidak bekerja maksimal 	Memasang watertrap pada jalur angin	High	90	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pemasangan water trap pada jalur angin • Membuat cek list control alat
3	Design frame patah	<ul style="list-style-type: none"> • Las rangka hanya satu titik • Ragka tidak kebal terhadap guncangan air shaker 	<ul style="list-style-type: none"> • Rangka patah • Terjadi pengerjaan ulang untuk perbaikan rangka 	Melakukan full wealding pada frame	High	324	<ul style="list-style-type: none"> • Pengelasan lengkap pada badan rangka • Membuat cek list control.

4	Pemasangan <i>plate</i> kurang tepat	<ul style="list-style-type: none"> Tidak ada SOP pemasangan <i>part air shaker</i> Operator tidak berpengalaman 	<ul style="list-style-type: none"> Menimbulkan <i>trouble</i> pada mesin Terjadi pengerjaan ulang untuk tindak perbaikan 	Diadakan sosialisasi prosedur pemasangan <i>air shaker</i> dan pembuatan SOP pemasangan	High	216	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan pembuatan <i>work instructor</i> Mengajarkan prosedur pemasangan bagian-bagian pada <i>air shaker</i>
5	Kondisi solenoid atau kualitas angin banyak air	<ul style="list-style-type: none"> <i>Heater kompresor</i> tidak berfungsi dengan benar Sistem pembuangan otomatis rusak 	<ul style="list-style-type: none"> Menimbulkan <i>trouble</i> pada mesin menyebabkan kecacatan pada pemanas kompresor 	Perbaikan <i>valve auto drain</i> dan <i>form ceklist control</i> alat	High	486	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan perbaikan katub untuk pengurusan otomatis. Membuat <i>ceklist</i> kegunaan alat. Peninjauan jadwal pemeliharaan

Berdasarkan hasil worksheet FMEA tersebut diketahui bahwa tiap komponen memiliki sifat criticality yang high, sehingga setiap komponen tersebut akan menjadi focus pada penelitian ini.

Penentuan nilai MTTR dan MTTF

Sistem breakdown struktural didefinisikan sebagai alat yang digunakan untuk menyusun dan mendokumentasikan secara detail, menganalisis dan memfasilitasi proses identifikasi bagian-bagian mesin pada tingkat sistem, subsistem dan komponen [24]. Tabel 5 merupakan breakdown mesin filter press beserta frekuensinya.

Tabel 5. Frekuensi kerusakan mesin filter press

Komponen	Frekuensi Kerusakan	Persentase Kerusakan
<i>Solenoid</i>	33	34.02%
<i>Frame Plate</i>	21	21.65%
<i>Filter Cloth</i>	19	19.59%
<i>Frame design</i>	8	8.25%
<i>Hose air shaker</i>	16	16.49%
Total	97	100%

Tabel 5 menunjukkan rekapitulasi kerusakan pada mesin filter press, berdasarkan frekuensi tersebut kerusakan terbanyak disebabkan oleh komponen solenoid sebanyak 33 kali dalam delapan bulan. Selanjutnya ditentukan parameter yang sesuai dengan distribusi untuk setiap komponen kerusakan pada mesin filter press. Penentuan ini dilakukan dengan uji Anderson-darling, untuk parameter nya ditentukan dengan bantuan software minitab. Tabel 6 merupakan hasil rekapitulasi penentuan distribusi TTR dan tabel 7 merupakan rekapitulasi penentuan distribusi TTF dengan bantuan software minitab yang mana Shape sebagai β dan scale sebagai θ [20].

