

# PERENCANAAN PERAWATAN MESIN STONE CRUSHED DENGAN MENGGUNAKAN METODE AGE REPLACEMENT

Oleh:

**Bayu Andi Maulana**  
**191020200012**

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
2023

# PENDAHULUAN

- Mesin stone crusher merupakan sebuah alat yang didesain untuk memecahkan batu dari ukuran besar menjadi ukuran lebih kecil, di Indonesia lebih dikenal dengan sebutan mesin pemecah batu. Batu-batu yang besar agar dapat dimanfaatkan sebagai campuran dalam pembuatan beton dan aspal



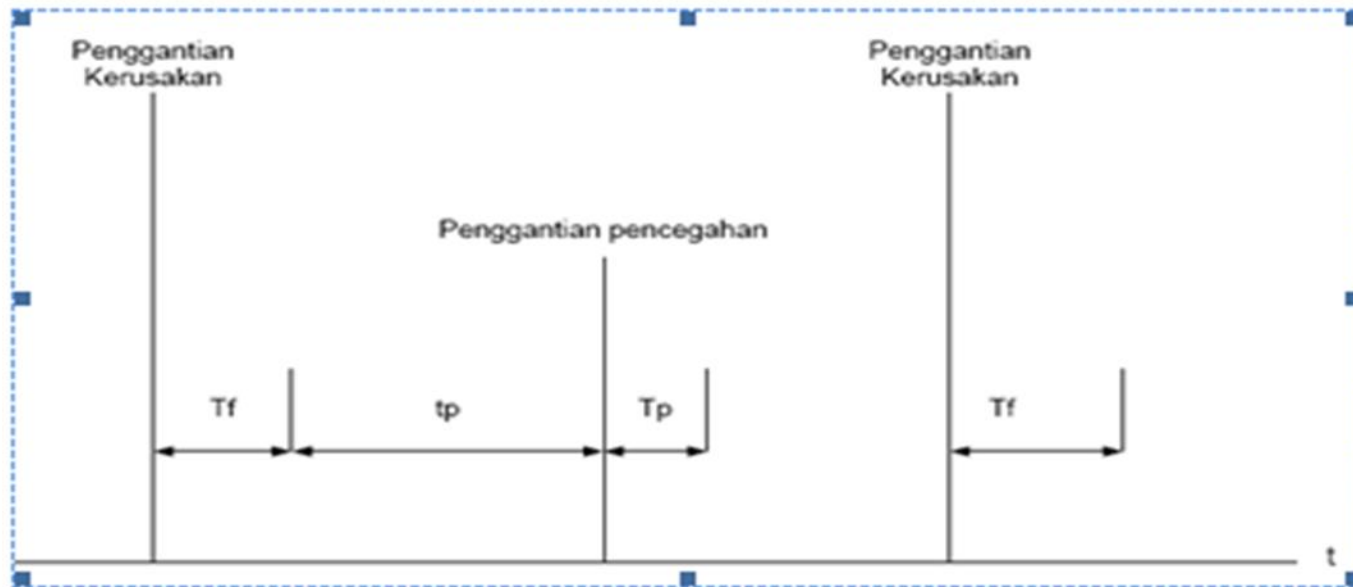
- *Jaw Crusher* (Pemecah Tipe Rahang)

*Jaw crusher* adalah penghancur pola dasar yang digunakan untuk membongkar batu dan batu digunakan untuk mengurangi besar butiran pada tingkat pertama, untuk kemudian dipecah lebih lanjut oleh *crusher* lain. Jenis ini paling efektif digunakan untuk batuan sedimen sampai batuan yang paling keras seperti granit atau basalt. *Jaw crusher* merupakan mesin penekan (*compression*) dengan rasio pemecahan



- Metode Age Replacement

Pada metode age replacement, tindakan penggantian dilakukan pada saat pengoperasian sudah mencapai umur yang ditetapkan, yaitu sebesar ( $T_f$ ). Jika pada selang waktu  $t_p$  tidak terdapat kerusakan, maka akan tetap dilakukan penggantian sebagai tindakan pencegahan. Jika system mengalami kerusakan pada selang waktu ( $t_p$ ), maka dilakukan tindakan penggantian perbaikan dan penggantian berikutnya akan dilakukan berdasarkan perhitungan ( $t_p$ ), terhitung mulai dari waktu penggantian perbaikan tersebut.



