

ANALISIS PERAWATAN PADA KOMPONEN MESIN *DEGREASER* DI PT X

Degreaser Machine Components Maintenance Analysis at X Manufacturer

Ferry Budhi Susetyo^{1*}, Ragil Sukarno¹, Khulaifiyah²

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta, Rawamangun Jakarta Timur, Indonesia

² Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta Timur, Indonesia

* Email Korespondensi : fbudhi@unj.ac.id

Artikel Info - : Diterima : 02-11-2021; Direvisi : 27-11-2021; Disetujui : 16-12-2021

ABSTRAK

Dalam kegiatan perawatan (*maintenance*) pada PT. X yang bergerak dalam industri perlengkapan olahraga ini tidak berjalan dengan baik. Sehingga dapat menurunkan hasil produksi yang ditargetkan dalam sehari. Untuk itu perlu mengetahui komponen-komponen kritis pada mesin *degreaser* yang menyebabkan mesin itu berhenti. Hal yang pertama dilakukan dalam penelitian ini adalah memilih komponen kritis dengan diagram Pareto. Berdasarkan diagram Pareto ditemukan komponen rantai merupakan komponen kritis dengan jumlah kerusakan sebesar 4 kali (11,76%). Distribusi *Weibull* dengan dua parameter digunakan untuk mengetahui waktu antar kerusakan, sehingga dapat ditentukan kapan waktu penggantian komponen kritis sehingga dapat meminimalkan kerusakan yang terjadi. Dari hasil perhitungan komponen rantai didapatkan nilai parameter *Weibull* dari waktu reparasi $\theta = 1,101$; $\beta = 5,331$ dan nilai MTTR = 1,003 jam. Sedangkan nilai parameter *Weibull* menggunakan waktu operasional adalah $\theta = 1686,458$; $\beta = 2,205$ dan nilai MTTF = 1584,748 jam. Dari perhitungan didapatkan tingkat keandalan dari komponen rantai sebesar 90% untuk 605,438 jam dan 80% untuk 863,348 jam.

Kata Kunci: *Availability, Degreaser, Preventive Maintenance, Sistem Perawatan, Weibull*

ABSTRACT

In maintenance activities at PT. X, which is engaged in the sports equipment industry, is not doing well. So that it can reduce the targeted production results in a day. For that, it is necessary to know the critical components in the degreaser machine that cause the machine to stop. The first thing to do in this research is to select the critical components using a Pareto diagram. Based on the Pareto diagram, it was found that the chain component is a critical component with the amount of damage 4 times (11.76%). The Weibull distribution with two parameters is used to determine the time between failures so that it can be determined when to replace critical components to minimize the damage that occurs. From the calculation of the chain components, the value of the Weibull parameter is obtained from the repair time = 1.101; = 5,331 and the value of MTTR = 1,003 hours. While the value of the Weibull parameter using the operational time is = 1686.458; = 2,205 and MTTF value = 1584.748 hours. From the calculation, the reliability level of the chain components is 90% for 605.438 hours and 80% for 863.348 hours.

Key Words: *Availability, Degreaser, Maintenance System, Preventive Maintenance, Weibull*

1. Pendahuluan

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan ekonomi dan pembangunan disegala bidang kehidupan, maka mengakibatkan semakin pesatnya perkembangan dan pertumbuhan industri[1]. Dengan semakin banyaknya timbul industri-industri baru maka akan semakin memperketat kompetisi yang telah ada diantara industri-industri yang sejenis tersebut [2].

Untuk mengatasi suasana yang semakin kompetitif dalam merebut pasar konsumen tersebut, maka setiap industri perlu memiliki kiat-kiat khusus agar dapat mempertahankan kelangsungan usahanya dan tetap dapat meningkatkan perkembangan perusahaannya pada tingkat yang lebih baik. Sehingga setiap

perusahaan dituntut untuk mampu melakukan perbaikan dan penyempurnaan terhadap sistem produksinya baik dari segi kuantitas maupun kualitas, dengan menciptakan suatu kerangka manajemen dan manufaktur yang akan berfungsi secara baik dan optimal [3], [4].