Tabel 6. Distribusi TTR



No.	Bagian mesin	Jenis Distribusi	Nilai Anderson-Darling	Shape (β)	Scale (θ)
1	<i>Solenoid</i>	3-parameter weibull	0.7550	5.77112	4.8425
2	<i>Frame Plate</i>	3-parameter weibull	1.3600	3.25233	1.07736
3	<i>Filter Cloth</i>	3-parameter weibull	1.0820	4.79688	0.8098
4	<i>Frame design</i>	3-parameter lognormal	1.6450	6.23831	0.99127
5	<i>Hose air shaker</i>	3-parameter lognormal	1.2720	4.7968	0.8097

Tabel 7. P Distribusi TTF

No.	Bagian mesin	Jenis Distribusi	Nilai Anderson-Darling	Shape (β)	Scale (θ)
1	<i>Solenoid</i>	3-parameter loglogistic	0.581	0.83968	0.83968
2	<i>Frame Plate</i>	3-parameter loglogistic	0.918	0.63595	0.50122
3	<i>Filter Cloth</i>	3-parameter lognormal	0.988	0.67579	0.95379
4	<i>Frame design</i>	3-parameter weibull	1.778	1627.97873	0.29380
5	<i>Hose air shaker</i>	3-parameter weibull	1.044	915.62845	0.29380

Setelah didapatkan nilai distribusi beserta parameternya dari tiap komponen, selanjutnya melakukan perhitungan MTTR dan perhitungan MTTF. Perhitungan ini didapatkan berdasarkan software minitab. Tabel 8 merupakan perhitungan MTTR dan tabel 9 merupakan perhitungan MTTF.

Tabel 8. Perhitungan MTTR

No.	Bagian Mesin	MTTR (Jam)
1	<i>Solenoid</i>	11.352
2	<i>Frame Plate</i>	2.488
3	<i>Filter Cloth</i>	1.021
4	<i>Frame design</i>	2.349
5	<i>Hose air shaker</i>	1.849

Tabel 9. Perhitungan MTTF

No.	Bagian Mesin	MTTF (Jam)
1	<i>Solenoid</i>	38.0
2	<i>Frame Plate</i>	35.8
3	<i>Filter Cloth</i>	23.0
4	<i>Frame design</i>	92.1
5	<i>Hose air shaker</i>	44.8

Penentuan Interval Perawatan

Penentuan interval servis untuk setiap komponen memerlukan distribusi yang tepat dari parameter interval kegagalan dan biaya penggantian komponen. Dalam hal ini komponen mesin filter press terdiri dari solenoid, frame plate, filter cloth, frame design, dan hose air shaker. Dalam hal ini biaya perawatan terdiri dari biaya operator dengan jumlah upah sebesar Rp 4.500.000 perbulan dengan 8 jam kerja perhari atau setara dengan Rp. 18.750,- perjam dan harga penggantian komponen [25]. Tabel 10 merupakan biaya penggantian karena perawatan (Cm) pada masing-masing komponen mesin filter press.

Tabel 10. Hasil perhitungan penggantian komponen karena perawatan (Cm)

Bagian Mesin	MTTR (jam)	Harga (Rp)	Biaya Tenaga Kerja	Nilai Cm (Rp)
<i>Filter Cloth</i>	1.021	80.000	18.750	99.134
<i>Frame Design</i>	2.349	1.350.000	18.750	1.394.042
<i>Hose air shaker</i>	1.849	150.000	18.750	184.664
<i>Frame Plate</i>	2.488	250.000	18.750	296.648
<i>Solenoid</i>	11.352	240.000	18.750	452.841

Setelah diketahui biaya penggantian komponen karena perawatan (Cm), perlu juga dilakukan perhitungan biaya penggantian karena kerusakan (Cf). Tabel 11 merupakan perhitungan penggantian komponen karena kerusakan dengan biaya downtime sebesar 25% dari total biaya perawatan



Tabel 11. Hasil perhitungan biaya penggantian komponen karena kerusakan (Cf)

Bagian Mesin	MTTR (jam)	Harga (Rp)	Biaya Tenaga Kerja	Biaya Downtime	Nilai Cf
<i>Filter Cloth</i>	1.021	80.000	18.750	606.832	718.407
<i>Frame Design</i>	2.349	1.350.000	18.750	606.832	2.819.417
<i>Hose air shaker</i>	1.849	150.000	18.750	606.832	1.306.545
<i>Frame Plate</i>	2.488	250.000	18.750	606.832	1.806.386
<i>Solenoid</i>	11.352	240.000	18.750	606.832	7.341.296

Selanjutnya dilakukan perhitungan interval *preventive maintenance* berdasarkan nilai Cm dan nilai Cf. Tabel 12 merupakan perhitungan interval *preventive maintenance*.