## Perawatan Pada Mesin *Stone Crushed*

- . Apabila mesin produksi digunakan tanpa henti dengan perawatan yang kurang memadai maka dapat mengakibatkan mesin rusak pada waktu proses produksi sedang berjalan. Pada kasus tool punch mesin *Stone Crusher* yang sering mengalami kerusakan, preventive dengan metode Age Replacement dilakukan sehingga dapat ditentukan periode pemeriksaan dan pencegahan. Preventive maintenance yang dilakukan didasarkan pada periode waktu yang telah ditetapkan, terlihat adanya pengurangan waktu downtime, peningkatan ketersediaan (availability), dan keandalan (reliability) mesin produksi

# Rumusan Masalah

- Berdasarkan latar belakang tersebut maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah membuat jadwal perawatan *Preventive Maintenance* komponen *bearing jaw* menggunakan metode *Age Replacement* ?
2. Bagaimana menentukan biaya *down time* setelah penerapan *Preventive Maintenance* ?

# Batasan Masalah

- **Untuk mendapatkan hasil yang optimal maka peneliti perlu melakukan pembatasan masalah sebagai berikut:**
  1. Perhitungan biaya hanya didasarkan pada biaya down time penggantian komponen bearing yang terjadi pada stone crusher .
  2. Pengambilan data dalam priode 3 tahun,.
  3. Kegiatan-Kegiatan perawatan berupa cara perbaikan, pembongkaran, penggantian, dan pemasangan peralatan tidak dibahas dalam penelitian ini..

# Tujuan

- Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:
  1. Bagaimanakah menentukan nilai keandalan pada mesin stone crushed.
  2. Menentukan biaya down time setelah penerapan Preventive Maintenance.



# METODOLOGI

## Tempat dan Waktu Penelitian :

- **Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada perusahaan PT.Tirito Bumi Adya Tunggal

- **Waktu Penelitian**

Penelitian dan pengambilan data dilakukan pada 07 Desember 2023

# Definisi Operasional Variabel

1. **Variabel bebas** (variabel prediktor) dapat disebut penyebab. Variabel bebas pada penelitian ini adalah :

a) MTTF (*mean time to failure*),

yaitu waktu ekspektasi terjadinya kegagalan.

b) MTTF (*Mean Time To Failure*)

- adalah ukuran rata-rata waktu aset sampai mengalami kerusakan.

## 2. **Vriabel Terikat**

a) Jadwal pereventive maintenance pada mesin stone crushed

b) Biaya Down Time

Biaya Down Time adalah biaya yang harus dikeluarkan akibat dari sistem yang tidak produktif

# Teknik Pengumpulan Data

- **Metode Observasi**

Pengumpulan data dengan melakukan pengamatan aktifitas langsung pada obyeknya yakni stone crosher.