Penelitian ini dilakukan pada PT. X, dimana merupakan subkontraktor manufaktur dari alat-alat olahraga. Untuk menghasilkan produk yang berkualitas, sangat penting untuk menjaga keandalan dari mesin. Pada PT. X terdapat mesin utama yaitu mesin *degreaser* dengan beberapa komponen. Mesin ini berfungsi untuk membuka pori-pori *outsole* produk bagian bawah. Dengan target 5000 produk/hari mesin *degreaser* sering mengalami kerusakan. Dampak dari kerusakan yang terjadi dapat menurunkan produktivitas dari manufaktur.

Supaya produktivitas perusahaan tetap terjaga maka sistem perawatan harus dijaga dengan baik. Sistem perawatan memegang peranan yang sangat penting dalam keberlangsungan perusahaan [5]. Untuk memastikan mesin utama selalu dalam kondisi handal, perlu dilakukan proses perawatan yang baik sehingga meminimalisir *downtime* [6], [7]. Perawatan tersebut diantaranya adalah identifikasi terhadap komponen kritis dan memberikan jadwal perawatan pada komponen kritis tersebut. Sehingga dalam kegiatan proses produksi dapat berjalan dengan baik dan bisa memenuhi target yang ditentukan dalam sehari.

Nilai kehandalan mesin utama atau komponen utama dapat diketahui dengan analisis perhitungan *Weibull*. Distribusi *Weibull* telah dikenal sebagai model yang tepat dalam mengetahui keandalan dan melakukan prediksi waktu kegagalan [8]–[10]. Untuk itu dalam penelitian ini akan dilakukan analisis dengan menggunakan metode *Weibull* untuk mengetahui kondisi mesin atau komponen utama (*degreaser*).

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perusahaan X yang bergerak disektor manufaktur. Dimana perusahaan ini berlokasi di Provinsi Banten. Metode penelitian ini dilakukan dengan observasi langsung ke Perusahaan. Dalam penelitian ini, dikumpulkan data-data primer sebagai berikut:

1. Data kerusakan komponen tertinggi pada mesin *degreaser* bulan Januari 2014 – Desember 2017.
2. Spesifikasi pada komponen kritis.

Setelah data terkumpul, kemudian dilakukan pengolahan data. Pengolahan data dilakukan bertahap dan runut sehingga akan didapatkan hasil yang valid.

1. Menentukan komponen kritis.
2. Membuat diagram *Pareto* dari beberapa komponen yang rusak.
3. Setelah didapatkan komponen kritis, pengujian *Mann's* menggunakan waktu reparasi dan operasional untuk mengetahui apakah terdistribusi *Weibull*.
4. Perhitungan parameter *Weibull* waktu reparasi aktual dan waktu operasional aktual komponen kritis untuk mendapatkan nilai β (parameter bentuk) dan θ (parameter skala).
5. Melakukan perhitungan *mean time to repair* (MTTR) untuk mengetahui waktu reparasi dan *mean time to failure* (MTTF) untuk mengetahui waktu operasional.
6. Menentukan *availability* berdasarkan nilai MTTR dan MTTF.
7. Perhitungan umur desain komponen kritis dengan keandalan 80% dan 90% komponen rantai dengan MTTF.
8. Merencanakan interval waktu penggantian.