Tabel 12. Hasil perhitungan interval perawatan

Bagian Mesin	θ	β	Cm (Rp)	Cf (Rp)	Tm (jam)
<i>Filter Cloth</i>	0.8098	4.79688	99.134	718.407	12
<i>Frame Design</i>	0.99127	6.23831	1.394.042	2.819.417	16
<i>Hose air shaker</i>	0.8097	4.7968	184.664	1.306.545	12
<i>Frame Plate</i>	1.07736	3.25233	296.648	1.806.386	11
<i>Solenoid</i>	4.8425	5.77112	452.841	7.341.296	15

Berdasarkan tabel 12 dapat diketahui bahwa usulan perawatan berdasarkan nilai distribusi untuk komponen *filter cloth* dilakukan perawatan setiap 12 jam, komponen *frame design* dilakukan perawatan setiap 16 jam, komponen *hose air shaker* dilakukan perawatan setiap 12 jam, komponen *frame plate* dilakukan perawatan setiap 11 jam dan untuk *solenoid* dilakukan perawatan setiap 15 jam. *preventive* tersebut diharapkan dapat mencegah terjadinya *downtime* mesin dengan dan dapat mengurangi terjadinya kerusakan pada mesin.

Perhitungan biaya pemeliharaan komponen

Perhitungan biaya maintenance dipengaruhi oleh waktu perbaikan pemeliharaan, harga peralatan, labour cost, biaya penggunaan material untuk kegiatan pemeliharaan, dan pendapatan yang hilang. Berdasarkan hasil perhitungan biaya pemeliharaan yang dikeluarkan untuk kegiatan *preventive maintenance* sebelum dilakukannya penentuan interval *preventive maintenance* biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 269.801.562, Sedangkan biaya pemeliharaan yang dikeluarkan setelah melakukan perhitungan interval *preventive maintenance* sebesar Rp 234.645.496. Sehingga perusahaan dapat menghemat biaya sebesar Rp 35.156.067.

Simpulan

Penelitian yang dilakukan pada mesin filter press berdasarkan pada metode RCM dan FMECA terdapat 5 komponen yang memiliki high criticality, masing-masing komponen tersebut yaitu filter cloth, frame design, hose air shaker, frame plate, dan solenoid. Dari komponen tersebut masing-masing memiliki usulan *preventive maintenance*. Pada komponen filter cloth dilakukan perawatan setiap 12 jam, komponen frame design dilakukan perawatan setiap 16 jam, komponen hose air shaker dilakukan perawatan setiap 12 jam, komponen frame plate dilakukan perawatan setiap 11 jam dan untuk solenoid dilakukan perawatan setiap 15 jam. Dengan dilakukannya perawatan pada masing-masing mesin sesuai dengan metode RCM dapat menghemat biaya perawatan sebesar Rp. 35.156.067.

Daftar Pustaka

[1] M. S. Alvarez-Alvarado, "Reliability-based smart-maintenance model for power system generators," *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 14, no. 9, pp. 1770–1780, 2020, doi: 10.1049/iet-gtd.2019.1186.

[2] J. Wang, "Digital twin based intelligent risk decision-making system of compressor station equipment," *Nat. Gas Ind.*, vol. 41, no. 7, pp. 115–123, 2021, doi: 10.3787/j.issn.1000-0976.2021.07.013.

[3] A. Rahman, "Industry 4.0 and society 5.0 through lens of condition based maintenance (CBM) and machine learning of artificial intelligence (MLAI)," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 852, no. 1. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/852/1/012022.

