

MODEL KEPUTUSAN PENENTUAN JENIS DISTRIBUSI DARI KERUSAKAN BEARING PADA MESIN TFO DI PT XYZ

Tombak Gapura Bhagya¹, Graha Prakarsa²

¹ Fakultas Teknik Universitas Insan Cendekia Mandiri
Email: tombak.gapura.bhagya1@gmail.com

² Fakultas Teknologi dan Informatika Universitas Informatika dan Bisnis Indonesia
Email: gprakarsa@gmail.com

Abstrak

Perusahaan pada saat ini dituntut untuk bisa mengefektifkan kerja mesin dengan seoptimal mungkin. Tetapi kinerja mesin tidak akan menjadi optimal jika perawatan dari mesin produksinya tidak diatur dengan baik. Salah satu melakukan perawatan adalah dengan mengetahui pola kerusakan part dari mesin tersebut. Bearing pada mesin TFO merupakan part yang cukup banyak digunakan, pada satu mesin bisa menggunakan hingga 512 bearing. Dan jika mengalami kerusakan maka mesin harus berhenti operasi hingga 3 hari, tapi jika bisa diketahui pola kerusakan bearingnya, maka proses pergantian bearing hanya membutuhkan 4 jam saja. Berdasarkan data yang diperoleh, laju kerusakan bearing pada mesin TFO di PT XYZ adalah berdistribusi Weibull, ini terlihat dari nilai index of fit yang lebih besar dibandingkan distribusi yang lainnya.

Kata kunci: maintenance, distribusi, bearing, mesin TFO.

Abstract

Companies at this time are required to be able to make the machine work as optimal as possible. But engine performance will not be optimal if the maintenance of the production machine is not properly regulated. One way to do maintenance is to know the pattern of damage to parts of the machine. Bearing on TFO machines is a part that is quite widely used, on one machine can use up to 512 bearings. And if it is damaged, the machine must stop operating for up to 3 days, but if the pattern of bearing damage can be found, the bearing replacement process will only take 4 hours. Based on the data obtained, the bearing crushing rate on the TFO machine at PT XYZ is Weibull distribution, this can be seen from the index of fit value which is greater than the other distributions.

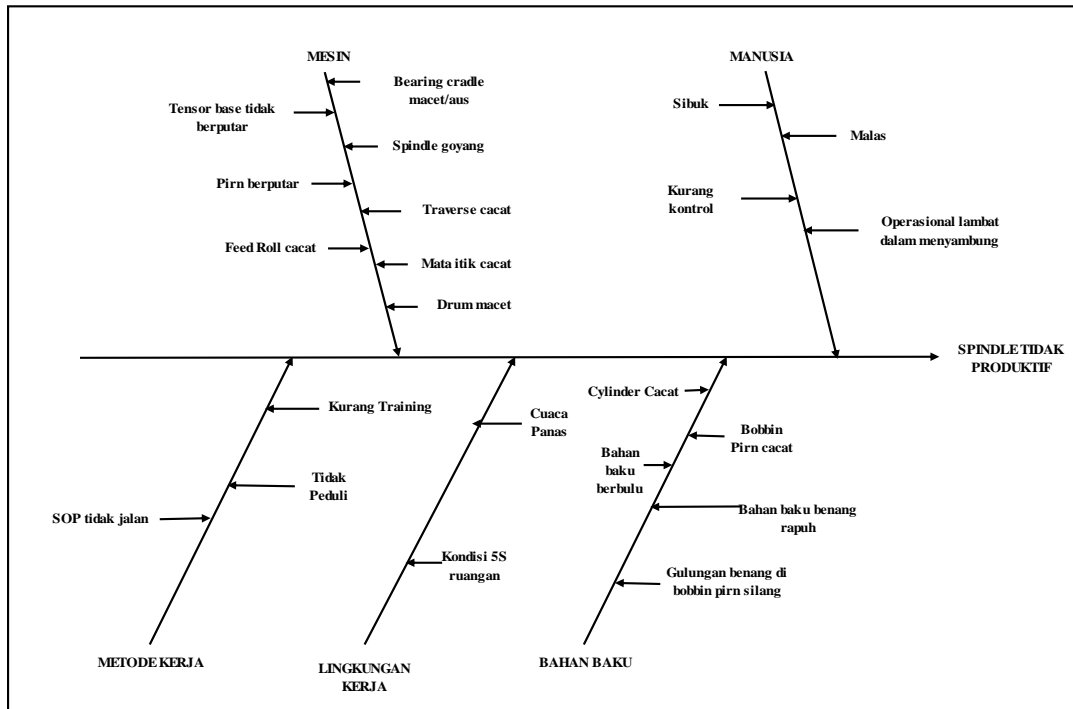
Keyword: maintenance, distribution, bearing, TFO Machine.