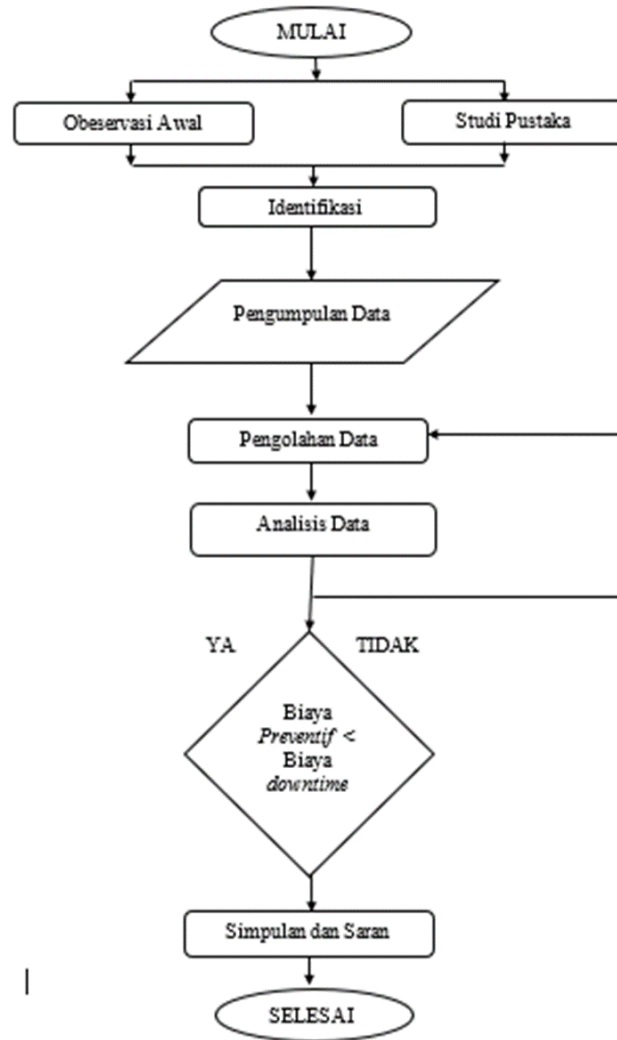
- **Metode Interview**

Pengumpulan data dengan melakukan interview/tanya jawab langsung dengan responden/pihak yang memiliki kaitan langsung dengan permasalahan yang diteliti. Dalam hal ini dengan pimpinan, staf dan karyawan perusahaan

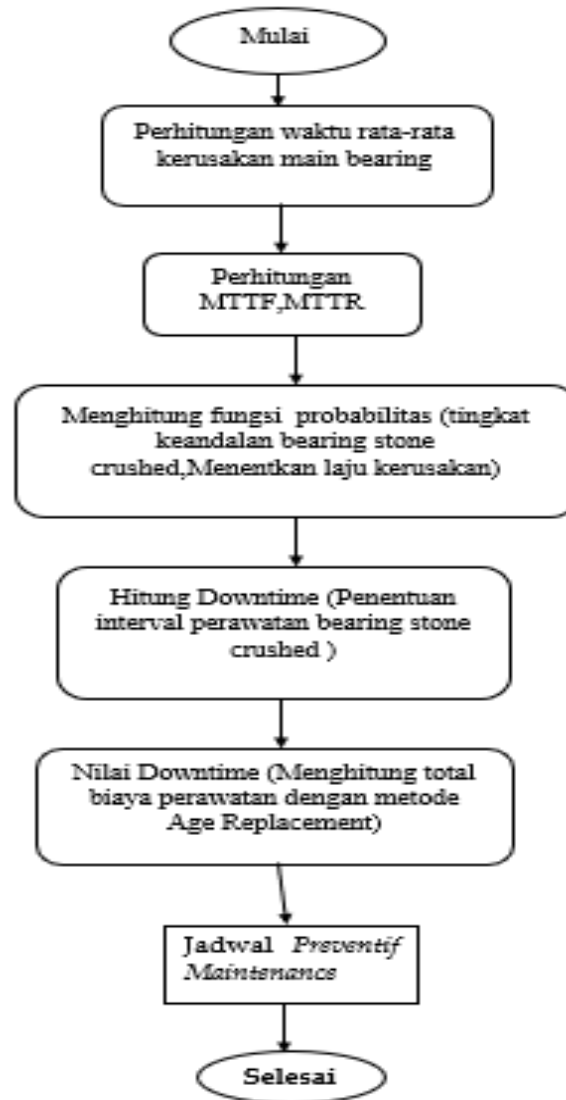
# Teknik Analisis Data

- Penelitian ini menggunakan metode statistika deskriptif, dengan mengumpulkan informasi atau data dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung.
- Tujuan penggunaan metode statistika deskriptif untuk menggambarkan sifat suatu keadaan yang sementara berjalan pada saat penelitian dilakukan dan memeriksa sebab-sebab dari suatu gejala tertentu (Sudjana, 1996)

# Rancangan Penelitian



# Flowchart Metode *Age Replacement*



# Langkah-langkah Dalam Mengambil Penelitian

1. Mencari data primer interval waktu kerusakan pada mesin
2. Mencari distribusi *weibul* bertujuan untuk mencari *alfa* dan *beta* menggunakan *software* minitab
3. Setelah ditemukan *alfal* dan *beta weibul* daln *lognormal* di lakukan perhitungan dengan menggunakan rumus *excel*
4. Setelah mengetahui distribusi yang sesuai untuk data waktu kerusakan dan waktu perbalikan serta nilai MTTF daln MTTR berdasarkan distribusi terpilih, selanjutnya dalpat dilakukan perhitungan interval perawatan berdasarkan tingkat keandalan dengan menggunakan rata-rata waktu kerusakan
5. Untuk dapat menghitung total biaya perawatan optimal maka mencari biaya-biaya perawatan yang *relevan* yaitu biaya perawatan pencegahan dan biaya perawatan akibat terjadinya kerusakan

# HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

- Data tabel kerusakan mesin

| Tabel 3.1 Data Antar Kerusakan dan Lama Perbaikan

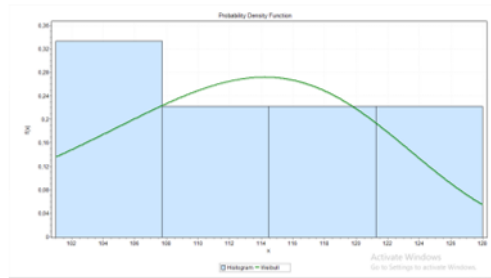
No.	Tanggal kerusakan	Ruang Waktu antar Kerusakan	Lama Perbaikan
1.	22 Januari 2019	-	-
2.	15 mei 2020	103 hari	14 jam
3.	20 September 2020	128 hari	18 jam
4.	3 Januari 2021	105 hari	21 jam
5.	4 April 2021	101 hari	14 jam
6.	12 Agustus 2021	119 hari	20 jam
7.	17 Desember 2021	117 hari	25 jam
8.	22 April 2022	124 hari	19 jam
9.	10 Agustus 2022	110 hari	21 jam
10.	26 November 2022	108 hari	18 jam
Jumlah		1015	170



# Penentuan Distribusi Data

- Berdasarkan Tabel 3.2.1 goodness of fit diatas dapat diketahui bahwa nilai terkecil Anderson-Darling sebesar 5.322 dan nilai koefisien korelasi (r) yang tinggi sebesar 0.979 terletak pada distribusi Weibull, berarti distribusi data penelitian waktu antar kerusakan mengikuti distribusi Weibull.

- Grafik Distribusi Weibull



Gambar 3.1 Uji Distribusi dan Parameter bearing

- Pada perhitungan panjang siklus kerusakan bearing untuk titik awal *alfa* pada aplikasi minitab titik awal pada  $f(x)$  0,14 pada rentang kekuatan  $f(x)$  0,26 pada hari ke(x) 114 bearing tersebut mencapai titik keandalan. Pada titik  $f(x)$  0,05 pada hari ke(x) 128 bearing mulai mengalami penurunan keandalan hal itu digambarkan pada gambar 3.1 melalui program minitab 19.

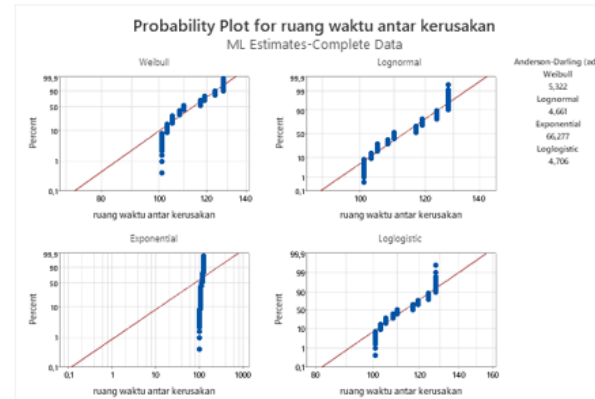
Tabel 3.2.1 Goodness of Fit

	Anderson-Darling	Correlation
Distribution	(adj)	Coefficient
Weibull	5.322	0.979
Lognormal	4.661	0.938
Exponential	66.277	*
Normal	4.833	0.957

# • Perhitungan Waktu Rata-Rata Kerusakan Main Bearing

## Perhitungan Index Of Fit

Perhitungan Model dari suatu probabilitas kerusakan suatu alat dapat di cocokkan dengan distribusi statistik yang terpilih. Distribusi yang terpilih adalah distribusi yang memiliki index of fit terbesar, hasil perhitungan dengan bantuan program Minitab 19.0