[4] K. F. Tee, "Reliability-based preventive maintenance strategies of road junction systems," *Int. J. Qual.*



- Reliab. Manag.*, vol. 36, no. 5, pp. 752–781, 2019, doi: 10.1108/IJQRM-01-2018-0018.
- [5] Z. Hussain, “Establishing simulation model for optimizing efficiency of CNC machine using reliability-centered maintenance approach,” *Int. J. Model. Simulation, Sci. Comput.*, vol. 10, no. 6, 2019, doi: 10.1142/S179396231950034X.
- [6] S. Luongo, “Human Machine Interface Issues for Drone Fleet Management,” *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 876, pp. 791–796, 2019. doi: 10.1007/978-3-030-02053-8_120.
- [7] S. B. Singh, “Reliability centered maintenance used in metro railways,” *J. Eur. des Syst. Autom.*, vol. 53, no. 12, pp. 11–19, 2020, doi: 10.18280/jesa.530102.
- [8] E. F. Mami, “Maintenance optimisation through quality management: A case study in ‘Alzinc’ Plant in Algeria,” *Int. J. Product. Qual. Manag.*, vol. 27, no. 1, pp. 97–123, 2019, doi: 10.1504/IJPMQ.2019.099629.
- [9] K. Chung, “Cloud based u-healthcare network with QoS guarantee for mobile health service,” *Cluster Comput.*, vol. 22, pp. 2001–2015, 2019, doi: 10.1007/s10586-017-1120-0.
- [10] A. Jiang, “An operating environment-based preventive maintenance decision model,” *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 26, no. 4, pp. 592–610, 2020, doi: 10.1108/JQME-01-2019-0003.
- [11] S. J. Kim, “Comparative Study for Inspection Planning of Aircraft Structural Components,” *Int. J. Aeronaut. Sp. Sci.*, vol. 22, no. 2, pp. 328–337, 2021, doi: 10.1007/s42405-020-00319-x.
- [12] S. K. Palei, “Reliability-Centered Maintenance of Rapier Dragline for Optimizing Replacement Interval of Dragline Components,” *Mining, Metall. Explor.*, vol. 37, no. 4, pp. 1121–1136, 2020, doi: 10.1007/s42461-020-00226-5.
- [13] A. P. Marugán, “Reliability analysis of detecting false alarms that employ neural networks: A real case study on wind turbines,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 191, 2019, doi: 10.1016/j.res.2019.106574.
- [14] M. Shafiee, “An integrated FTA-FMEA model for risk analysis of engineering systems: A case study of subsea blowout preventers,” *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 6, 2019, doi: 10.3390/app9061192.
- [15] J. Taverniers, “The Tides of the Zodiac MK VI HD: Comparing the Usability of Inflatable Boats for Seaborne Operations,” *IISE Trans. Occup. Ergon. Hum. Factors*, vol. 7, no. 1, pp. 22–30, 2019, doi: 10.1080/24725838.2019.1584775.
- [16] J. Geisbush, “Developing a Reliability Centered Maintenance Model for Large Diameter Pipeline Maintenance,” *Pipelines 2022: Planning and Design - Proceedings of Sessions of the Pipelines 2022 Conference*, vol. 2, pp. 150–160, 2022. doi: 10.1061/9780784484289.018.
- [17] M. A. Arjomandi, “A fuzzy DEMATEL-ANP-VIKOR analytical model for maintenance strategy selection of safety critical assets,” *Adv. Mech. Eng.*, vol. 13, no. 4, 2021, doi: 10.1177/1687814021994965.
- [18] Y. T. Prasetyo, “Equipment Reliability Optimization Using Predictive Reliability Centered Maintenance: A Case-Study Illustration and Comprehensive Literature Review,” *2020 7th International Conference on Frontiers of Industrial Engineering, ICFIE 2020*, pp. 93–97, 2020. doi: 10.1109/ICFIE50845.2020.9266728.
- [19] I. P. M. Derks, “Predictors and patterns of eating behaviors across childhood: Results from The Generation R study,” *Appetite*, vol. 141, 2019, doi: 10.1016/j.appet.2019.05.026.
- [20] K. Chaengakson, “Reliability Improvement Opportunity for 115-kV Overhead Transmission Lines Using RCM Method,” *2019 IEEE PES GTD Grand International Conference and Exposition Asia, GTD Asia 2019*, pp. 808–812, 2019. doi: 10.1109/GTDAsia.2019.8716025.
- [21] Y. J. Han, “Optimal inspection and replacement strategy for 145 kV gas-insulated switchgear,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part O J. Risk Reliab.*, vol. 236, no. 2, pp. 339–347, 2022, doi: 10.1177/1748006X19893540.
- [22] M. H. Enjavimadar, “Optimal reliability-centered maintenance strategy based on the failure modes and effect analysis in power distribution systems,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 203, 2022, doi: 10.1016/j.epr.2021.107647.
- [23] F. Jahani, “A Novel Multi-Criteria Decision-Making Framework in Electrical Utilities Based on Gray Number Approach,” *IEEE Access*, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3222766.
- [24] A. Giuria-Farías, “Maintenance management model based on RCM and TPM to optimize times and costs within the useful life cycle of nautical assets,” *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, vol. 2022, 2022. doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.747.
- [25] F. Zhang, “Optimal Maintenance of a System With Multiple Deteriorating Components Served by Dedicated Teams,” *IEEE Trans. Reliab.*, 2022, doi: 10.1109/TR.2022.3190274.
- [26] V. Colla, “Human-centered robotic development in the steel shop: Improving health, safety and digital skills at the workplace,” *Metals (Basel)*, vol. 11, no. 4, 2021, doi: 10.3390/met11040647.
- [27] M. G. Yoon, “Evaluation methodology for safety maturity in air navigation safety,” *J. Air Transp. Manag.*, vol. 98, 2022, doi: 10.1016/j.jairtraman.2021.102159.