1. PENDAHULUAN

Saat ini di masa pandemi Covid-19, perusahaan berpikir lebih keras bagaimana bisa mengefektifkan kerja pegawai, dan meramalkan kejadian yang akan terjadi di masa yang akan datang. Sehingga, jika kejadian di masa yang akan datang jika bisa diprediksi maka segala sesuatu yang mengakibatkan kerugian bagi perusahaan bisa diminimalkan. Sebagai contoh jika pada perusahaan dengan basis produksi maka hal yang penting adalah bagaimana perusahaan bisa memprediksi kerusakan rutin dari sebuah mesin,

sehingga jika kerusakan mesin bisa diprediksi, maka perusahaan bisa melakukan perawatan berkala sebelum kerusakan fatal terjadi.

Pada kasus perusahaan tekstil khususnya pada mesin Two For One (TFO), perusahaan harus secara berkala memeriksa atau mengganti bearing mesin. Karena jika ini tidak dilakukan maka akan terjadi istilah mesin gagal fungsi, yang mengakibatkan mesin perlu perbaikan. Kondisi seperti ini bisa mengakibatkan mesin berhenti hingga 3 hari, yang mengakibatkan kerugian bagi perusahaan.



Gambar 1: Diagram Fishbone

Jika melihat diagram Fish bones pada gambar 1, salah satu penyebab mesin (spindle) tidak produksi adalah gangguan pada mesin, yaitu pada macetnya bearing. Bearing yang macet menyebabkan mesin tidak produktif, tentunya menghambat proses secara keseluruhan, yang pada akhirnya dapat menyebabkan hilangnya kesempatan keuntungan yang diperoleh. Berdasarkan penelitian pendahuluan dilapangan, biaya yang hilang (dalam rupiah) akibat Bearing Cradle yang macet dari laporan hasil produksi TFO (Two For One) selama tahun 2019, yaitu sebesar : Rp. 844,869,375 per tahun atau Rp. 70,405,781 per bulan.

Sehingga menjadi cukup penting bagi perusahaan untuk mengetahui pola kerusakan dari bearing tersebut. Ini dikarenakan jumlah bearing yang digunakan dalam satu mesin TFO itu bisa berjumlah 520 bearing. Jika menunggu rusak, maka bearing yang harus diganti untuk sekali perbaikan bisa sangat banyak.

Jika perusahaan bisa memprediksi pola kerusakan dari bearing maka itu berarti perusahaan bisa menentukan jadwal perawatan mesin yang dianggap cukup. Sehingga proses perbaikan tidak memakan waktu yang lama, tapi cukup dalam 4-5 jam saja mesin mengalami berhenti produksi.

Ada beberapa asumsi yang menjadi perhatian dalam penelitian ini, yaitu:

- Membahas masalah perawatan pencegahan kerusakan mesin yang terencana, teratur, continue, dan dapat dipertanggung jawabkan.
- Metode kerja dan teknologi yang dilakukan tidak berubah.
- Proses produksi berjalan normal selama penelitian dilakukan.
- Pihak manajemen perusahaan setuju untuk melakukan perbaikan pada system pemeliharaan.