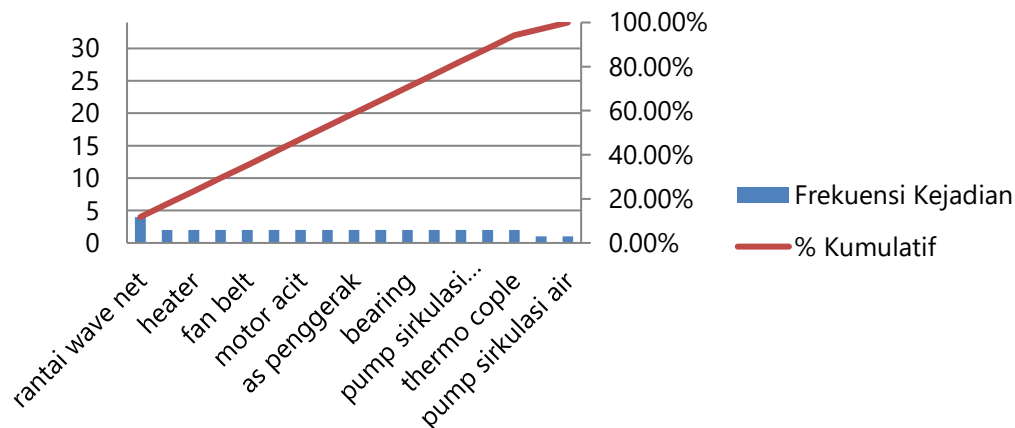
3. Hasil Penelitian

Pada PT. X terdapat beberapa kendala yang tentunya akan menurunkan kuantitas dari barang yang diproduksi. Salah satu kendala yang terjadi adalah terjadi kerusakan pada mesin *degreaser* yang disebabkan oleh kurangnya pemeliharaan pencegahan. Dengan tidak berfungsinya mesin *degreaser* maka akan menyebabkan kerugian dan terganggunya proses produksi dimana kapasitas produksinya mencapai 625 produk/hari. Dengan terganggunya pencapaian kapasitas produksi maka otomatis

pendapatan perusahaan akan berkurang. Adapun komponen – komponen yang sering mengalami kerusakan dapat dilihat pada Gambar 1.

3.1 Data Kerusakan Komponen

Pada bagian ini dikumpulkan data kerusakan-kerusakan komponen mesin *degreaser* pada bulan Januari 2014 – Desember 2017. Adapun diagram *Pareto* kerusakan komponen dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Pareto Kerusakan Komponen

3.2 Pengujian Distribusi Weibull

Sebelum dilakukan pengujian distribusi *Weibull* maka dibuat hipotesis terlebih dahulu. Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Ho: Data terdistribusi *Weibull*

Hi: Data tidak terdistribusi *Weibull*

Data waktu reparasi dan waktu operasional dibuat menjadi urut dari yang kecil menjadi besar. Setelah selesai diurutkan kemudian dilakukan pengujian yaitu pengujian *Mann's Test* untuk waktu reparasi dan waktu operasional. Hal ini dilakukan guna menentukan apakah terdistribusi *Weibull* atau tidak terdistribusi *Weibull*.

Dari perhitungan waktu reparasi aktual didapatkan nilai $M=4,53$ dan $Ferit_{(0,05;3,4)}=6,59$. Karena nilai M lebih kecil dari $Ferit$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Artinya waktu reparasi terdistribusi *Weibull*. Kemudian dari perhitungan waktu operasional aktual didapatkan nilai $M=0,02$ dan $Ferit_{(0,05; 2, 3)}=9,55$. Karena nilai M lebih kecil dari $Ferit$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Artinya waktu operasional terdistribusi *Weibull*.

3.3 Parameter Weibull Waktu Reparasi Aktual dan Waktu Operasional Aktual

Dari perhitungan parameter *Weibull* waktu reparasi aktual diperoleh nilai β sebesar 5,331 dan diperoleh nilai θ sebesar 1,101. Kemudian dari perhitungan parameter *Weibull* waktu operasional aktual diperoleh nilai β sebesar 2,205 dan diperoleh nilai θ sebesar 1686,6. Parameter β dan θ ini digunakan untuk menentukan nilai *mean time to failure*(MTTF).

3.4 Fungsi Distribusi Weibull

Setelah nilai dari dua parameter yaitu θ dan β diketahui, maka selanjutnya melakukan perhitungan MTTR dari waktu reparasi dan MTTF dari waktu operasional. Hasil parameter θ dan β dari waktu reparasi adalah 5,331 dan 1,101 serta waktu operasional adalah yaitu 2,205 dan 1686,458.

a) Untuk Waktu Reparasi Aktual

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta - 1} \right) \\ &= 1,101 \Gamma \left(1 + \frac{1}{5,331 - 1} \right) \\ &= 1,101 \Gamma(1,23) \\ &= 1,101 \times (0,91075) \\ &= 1,003 \text{ Jam} \end{aligned}$$

MTTR ini adalah rata-rata waktu komponen atau lamanya dilakukan perbaikan komponen yang mengalami kerusakan.

b) Untuk Waktu Operasional Aktual

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta - 1} \right) \\ &= 1686,458 \Gamma \left(1 + \frac{1}{2,205 - 1} \right) \\ &= 1686,458 \Gamma(1,83) \\ &= 1686,458 \times 0,93969 \\ &= 1584,748 \text{ Jam} \end{aligned}$$

MTTF ini adalah rata-rata waktu komponen beroperasi setelah perbaikan komponen yang mengalami kerusakan. Setelah nilai dari dua parameter yaitu θ dan β serta MTTF dan MTTR, selanjutnya bisa dilakukan perhitungan fungsi distribusi *Weibull*.