- [28] Y. Vidal, "Wind turbine health monitoring based on accelerometer data," *9th ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials, SMART 2019*. pp. 1604–1611, 2019. [Online]. Available: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85086604599
- [29] L. Yang, "RUL-centered postponed maintenance planning under random failure threshold," *2022 Global Reliability and Prognostics and Health Management Conference, PHM-Yantai 2022*. 2022. doi: 10.1109/PHM-Yantai55411.2022.9942070.
- [30] M. You, "Technology lifecycle management innovation–prognostic health monitoring on downhole drilling equipment," *International Petroleum Technology Conference 2020, IPTC 2020*. 2020. [Online]. Available: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85085779533
- [31] S. S. T. Otaghsara, "An optimum budget-based development in maintenance for electric power transmission networks," *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 16, no. 22, pp. 4520–4527, 2022, doi: 10.1049/gtd2.12616.
- [32] T. Madreiter, "A Text Understandability Approach for Improving Reliability-Centered Maintenance in Manufacturing Enterprises," *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol. 630. pp. 161–170, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-85874-2_17.
- [33] K. J. Pfisterer, "Prototyping the automated food imaging and nutrient intake tracking system: Modified participatory iterative design sprint," *JMIR Hum. Factors*, vol. 6, no. 2, 2019, doi: 10.2196/13017.
- [34] Y. Yuan, "Research on Identification of Maintenance Significant Items in Reliability Centered Maintenance for Train Control System," *2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, ITSC 2019*. pp. 2817–2822, 2019. doi: 10.1109/ITSC.2019.8917239.
- [35] M. Abbasghorbani, "Prioritization of Transmission Network Components Based on their Failure Impact on Reliability of Composite Power Systems," *Int. J. Eng. Trans. C Asp.*, vol. 35, no. 3, pp. 502–509, 2022, doi: 10.5829/IJE.2022.35.03C.02.
- [36] S. A. Babalola, "In-situ process reliability monitoring strategy for friction stir welding machine," *Mater. Today Proc.*, vol. 66, pp. 3883–3889, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.06.314.
- [37] Y. Benyssaad, "A NEW OPTIMIZATION MODEL BASED ON 'RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE' OF ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORK," *Rev. Roum. des Sci. Tech. Ser. Electrotech. Energ.*, vol. 67, no. 1, pp. 27–32, 2022, [Online]. Available: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85127926731
- [38] A. J. Kolios, "Maintenance Strategy Development for Subsea Cables," *Proceedings - Annual Reliability and Maintainability Symposium*, vol. 2022. 2022. doi: 10.1109/RAMS51457.2022.9893931.
- [39] N. Walliyamethee, "Maintenance Scheduling of Distribution Reclosers Using RCM Techniques," *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, APPEEC*, vol. 2019. 2019. doi: 10.1109/APPEEC45492.2019.8994729.
- [40] A. Mubarak, "Digital Twin Enabled Industry 4.0 Predictive Maintenance Under Reliability-Centred Strategy," *2022 1st International Conference on Electrical, Electronics, Information and Communication Technologies, ICEEICT 2022*. 2022. doi: 10.1109/ICEEICT53079.2022.9768590.
- [41] F. Keynia, "A budget allocation and programming-based RCM approach to improve the reliability of power distribution networks," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 5591–5602, 2022, doi: 10.1016/j.egy.2022.04.029.
- [42] A. Alizadeh, "Reliability-Centered Maintenance Scheduling Considering Failure Rates Uncertainty: A Two-Stage Robust Model," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 37, no. 3, pp. 1941–1951, 2022, doi: 10.1109/TPWRD.2021.3101458.
- [43] H. A. R. Ardabili, "A probabilistic reliability-centred maintenance approach for electrical distribution networks," *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 15, no. 6, pp. 1070–1080, 2021, doi: 10.1049/gtd2.12081.
- [44] J. Geisbush, "Performing a Reliability Centered Maintenance Workshop on the World's Largest Prestressed Concrete Pipes," *Pipelines 2020: Condition Assessment, Construction, Rehabilitation, and Trenchless Technologies - Proceedings of Sessions of the Pipelines 2020 Conference*. pp. 343–351, 2020. doi: 10.1061/9780784483206.039.
- [45] F. Ansari, "Text mining for AI enhanced failure detection and availability optimization in production systems," *CIRP Ann.*, vol. 70, no. 1, pp. 373–376, 2021, doi: 10.1016/j.cirp.2021.04.045.
- [46] H. Deng, "Joint Optimization in Condition-Based Maintenance and Inventory Policy for the Repairable System," *Math. Probl. Eng.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/3576357.
- [47] F. Lorusi, "Supervised Recovery of Shoulder Muscular Skeletal Disorders Through a Wearable-Enabled Digital Application," *Mob. Networks Appl.*, vol. 27, no. 2, pp. 718–727, 2022, doi: 10.1007/s11036-019-01305-8.
- [48] S. Almahmoud, "Exploiting Dynamic Programming in Optimizing Reliability-Centered Maintenance: Case Study of Medium-Sized Aluminum Manufacturing Plant," *J. Sci. Ind. Res. (India)*, vol. 81, no. 9,