2. KAJIAN PUSTAKA

Penelitian ini menentukan jenis distribusi kerusakan bearing yang paling tepat, dengan tujuan agar proses *maintenance* mesin bisa diatur dan dilakukan secara berkala. Sehingga kerugian yang diakibatkan mesin tidak beroperasi bisa diminimalkan. *Maintenance* menurut Sehwat dan Narang (2001) yaitu suatu kegiatan operasi di dalam perusahaan untuk mencegah kerugian yang lebih besar dengan cara melakukan pemeliharaan yang dilakukan secara teratur, agar standar fungsi dan kualitasnya tetap terjaga.

Maintenance secara tidak langsung adalah proses penjadwalan yang dilakukan secara berkelanjutan, ini dijelaskan oleh Bhagya (2019) yang menyatakan penjadwalan adalah kegiatan yang dilakukan secara berulang dan berkelanjutan hingga system mengalami perubahan kembali. Secara tidak langsung jika dalam proses produksi dan pencegahan kerusakan ini memiliki konsep yang hampir sama dengan maintenance.

Proses pencegahan dan usaha untuk mengurangi tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh proses produksi yang sedang berjalan dibutuhkan metode dan cara untuk mengantisipasinya melalui kegiatan pemeliharaan mesin/peralatan ataupun melalui pergantian part yang teratur. Hasil dari kegiatan pemeliharaan mesin/peralatan (*equipment maintenance*) menurut Deros et al. (2009) bisa didasarkan dari dua hal sebagai berikut:

1. *Condition maintenance* yaitu mempertahankan kondisi peralatan ataupun mesin agar terus berfungsi dengan baik dan optimal sehingga komponen-komponen yang terdapat di dalam mesin juga berfungsi dengan umur ekonomisnya.
2. *Replacement maintenance* yaitu melakukan tindakan perbaikan dan penggantian komponen mesin tepat pada waktunya sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan sebelum kerusakan terjadi.

Sedangkan kegiatan dari proses *maintenance* menurut Jardin (2006) secara umum dikelompokkan dalam beberapa tugas, yaitu:

1. *Inspection* (Pemeriksaan), yaitu tindakan yang ditujukan terhadap sistem atau mesin untuk mengetahui apakah sistem berada pada kondisi yang diinginkan.
2. *Service* (Servis), yaitu Tindakan yang bertujuan untuk menjaga kondisi suatu sistem yang biasanya telah diatur dalam buku petunjuk pemakaian sistem.
3. *Replacement* (Pergantian Komponen), yaitu Tindakan pergantian komponen yang dianggap rusak atau tidak memenuhi kondisi yang diinginkan. Tindakan penggantian ini mungkin dilakukan secara mendadak atau dengan perencanaan pencegahan terlebih dahulu.
4. *Repair* (Perbaikan), yaitu Tindakan perbaikan *minor* yang dilakukan pada saat terjadi kerusakan kecil.
5. *Overhaul*, yaitu Tindakan perubahan besar-besaran yang biasanya dilakukan di akhir periode tertentu.

Dalam penelitian ini, perawatan yang dilakukan adalah melalui metode replacement maintenance dengan mengidentifikasi distribusi kerusakan dari part berupa bearing. Jika jenis distribusi ini bisa diketahui, maka kerusakan pada periode selanjutnya bisa diprediksi. Dalam statistik, kerusakan part hanya memungkinkan terjadi pada 4 jenis distribusi, yaitu: fungsi distribusi normal, fungsi distribusi lognormal, fungsi distribusi eksponensial dan fungsi distribusi weibull.

Identifikasi jenis distribusi yang tepat dapat dilakukan dengan cara 2 tahap, yaitu *Index Of Fit (r)* dan *Goodness Of Fit Test*.