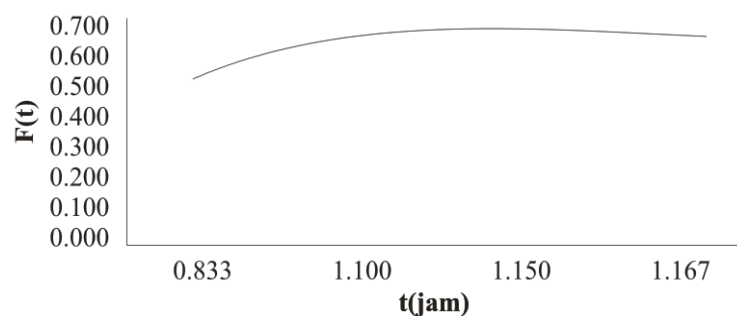
3.4.1 Kurva Distribusi *Weibull* Waktu Reparasi

Hasil perhitungan fungsi distribusi *Weibull* untuk waktu reparasi aktual dapat terlihat pada Tabel 1, dimana t adalah waktu, F(t) Fungsi distribusi kumulatif, f(t) adalah fungsi kepadatan, dan h(t) tingkat resiko [11].

Tabel 1. Hasil Perhitungan Fungsi Distribusi *Weibull* Untuk Waktu Reparasi Aktual

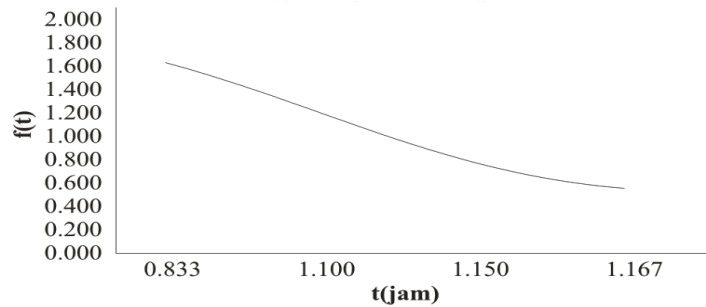
No.	t	F(t)	f(t)	h(t)
1	0,833	0,531	1,773	4,397
2	1,100	0,632	1,430	8,793
3	1,150	0,648	0,865	13,190
4	1,167	0,653	0,465	17,586

Berdasarkan Tabel 1 dapat dibuat kurva fungsi distribusi kumulatif waktu reparasi aktual seperti yang terlihat pada Gambar 2.



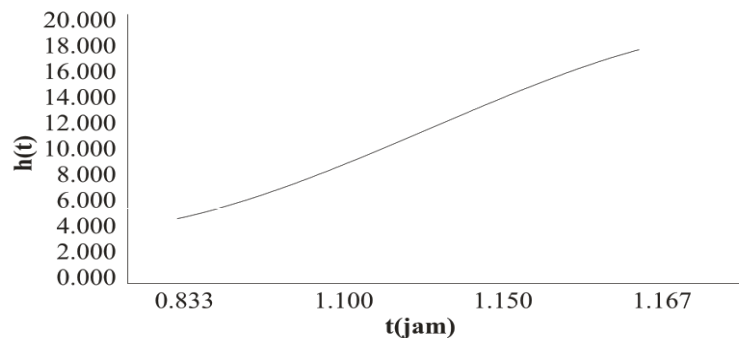
Gambar 2. Kurva Fungsi Ditribusi kumulatif Waktu Reparasi Aktual

Ketidak-andalan atau fungsi kerusakan komponen rantai didapatkan dari fungsi distribusi kumulatif. Berdasarkan Gambar 2 dapat terlihat semakin lama maka peluang terjadinya kerusakan (t) semakin besar. Artinya ketika komponen rantai diperbaiki maka ketidak-andalannya pun akan semakin besar. Lebih lanjut, kurva fungsi kepadatan waktu reparasi aktual terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Fungsi Kepadatan Kemungkinan Waktu Reparasi Aktual