Gambar 3.2.1 Plot Probability Waktu Antar Kerusakan

Pada grafik *probability* waktu antar kerusakan mempresentasikan laju kerusakan pada komponen. Grafik *survival function* mempresentasikan keandalan komponen bearing titik tertinggi pada grafik *probability* waktu antar kerusakan sesuai dengan penurunan tertinggi pada grafik *survival function* komponen. Kemudian pada grafik *weibull* dan *lognormal* terlihat titik-titik yang mempresentasikan waktu terjadinya kerusakan pada komponen berdasarkan *hour meter*, pada grafik *exponential* dan *logistic* mempresentasikan laju terjadinya kerusakan komponen berdasarkan *hour meter*. Semakin tinggi *hour meter* maka laju kerusakan dari komponen akan semakin tinggi umur dari komponen juga semakin bertambah.

## • Perhitungan Parameter Distribusi Weibull

Setelah distribusi kerusakan suku cadang diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung parameter-parameter, untuk distribusi *weibull*, parameternya adalah  $\alpha$  dan  $\beta$ . Hasil perhitungannya  $\alpha$  dan  $\beta$  dengan menggunakan program Minitab 19.0

**Tabel 3.2.3** *Goodness of Fit Distribution Weibull*

ML Estimates of Distribution Parameters			
Distribution	Shape	<u>Scale</u>	Threshold
Weibull	14,1256	117,514	

Berdasarkan Tabel 3.2.3 dapat diketahui nilai  $\beta = \text{scale} = 117,514$  dan nilai  $\alpha = \text{Shape} = 14,1256$  |

## • Perhitungan MTTF

Setelah nilai dua parameter diketahui, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari MTTF (*mean time to failure*) dengan satuan hari. Perhitungan sebagai dengan software *mini tab* 14 berikut:

Distribution	Standard	95% Normal CI		
	Mean	Error	Lower	Upper
Weibull	113,259	0,75425	111,790	114,747
Lognormal	113,411	0,66449	112,116	114,721
Exponential	113,412	8,69829	97,583	131,808
Normal	113,412	0,66653	112,105	114,718

# Perhitungan Waktu Rata-Rata Lama Perbaikan Kerusakan Bearing Stone Crushed

- Perhitungan Index Of Fitt

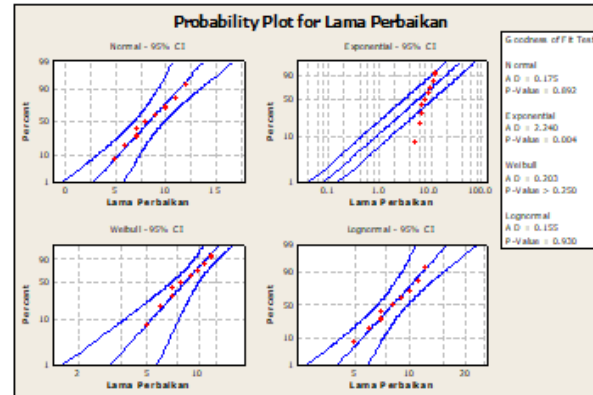
**Tabel 3.3.1 Goodness of Fit**

Distribution	<u>Anderson-Darling</u> <u>(adj)</u>	<u>Correlation</u> Coefficient
Weibull	5.322	0.988
Lognormal	4.661	0.968
Exponential	66.277	*
Normal	4.833	0.961

- Berdasarkan Tabel 3.3.1 Goodness of fit diatas dapat diketahui bahwa nilai terkecil Anderson-Darling sebesar 4.661 dan nilai koefisien korelasi (r) yang tertinggi sebesar 0.968 terletak pada distribusi lognormal, berarti data penelitian lama perbaikan kerusakan mengikuti distribusi lognormal

# Pengujian Distribusi Lognormal

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pola distribusi kerusakan bearing stone crusher mengikuti distribusi lognormal atau dua parameter. Sebelum pengujian ini dilakukan, terlebih dahulu dibuat hipotesis untuk menentukan apakah data terdistribusi lognormal atau tidak.