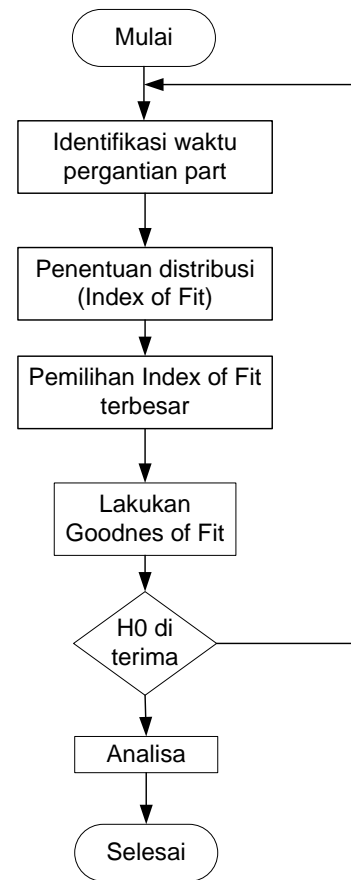
Identifikasi awal menggunakan *index of fit* dapat dibedakan dengan dua metode, yaitu *probability plot* dan metode *least square curve fitting*. Dengan *probability plot* dibuat grafik dengan titik-titik. Bila data tersebut menghampiri suatu distribusi, maka grafik yang terbentuk akan berbentuk garis lurus. Namun demikian, tingkat subjektivitas untuk menilai kelurusan garis menyebabkan metode ini tidak terlalu populer digunakan. Dengan metode *Least Square Curve Fitting*, dicari nilai *index of fit (r)* atau koreksi antara t_i (atau $\ln t_i$) sebagai x dengan y yang

merupakan fungsi dari distribusi teoritis terhadap x . Kemudian distribusi yang terpilih adalah distribusi yang nilai *index of fit* ® terbesar akan dipilih untuk diuji dengan menggunakan metode *Goodness of Fit Test*.

Tahap selanjutnya setelah dilakukan perhitungan *index of fit* adalah pengujian *goodness of fit* untuk nilai *index of fit* yang terbesar. Dilakukan dengan membandingkan hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternative (H_1). H_0 menyatakan bahwa waktu kerusakan berasal dari distribusi tertentu dan H_1 menyatakan bahwa waktu kerusakan tidak berasal dari distribusi tertentu. Pengujian ini merupakan perhitungan statistic yang didasarkan pada sampel waktu kerusakan.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsep perancangan eksperimen yang mengikuti alur flowchart sebagai berikut:



Gambar 3. Alur Flowchart penelitian

Identifikasi waktu pergantian part

Untuk menghitung data selang waktu antar pergantian tersebut perlu diidentifikasi pola distribusi apa yang akan diikuti dengan menggunakan metode Least Square Curve Fitting (LSCF) dengan mencari nilai Index Of Fit (r) terbesar. Langkah-langkah yang digunakan adalah sebagai berikut :

- 1) Menentukan waktu antar kerusakan ke-I (t_i)
- 2) Menghitung nilai x_i , dengan persamaan sebagai berikut:
 - a) Distribusi Normal $x_i = t_i$
 - b) Distribusi Lognormal $x_i = \ln t_i$
 - c) Distribusi Eksponensial $x_i = t_i$
 - d) Distribusi Weibull $x_i = \ln t_i$

Dimana : x_i = taksiran terhadap dua waktu kerusakan.

- 3) Menghitung nilai $F(t_i)$, dengan persamaan sebagai berikut :

$$f(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4}$$

dimana n = jumlah sample

Dimana $F(t_i)$ adalah fungsi distribusi kumulatif.

- 4) Menghitung nilai y_i , dengan persamaan sebagai berikut :

- a) Distribusi Normal

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)], \quad \text{dengan}$$

menggunakan table.

t_i adalah data ke- i

$$\text{Parameter : } \sigma = \frac{1}{b} \text{ dan } \pi = -\left(\frac{a}{b}\right)$$

- b) Distribusi Lognormal

Keterangan :

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)], \quad \text{dengan}$$

menggunakan table.

t_i adalah data ke- i

$$\text{Parameter : } s = \frac{1}{b} \text{ dan } t_{med} = e^{-sa}$$

- c) Distribusi Eksponensial

Keterangan :

$$y_i = \ln \left[\frac{1}{1-F(t_i)} \right]$$

t_i adalah data ke- i

$$\text{Parameter : } \beta = 1/b \text{ dan } \theta = e^a$$

- d) Distribusi Weibull

$$y_i = \ln \ln \left[\frac{1}{1-F(t_i)} \right]$$

t_i adalah data ke- i

$$\text{Parameter : } \beta = 1/b \text{ dan } \theta = e^a$$

y_i adalah taksiran terhadap fungsi distribusi kumulatif

- 5) Menghitung nilai $x_i.y_i$ (Mengalikan x_i dengan y_i)