Berdasarkan Gambar 3 dapat terlihat dengan semakin lama waktu reparasi komponen rantai, otomatis terjadi banyak kerusakan atau dengan kata lain banyak terjadi kegagalan pada komponen rantai. Fungsi kepadatan kemungkinan waktu reparasi aktual dapat diterjemahkan sebagai peluang terjadinya kerusakan mesin pada waktu tertentu. Kurva fungsi laju kerusakan waktu reparasi aktual dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Fungsi Laju Kerusakan Waktu Reparasi Aktual

Berdasarkan Gambar 4 dapat terlihat kurva fungsi laju kerusakan waktu reparasi aktual yang semakin lama semakin naik. Hal ini berarti maka semakin lama komponen rantai tersebut digunakan maka probabilitas terjadinya kerusakan akan semakin besar.

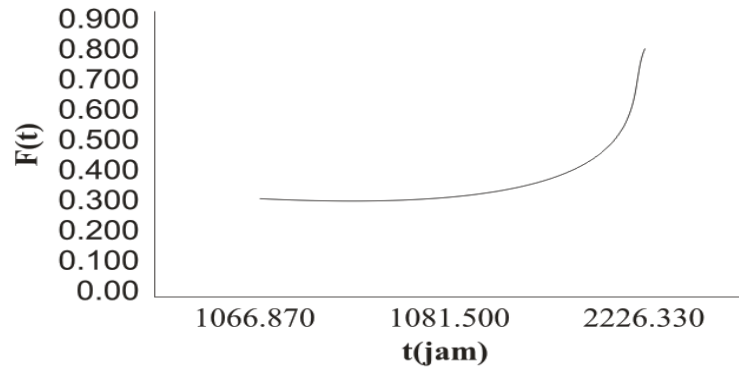
3.4.2 Kurva Distribusi *Weibull* Waktu Operasional

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan fungsi distribusi *Weibull* untuk waktu operasi aktual. Hasil dari perhitungan dengan menggunakan waktu operasi aktual dapat dilihat pada Tabel 2, dimana t adalah waktu, $F(t)$ Fungsi distribusi kumulatif, $R(t)$ fungsi keandalan, $f(t)$ adalah fungsi kepadatan, dan $h(t)$ tingkat risiko [11].

Tabel 2. Hasil Perhitungan Fungsi Distribusi *Weibull* Untuk Waktu Operasi Aktual

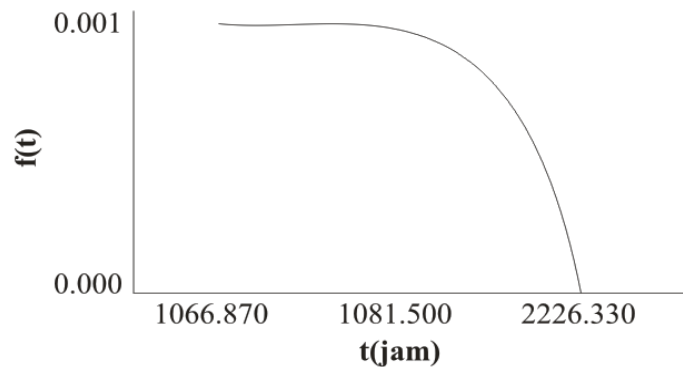
No.	t	F(t)	R(t)	f(t)	h(t)
1	1066,9	0,305	0,695	0,001	0,001
2	1081,5	0,313	0,687	0,001	0,001
3	2226,3	0,842	0,158	0	0,002

Berdasarkan Tabel 2 dapat dibuat kurva fungsi distribusi kumulatif waktu operasi aktual seperti yang terlihat pada Gambar 5.



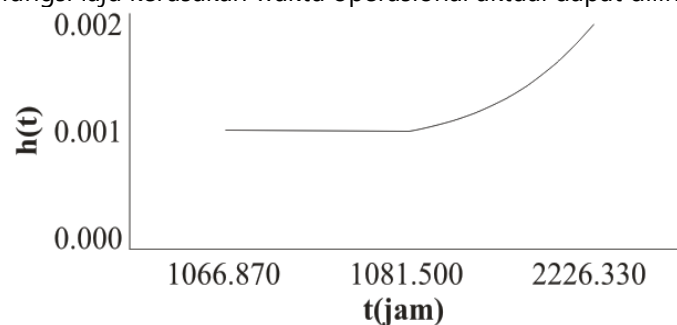
Gambar 5. Kurva Fungsi Distribusi Kumulatif Waktu Operasional Aktual

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat kerusakan berpeluang semakin lama komponen rantai beroperasi maka ketidak-andalannya semakin menurun. Hal ini terlihat dengan $F(t)$ yang semakin lama semakin naik. Pada Gambar 6 dapat terlihat kurva fungsi kepadatan kemungkinan waktu operasional aktual.