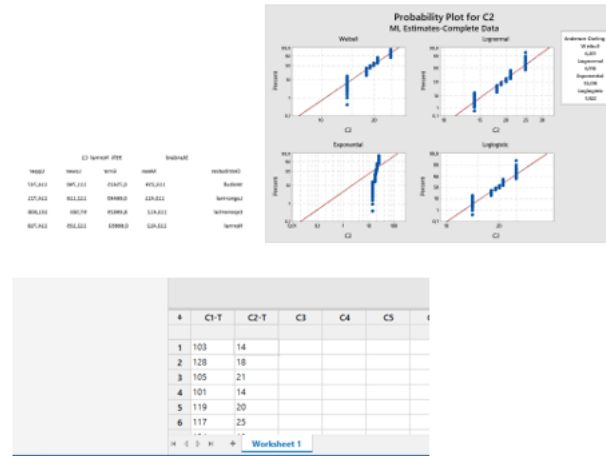


Gambar 3.3.2 Distribusi Probability Lama Perbaikan Kerusakan

Pada grafik probability lama perbaikan kerusakan komponen bearing. Grafik diatas mempresentasikan lama perbaikan kerusakan distribusi normal, weibull, dan lognormal menunjukkan kesesuaian yang baik seperti grafik probability lama perbaikan kerusakan. Pada distribusi lognormal menunjukkan kesesuaian yang paling kuat karena nilai probability yang di hasilkan lebih besar dari 0,05 maka  $H_0$  diterima. Distribusi yang digunakan untuk lama perbaikan kerusakan mengikuti distribusi lognormal

# • Perhitungan MTTR

- Setelah nilai dua parameter diketahui, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari MTTR (mean time to repair) dengan satuan jam. Dengan menggunakan software minitab 19



Gambar 3.3.4 Hasil Perhitungan MTTR dengan Software Minitab 19

- Dari gambar 3.3.4 diatas, dapat diketahui nilai MTTR (*Mean Time To Repair*) adalah  $18.9728 = 19$  jam.

MTTR diperoleh dengan menggunakan rumus (Ebeling, 1997):

$$MTTR = \int_0^{\infty} t \cdot h(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt \dots\dots\dots$$

- Menghitung fungsi padat probabilitas

Tujuan dari menghitung fungsi padat probabilitas adalah untuk mengetahui probabilitas terjadinya kerusakan pada mesin *stone crosher* khususnya *bearing* pada waktu tertentu. Adapun untuk perhitungan fungsi padat probabilitas berdasarkan interval waktu kerusakan menggunakan *software excel* adalah sebagai berikut

Tabel 3.4 Fungsi Padat Probabilitas

tp	Fungsi Padat Probabilitas	tp	Fungsi Padat Probabilitas
100	0.01304	116	0.04409
101	0.01463	117	0.044331
102	0.01637	118	0.04396
103	0.01823	119	0.04294
104	0.02023	120	0.04125
105	0.02236	121	0.03892
106	0.02459	122	0.03599
107	0.02691	123	0.03255
108	0.02930	124	0.02874
109	0.03170	125	0.02471
110	0.03407	126	0.02063
111	0.03637	127	0.01668
112	0.03852	128	0.01301
113	0.04044	129	0.00977
114	0.04207	130	0.00703
115	0.04331		

# • Tingkat Keandalan Bearing Stone Crusher

Nilai keandalan bearing stone crusher berdasarkan pada waktu rata-rata kerusakan dengan parameter distribusi Weibull. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan bearing stone crusher.

$$R = \exp-(t/ \beta)^\alpha; \text{ dimana } \dots\dots\dots$$

t= rata-rata waktu kerusakan 117 hari

$$R = \exp-(t/\beta)^\alpha = \frac{1}{\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha} = \frac{1}{\left(\frac{117}{117,514}\right)^{14,1256}} = \frac{1}{e^{(0,9399)}} = 0,39$$

Jadi R = 39.0%, sehingga dapat dikatakan tingkat keandalan bearing pada waktu 117 hari adalah 39.0%



# • Menentukan Laju Kerusakan

Tujuan dari penentuan laju kerusakan komponen adalah untuk mengetahui banyaknya kerusakan yang terjadi tiap satuan waktu. Adapun rumus dari perhitungan laju kerusakan yang diperoleh dengan software excel adalah sebagai berikut :