- 6) Menghitung nilai x_i^2 (Mengkuadratkan x_i)

- 7) Menghitung nilai y_i^2 (Mengkuadratkan y_i)

- 8) Menghitung r

index of fit (r)

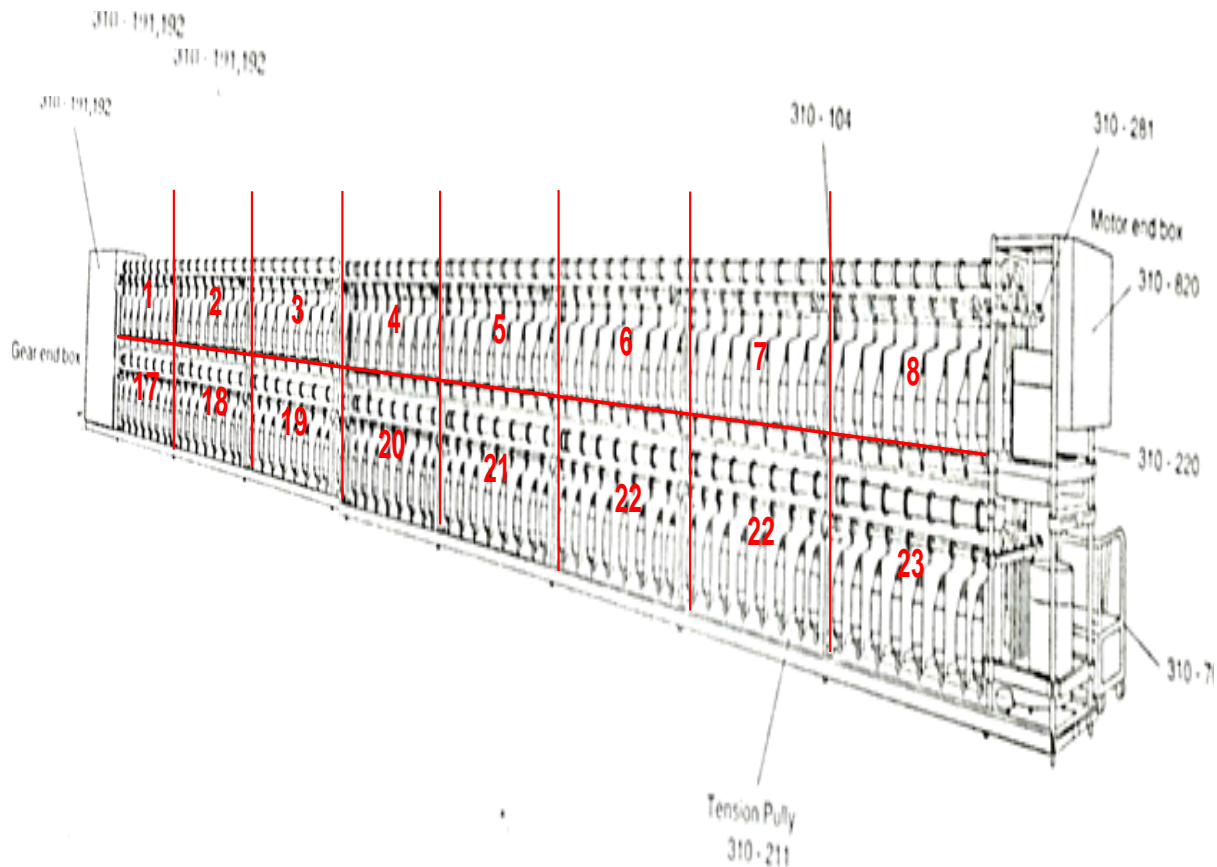
$$= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

- 9) Pemilihan *Index Of Fit Terbesar, Index Of Fit terbesar* yang didapatkan dari hasil perhitungan masing-masing jenis distribusi setelah didapatkan lalu dilakukan pengujian kesesuaiannya.