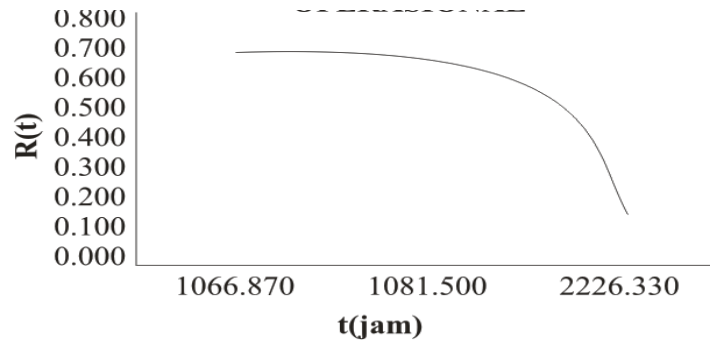
Gambar 6. Kurva Fungsi Kepadatan Kemungkinan Waktu Operasional Aktual

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat dengan semakin lama waktu komponen rantai beroperasi, maka komponen rantai akan semakin banyak kerusakan atau kegagalan pada komponen rantai. Fungsi kepadatan kemungkinan waktu operasional aktual merupakan besarnya peluang terjadinya kerusakan pada waktu (t). Kurva fungsi laju kerusakan waktu operasional aktual dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva Fungsi Kerusakan Waktu Operasional Aktual

Berdasarkan Gambar 6 dapat terlihat kurva fungsi kerusakan waktu operasional aktual. Kurva tersebut menggambarkan perkiraan laju kegagalan komponen rantai pada titik tertentu, dimana merupakan rasio dari jumlah komponen rantai yang gagal dalam kurun waktu tertentu terhadap populasi awal pada waktu operasi dimulai. Kurva fungsi keandalan waktu operasional aktual dapat terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva Fungsi Kehandalan Waktu Operasional

Berdasarkan Gambar 8 di atas dapat dilihat adanya hubungan waktu dengan keandalan dari komponen mesin. Terlihat pola yang semakin lama menurun dengan semakin lama komponen rantai beroperasi. Hal ini menggambarkan bahwa diperlukan pemeliharaan agar komponen rantai tetap dapat beroperasi dengan baik. Dengan komponen rantai yang beroperasi dengan baik, maka produktivitas akan tetap terjaga.

3.5 Availability

Availability adalah probabilitas suatu mesin atau komponen dapat beroperasi suatu periode tertentu. *Availability* ditentukan menggunakan nilai MTTR dan MTF. Perhitungan *availability* dari komponen rantai dapat dilihat sebagai berikut.

MTTR

$$Downtime = 1,003 \text{ jam}$$

MTTF

$$Uptime = 1584,748 \text{ jam}$$

$$Availability = \frac{uptime}{uptime+downtime} = \frac{1584,748}{1584,748+1,003} = 0,9994 = 99,94\%$$

3.6 Perhitungan Umur Desain

Perhitungan umur desain untuk mengetahui keandalan dari komponen rantai dengan selang MTF. Perhitungan umur desain komponen rantai dapat dilihat dengan jelas sebagai berikut.

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right) = \exp\left(-\left(\frac{1584,748}{1686,458}\right)^{2,205}\right) = 0,4182 = 41,82\%$$

$$t=90\%$$

$$t_{90\%} = 1686,5(-\ln R)^{1/2,205}$$

$$t_{90\%} = 1686,5(-\ln 0,9)^{1/2,205}$$

$$t_{90\%} = 605,438 \text{ jam}$$

$$t=80\%$$

$$t_{80\%} = 1686,5(-\ln R)^{1/2,205}$$

$$t_{80\%} = 1686,5(-\ln 0,8)^{1/2,205}$$

$$t_{80\%} = 853,348 \text{ jam}$$

4. Pembahasan Perawatan Metode Weibull

4.1 Analisa Terhadap Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis menggunakan diagram Pareto. Dari diagram Pareto ditemukan bahwa komponen rantai paling banyak mengalami kerusakan. Komponen rantai mengalami kerusakan sebanyak 4 kali (11,76%) dalam interval waktu Januari 2014-Desember 2017. Dengan jumlah kerusakan paling tinggi tentunya akan menyebabkan produksi akan terhambat. Untuk itu perlu dilakukan kajian agar kedepannya tidak terjadi kerusakan atau kerusakan dapat diminimalisir.