**Tabel 3.6** Laju Kerusakan

tp	Laju Kerusakan	tp	Laju Kerusakan
100	0.097255476	116	0.565094294
101	0.111087361	117	0.609355737
102	0.126580728	118	0.653555041
103	0.143873632	119	0.697063204
104	0.16310161	120	0.739220248
105	0.184393505	121	0.779365164
106	0.207866328	122	0.816871262
107	0.233619121	123	0.851184458
108	0.261725809	124	0.881861001
109	0.292227106	125	0.908600287
110	0.325121655	126	0.931268151
111	0.36035668	127	0.949906495
112	0.397818618	128	0.964726541
113	0.43732436	129	0.976085251
114	0.478613916	130	0.984447251
115	0.521345516		

- **Penentuan Interval Perawatan Bearing Stone Crushed**
- Setelah mengetahui distribusi yang sesuai untuk data waktu kerusakan dan waktu perbaikan serta nilai MTTF dan MTTR berdasarkan distribusi terpilih, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan interval perawatan berdasarkan tingkat keandalan dengan menggunakan rata-rata waktu kerusakan. Untuk tingkat keandalan bearing stone crusher 85% dan 95% perhitungannya adalah :

$$t_R = \alpha(-\ln R)^{\frac{1}{\beta}}$$

**Untuk tingkat keandalan 85 %**

$$t_R = 14.1256(-\ln 0.85)^{\frac{1}{117,514}} = 103.3307 \text{ Jam} = 12.916 \text{ hari} \approx 12 \text{ Hari}$$

**Untuk tingkat keandalan 95 %**

$$t_R = 14.1256(-\ln 0.95)^{\frac{1}{117,514}} = 95.255 \text{ Jam} = 11.906 \text{ hari} \approx 11 \text{ Hari}$$

Jam Kerja dalam 1 hari 8 jam terbagi dalam 1 shift kerja, dalam satu bulan terdapat 24 hari efektif

# • Menghitung Total Biaya Perawatan Dengan Metode Age Replacement

- Dalam memecahkan masalah penentuan waktu yang optimal bagi penggantian pencegahan yang optimal digunakan metode Age Replacement dengan kriteria optimalisasi biaya downtime. Perhitungan yang digunakan dalam metode Age Replacement ini adalah sebagai berikut

$$C(t) = \frac{C_p \times R(t) + C_f [1 - R(t)]}{t \times R(t) + \left( \int_0^t t \times f(t) dt \right)}$$

- Untuk dapat menghitung total biaya perawatan optimal maka mencari biaya-biaya perawatab yang relevan yaitu biaya perawatan pencegahan dan biaya perawatan akibat terjadinya kerusakan adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

## 1. Gaji teknisi

- Gaji teknisi

Yaitu Rp. 4.500.000,- per bulan kemudian di konversikan dalam biaya perjam yaitu sebesar

$$= \text{Rp. } \frac{4.500.000}{240}$$

240 Jam

$$= \text{RP. } 18.750.00$$

## 2. Biaya pembelian *bearing* baru

Biaya yang dikeluarkan untuk pembelian *bearing* adalah sebesar Rp.8.828.00,-

## 3. Kerugian akibat *downtime* yaitu kehilangan pendapatan keuntungan karena terhentinya produksi.

Jika dalam satu hari dapat menghasilkan keuntungan 42 ton keuntungan dari produksi batu pecah adalah 400/kg keuntungan yang hilang akibat perbaikan Rp.13.500.00/-hari atau 8 jam kerja perjam Rp.1.350.00.

Lamanya waktu pergantian suku cadang dikarenakan perusahaan tidak menyediakan suku cadang di gudang da menunggu suku cadang dibeli terlebih dahulu.

- Setelah biaya perawatan pencegahan ( $C_p$ ) dan biaya perawatan akibat terjadinya kerusakan ( $C_f$ ) diketahui dan harga  $C_p$  ternyata lebih kecil dari  $C_f$ , maka kita selanjutnya dapat menghitung total biaya perawatan dengan rumus yang telah disebutkan diatas adapun untuk memepermudah perhitungan menggunakan *micrisoft excel* .