Setelah diperoleh jenis distribusi yang memiliki nilai index of fit terbesar, maka distribusi tersebut diolah dengan melakukan goodness of fit. Setiap distribusi yang terpilih menggunakan pengujian yang berbeda-beda. Jika yang terpilih adalah distribusi normal atau lognormal maka pengujian distribusi menggunakan uji kolmogorov smirnov. Jika yang terpilih adalah distribusi eksponensial, maka pengujian distribusi menggunakan uji Bartlett. Sedangkan apabila yang terpilih adalah distribusi weibull, maka pengujian distribusi menggunakan uji mann.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini akan membahas pergantian bearing pada mesin TFO, yang memiliki 32 spindle dengan total bearing yang harus dikelola pergantiannya sebanyak 512 bearing. Berikut gambaran mesin TFO yang digunakan sebagai obyek penelitian ini.



Gambar 4. Mesin TFO

Dari hasil pencarian *Index of Fit* dengan mengikuti algoritma yang dijelaskan pada bagian sebelumnya, maka laju distribusi kerusakan bearaing pada mesin TFO, dihasilkan sebagai berikut:

1. *Index Of Fit* untuk distribusi Weibull = **0,580**
2. *Index Of Fit* untuk distribusi Normal = 0,121
3. *Index Of Fit* untuk distribusi Lognormal = 0,044
4. *Index Of Fit* untuk distribusi Eksponensial = -3,821

Berdasarkan hasil tersebut, maka bisa dikatakan laju kerusakan bearing pada mesin TFO adalah berdistribusi Weibull, maka untuk tahap selanjutnya dilakukan pengujian goodness of fit apakah betul berdisrtibusi weibull atau tidak dengan menggunakan uji mann.

H0 : Laju kerusakan bearing pada mesin TFO berdistribusi weibull

H1 : Laju kerusakan bearing pada mesin TFO tidak berdistribusi weibull

Uji Kriteria (Mann)

S hitung < S tabel : HO diterima

Perhitungan

$$S_{hitung} = \frac{\sum_{i=\left(\frac{r}{2}\right)+1}^{r-1} \left[\frac{x^{(i+1)} - x_i}{M_i} \right]}{\sum_{i=1}^{r-1} \left[\frac{x^{(i+1)} - x_i}{M_i} \right]} = 0,63$$

Stabel = 0,71

Kesimpulan: $S_{hitung} < S_{tabel}$, artinya laju kerusakan bearing berdistribusi weibull

Setelah didapat pola data berdistribusi weibull maka dilakukan perhitungan parameter yang akan menentukan perhitungan kapan komponen tersebut harus diganti. Metode ini telah digunakan oleh Suyitno (2017), terdapat 2 parameter yang dihitung untuk distribusi weibull yaitu parameter skala (α) dan parameter bentuk (β). Nilai yang dihasilkan estimasi parameter distribusi akan memberikan informasi mengenai kondisi kerusakan komponen dan nilai model distribusi statistiknya. Kedua parameter distribusi weibull dihitung dengan menggunakan regresi linier sederhana. Berdasarkan perhitungan parameter weibull pada bagian sebelumnya didapat besarnya harga (α) dan (β) untuk seluruh komponen sebagai berikut :

Tabel 1. Rekap Hasil Perhitungan Parameter Weibull

β	86.89
α	23008.46

Berdasarkan data diatas, nilai β yang dihasilkan komponen > 1 . Hal ini menunjukkan bahwa laju kerusakan yang terjadi pada komponen terus-menerus meningkat sesuai dengan bertambahnya waktu, sedangkan apabila $\beta < 1$ menunjukkan bahwa laju kerusakan yang terjadi menurun.