- pp. 982–988, 2022, doi: 10.56042/JSIR.V8I109.58918.
- [49] S. Uchida, “Improvement of plant reliability based on combining of prediction and inspection of crack growth due to intergranular stress corrosion cracking,” *Nucl. Eng. Des.*, vol. 341, pp. 112–123, 2019, doi: 10.1016/j.nucengdes.2018.10.021.
- [50] K. Zakikhani, “Availability-based reliability-centered maintenance planning for gas transmission pipelines,” *Int. J. Press. Vessel. Pip.*, vol. 183, 2020, doi: 10.1016/j.ijpvp.2020.104105.
- [51] M. S. Alvarez-Alvarado, “Operational risk assessment with smart maintenance of power generators,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 117, 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105671.
- [52] W. Wang, “Research on the Application of Supportability Analysis Technology in Ejection Seat,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1215, no. 1. 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1215/1/012041.
- [53] A. Palomino-Valles, “TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 796, no. 1. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/796/1/012008.
- [54] K. K. M. Rosita, “Equipment Reliability Optimization Using Predictive Reliability Centered Maintenance,” *2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2021*. pp. 348–354, 2021. doi: 10.1109/ICIEA52957.2021.9436745.
- [55] I. Rizkya, “Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode,” *E3S Web of Conferences*, vol. 125. 2019. doi: 10.1051/e3sconf/201912522005.