**Tabel 3.8** Total Biaya Perawatan  $C(tp)$

tp	Keandalan	1-R(tp)	$Tp \times R(tp)$	$\int_{-\infty}^t tf(t)dt$	C (tp) dalam ribuan (Rp)
100	0,902744524	0,006312453	0,993687547	0,006312453	693871,493
102	0,888912639	0,028081896	1,943836209	0,028081896	357948,569
103	0,873419272	0,066339386	2,800981841	0,066339386	253507,302
104	0,856126368	0,120253324	3,518986704	0,120253324	207883,775
105	0,83689830	0,187709279	4,061453606	0,187709279	186775,367
106	0,815606495	0,265640399	4,406157603	0,265640399	179053,933
107	0,792133672	0,350377475	4,547357678	0,350377475	180309,846
108	0,766380879	0,438023952	4,495808386	0,438023952	188760,043
109	0,738274191	0,524821561	4,27660595	0,524821561	203908,952
110	0,707772894	0,607465627	3,925343734	0,607465627	226020,154

- Perhitungan Perbandingan Penghemat Biaya Perawatan Sebelum diadakan preventif dengan Sesudah dilakukan.

3 Tahun = 900 hari kerja

Penentuan biaya optimal dapat dihitung sebagai berikut :

$$Biaya\ Optimal\ (t) = \left( \frac{Waktu\ kerja}{Interval\ Waktu\ Penggantian} \right) \times Biaya\ perawatan$$

$$t(105) = \left( \frac{900}{105} \right) \times 186.775 = Rp. 2.179.041$$

Tabel 3.9 Perbandingan biaya sebelum dan sesudah dilakukan *preventif*

Sebelum dilakukan <i>Preventif</i>	Sesudah dilakukan <i>Preventif</i>
Biaya penggantian kerusakan =Rp. <u>35.538.750,-</u> × 3 penggantian = <u>Rp. 106.616.250</u>	Biaya perawatan =Rp. <u>11.688.750,-</u> × 8 perawatan = <u>Rp. 93.510.000,-</u>

Penghematan yang didapat sebesar :

$$= \underline{(Rp. 106.616.250,-)} - \underline{(Rp. 93.510.000,-)}$$

$$= \underline{Rp. 13.106.250}$$

Ataupun dapat dilakukan dalam persen penghemat selama 3 tahun yang terjadi apabila perusahaan mengadakan perawatan preventif adalah sebesar

$$= \frac{Rp.13.106.250}{Rp. 106.616.250} \times 100\%$$

$$= \underline{12,29\%}$$

# • Simpulan

- Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:
  1. Interval waktu perawatan dan penggantian optimal komponen *bearing* pada mesin *stone crusher* yang memiliki nilai keandalan paling tinggi sebesar 81% dan terjadi pada 105 hari. Dengan biaya optimal sebesar Rp. 2.179.041
  2. Penghemat biaya *downtime* yang bisa dilakukan oleh PT Tirta Bumi Adya Tunggal setelah dilakukan analisa menggunakan metode *Age Replacement* Rp. 13.106.250 atau 12,29%. Dan biaya yang dikeluarkan apabila melakukan perawatan *preventife* selama 105 hari dengan 8 kali perawatan sebesar Rp. 93.510.000. Jika dibandingkan dengan sebelum menggunakan metode *Age Replacement* perusahaan akan mengeluarkan biaya sebesar Rp. 106.616.250.

## • Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka penulis dapat memberikan beberapa saran kepada perusahaan yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan adalah:

1. Perusahaan disarankan memakai metode *Age replacement* dalam melakukan proses penggantian dan perbaikan pada komponen *stone crosher* pada saat terjadi *downtime* cukup lama. Agar proses produksi dan keuntungan yang didapat maksimal.
2. Perlu ada perawatan *preventif* pada mesin *stone cusher* khususnya pada bagian komponen yang rawan terjadi kerusakan dan komponen tersebut nilainya cukup mahal.
3. PT. Tirto Bumi Adya Tunggal kedepan lebih selektif memilih standart dalam proses pemilihan bahan baku batu yang akan diproses dalam mesin *stone crusher* menjadi efektif. Tidak lupa kapasitas mesin lebih diperhatikan sehingga tidak akan terjadi *overload*



Universitas  
Muhammadiyah  
Sidoarjo

# TERIMA KASIH.