Berdasarkan hasil pengumpulan data dan laju distribusi weibull dan diolah dengan metode maintainan (*group replacement*), maka proses pergantian bearing pada mesin TFO bisa dilakukan pada setiap mesinnya sebanyak 2,6 tahun sekali. Dimana setiap pergantian bearing bisa diatur sedemikian rupa tanpa perlu mematikan seluruh mesin TFO yang ada di perusahaan. Sebagai contoh pada PT XYZ terdapat 150 mesin TFO, sehingga setiap pergantian bearing dilakukan dalam 15 kelompok, dimana setiap kelompok akan terdiri dari 10 mesin yang harus diganti bearingnya. Berikut ilustrasi pergantian bearing setelah menggunakan laju kerusakan bearing di mesin TFO.

Tabel 2. Jadwal pergantian bearing pada Mesin TFO PT XYZ.

NO	NOMESIN	DURASI	PENGANTIAN AWAL	PENGANTIAN BERIKUTNYA	TAHUN 2019													
					JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES		
1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	2,6 Tahun (30 bulan)	Jan-19	Jul-21	■													
2	11 12 13 14 15 16 17 18 19 20		Feb-19	Agst-21		■												
3	21 22 23 24 25 26 27 28 29 30		Mar-19	Sep-21			■											
4	31 32 33 34 35 36 37 38 39 40		Apr-19	Okt-21				■										
5	41 42 43 44 45 46 47 48 49 50		Mei-19	Nov-21					■									
6	51 52 53 54 55 56 57 58 59 60		Jun-19	Des-21						■								
7	61 62 63 64 65 66 67 68 69 70		Jul-19	Jan-22							■							
8	71 72 73 74 75 76 77 78 79 80		Agst-19	Feb-22								■						
9	81 82 83 84 85 86 87 89 90		Sep-19	Mar-22									■					
10	91 92 93 94 95 96 97 98 99 100		Okt-19	Apr-22										■				
11	101 102 103 104 105 106 107 108 109 110		Nov-19	Mei-22												■		
12	111 112 113 114 115 116 117 118 119 120		Des-19	Juni-22													■	
13	121 122 123 124 125 126 127 128 129 130		Jan-20	Juli-22	■													
14	131 132 133 134 135 136 137 138 139 140		Feb-20	Agst-22		■												
15	141 142 143 144 145 146 147 148 149 150		Mar-20	Sept-22			■											

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa berdasarkan data yang dikumpulkan selama lima tahun ke belakang, dan dilakukan perhitungan index of fit dan goodness of fit maka diambil kesimpulan laju distribusi kerusakan bearing pada mesin TFO di PT XYZ adalah berdistribusi Weibull. Dari distribusi weibull ini maka bisa dihitung parameternya untuk menentukan seberapa sering bearing tersebut harus diganti. Parameter yang dihasilkan oleh weibull menunjukkan nilai $\beta > 1$, yang artinya seiring berjalannya waktu laju kerusakan pada bearing akan semakin terus meningkat, sehingga perusahaan perlu mengatur waktu pergantian yang pas untuk mengganti

bearing pada mesin TFO. Sehingga dengan bantuan metode maintenance (group replacement) dihasilkan waktu untuk pergantian bearing adalah 2,6 tahun dengan mengganti bearing pada 10 mesin dari total 150 mesin.

6. REFERENSI

Bhagya, TG. 2019. Model Sistem Pendukung Keputusan Transportasi Melalui Metode Saving Matrix Pada CV XYZ. **Jurnal SisInfo Universitas Informatika dan Bisnis Indonesia**. Vol. 1 No. 1 (2019). Pp 59-68.

- Deros, B.M., Ismail, A.R., Ismail, R., Makhatar, N.K., dan Zulkifli, R. 2009. A Study on Implementation of Preventive Maintenance Programme at Malaysia Palm Oil Mill. **European Journal of Scientific Research**, Vol.29 No.1 (2009), pp.126-135.
- Jardine, AKS. 2006. **Maintenance, Replacement and Reliability**. Canada: Pittman Publishing Company.
- Sehrawat, MS. and JS. Narang. 2001. **Production Management**. Nai Sarak. Dhanpahat RAI Co.
- Suyitno. 2017. Penaksiran parameter dan Pengujian Hipotesis Model Regresi Weibull Univariat. *Jurnal Eksponensial*. Vol. 8 No. 2 (2017). Pp 179-184.