4.2 Analisa Sistem Perawatan Komponen Rantai

Berdasarkan pengamatan langsung serta wawancara di lapangan dapat diketahui bahwa penggantian komponen rantai dilakukan ketika terjadi kerusakan. Artinya jika tidak terjadi kerusakan maka komponen tersebut akan terus digunakan. Dari hasil perhitungan umur desain didapatkan keandalan komponen rantai sebesar 41,82% dengan MTTF sebesar 1584,748 jam.

4.3 Analisa Terhadap Ketersediaan Komponen (*Availability*)

Availability adalah probabilitas suatu mesin atau komponen dapat beroperasi suatu periode tertentu. *Availability* ditentukan menggunakan nilai MTTR dan MTTF. Berdasarkan perhitungan pada sub bab 3.5 dapat terlihat didapatkan *availability* komponen rantai sebesar 99,94%. Nilai ini memiliki arti bahwa ketersediaan atau availibilitas dari komponen rantai adalah 99,94%.

4.4 Analisis Terhadap Umur Desain

Perhitungan umur desain untuk mengetahui keandalan dari komponen rantai dengan selang MTTF. Guna mencapai keandalan 90% maka penulis menyarankan untuk dilakukan penggantian komponen ketika beroperasi mendekati 605,438 jam. Sedangkan untuk mencapai keandalan 80% maka penulis menyarankan untuk dilakukan penggantian komponen rantai ketika beroperasi mendekati 853,348 jam. Tentunya jika ingin mendapatkan keandalan mendekati 100% maka diperlukan waktu penggantian komponen rantai yang lebih cepat dari 605,438 jam.

4.5 Analisa Terhadap Jadwal Pemeriksaan Komponen

Pada bagian ini penulis memberikan usulan untuk dilakukan pemeriksaan berkala. Jadwal pemeriksaan berkala dapat menyesuaikan dengan didasari oleh hasil perhitungan MTTF yaitu sebesar 1584,78 jam. Tentunya akan lebih baik lagi ketika melakukan pemeriksaan berkala setiap minggu, karena akan tetap terjaga kemampuan dari komponen rantai tersebut.

4.6 Analisis Diagram *Fishbone*

Penulis mencoba mencari penyebab dengan beberapa penyelidikan dari masalah utama yang terjadi. Penyelidikan ini dilakukan dengan menggunakan metode 3M+1E (*Man, Material, Methods, Machine* dan *Environment*).

1. Faktor Manusia (*Man*)

Manusia memiliki peran penting dalam keberlangsungan produksi yang kontinu. Tentunya harus diimbangi juga dengan keperdulian untuk menjaga kebersihan dari komponen rantai dan jika ada kendala bisa segera melaporkan kejadian kepada pihak pemelihara (*maintenance*). Selain itu antar sesama operator juga memiliki perbedaan kemampuan sehingga mengakibatkan perbedaan performansi dalam menjalankan tugasnya.

2. Faktor Metode (*Methods*)

Dalam melakukan proses produksi terkadang terdapat metode yang tidak berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Metode yang baik sangat berpengaruh terhadap hasil yang dicapai, dengan demikian tingkat kerusakan dapat diminimalkan.

3. Faktor Lingkungan (*Environment*)

Pada faktor lingkungan tentunya merupakan hal yang harus dicermati. Ketika berada pada lingkungan korosif tentunya mesin atau komponen akan lebih cepat rusak. Sehingga diperlukan perhatian yang lebih jika dalam kondisi ini. Selain itu lingkungan yang kotor juga dapat menyebabkan komponen rantai dapat cepat rusak. Sebagai contoh, dengan banyaknya sampah tentunya akan menyangkut pada komponen rantai dan dapat menyebabkan performa komponen rantai menurun.

4. Faktor Mesin (*Machine*)

Pada faktor ini terjadi permasalahan yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, dimana terjadi kerusakan sebanyak empat kali pada komponen rantai pada interval waktu tertentu. Selain itu umur pakai dari komponen rantai juga dapat menyebabkan sering terjadinya kerusakan. Hal ini disebabkan karena jam operasional yang relatif tinggi dari komponen rantai. Untuk menyelesaikan solusi ini tentunya tidak luput dari peran dari semua karyawan yang terlibat baik pihak produksi maupun pihak pemelihara. Sehingga kinerja mesin dapat terus terjaga.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Rantai merupakan komponen kritis.
2. Dari hasil perhitungan umur desain didapatkan keandalan komponen rantai sebesar 41,82% dengan MTTF sebesar 1584,748 jam.
3. Ketersediaan atau avaiabilitas dari komponen rantai adalah 99,94%.
4. Guna mencapai keandalan 90% maka penulis menyarankan untuk dilakukan pengantian komponen rantai ketika beroperasi mendekati 605,438 jam. Sedangkan untuk mencapai keandalan 80% maka penulis menyarankan untuk dilakukan pengantian komponen rantai ketika beroperasi mendekati 853,348 jam.
5. Jadwal pemeriksaan berkala dapat menyesuaikan dengan didasari oleh hasil perhitungan MTTF yaitu sebesar 1584,78 jam.

6. Daftar Pustaka

- [1] B. Lestari, "Pemetaan Sosial Industri Kreatif Kecamatan Kedungkandang Kota Malang," *J. Kewirausahaan dan Bisnis*, vol. 25, no. 1, pp. 37–42, 2020.
- [2] A. Darmawan, A. Rapi, and S. Ali, "Analisis Perawatan Untuk Mendeteksi Risiko Kegagalan Komponen Pada Excavator 390D," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 15, no. 2, pp. 109–115, 2017, doi: 10.23917/jiti.v15i2.2139.
- [3] M. A. Pasirulloh and E. Suryani, "Pemodelan Dan Simulasi Sistem Industri Manufaktur Menggunakan Metode Simulasi Hybrid (Studi Kasus: PT. Kelola Mina Laut)," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, pp. A227–A231, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.23141.
- [4] S. Darmanto *et al.*, "Aplikasi Mesin Tempa Mini Di Industri Pande Besi," *J. Pengabd. Vokasi*, vol. 01, no. 03, pp. 187–190, 2020.
- [5] D. A. Kurniawati and M. L. Muzaki, "Analisis Perawatan Mesin dengan Pendekatan RCM dan MVSM," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 16, no. 2, pp. 89–105, 2017, doi: 10.25077/josi.v16.n2.p89-105.2017.
- [6] A. Syahabuddin, "Analisis Perawatan Mesin Bubut Cy-L1640G Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di PT. Polymindo Permata," *JITMI (Jurnal Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.)*, vol. 2, no. 1, pp. 27–36, 2019, doi: 10.32493/jitmi.v2i1.y2019.p27-36.
- [7] G. D. Haryadi, A. Suprihanto, and M. Butarbutar, "Perhitungan Lifetime Prediction pada Komponen Kritis Centrifugal Pump Menggunakan Metode Weibull," vol. 23, no. 3, pp. 1–8, 2021.

- [8] A. S. Margana and M. Fahmi Suhendar, "Analisis Manajemen Perawatan Menggunakan Perhitungan Distribusi Weibull Pada Air Cooled Chiller FMC 20," in *Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*, 2021, pp. 4–5.
- [9] A. Muhsin and I. Syarafi, "Analisis Keandalan Dan Laju Kerusakan Pada Mesin Continues Frying (Studi Kasus: PT XYZ)," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 28–34, 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/opsi/article/viewFile/2200/1932>.
- [10] Wawan, E. Febianti, and P. Ferro Ferdinant, "Usulan Peningkatkan Keandalan Mesin Main Pump Hydraulic Unit Pada Lini Continuous Casting," *J. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 2, pp. 3–8, 2017, [Online]. Available: <http://www.jurnal.untirta.ac.id/index.php/jti/article/viewFile/1807/1397>.
- [11] L. G. Otaya, "Distribusi Probabilitas Weibull Dan Aplikasinya," *TADBIRJurnal Manaj. Pendidik. Islam*, vol. 4, no. 2, pp. 44–66, 2016.