

**METODE PERHITUNGAN CRITICAL COMPONENT LIFETIME  
PREDICTION DAN KEANDALAN DENGAN MENGGUNAKAN  
WEIBULL PADA COAL HAULER TRUCK**

Gunawan Dwi Haryadi<sup>1\*</sup>, Grant Exaudi Siburian<sup>2</sup>,  
Norman Iskandar<sup>3</sup> dan Rubijanto Juni Pribadi<sup>4</sup>

**ABSTRAK**

Kebutuhan akan transportasi material dalam industri pertambangan batubara harus efisien dan tangguh, salah satu transportasi material yang digunakan adalah *Coal hauler truck*. *Coal hauler truck* adalah jenis *heavy duty dump truck* yang sangat besar yang digunakan untuk mengangkut batubara yang sudah selesai di tambang menuju *port* (dermaga) di medan yang kasar, dan kadang-kadang jalan umum. Daerah tambang yang tidak beraturan adalah tempat *Coal hauler truck* beroperasi, oleh karena itu *Coal hauler truck* harus tetap dalam kondisi performa yang bagus agar dapat bekerja dengan maksimal. Dengan tujuan memaksimalkan produksi diperlukan juga *maintenance* yang tepat untuk memaksimalkan performa yang maksimal dari *Coal hauler truck*.

Penelitian ini menggunakan metode tabel *weighting* untuk menentukan komponen kritis pada *Coal hauler truck* dan metode Weibull untuk menganalisis keandalan setiap komponen kritis. Untuk menentukan prediksi umur dari setiap komponen kritis menggunakan rumus *Mean Time to Failure* (MTTF). Dengan mengetahui prediksi umur setiap komponen kritis maka dapat disusun jadwal *periodic maintenance* sehingga dapat mengurangi *downtime* akibat *waiting part* pada *coal dump truck*.

Hasil pengujian menggunakan tabel *weighting* diperoleh komponen paling kritis adalah komponen *coupling cone* dengan nilai MTTF 9553 jam dan keandalan saat MTTF sebesar 0,53 atau 53%. Maka komponen *coupling cone* dilakukan *periodic maintenance* pada PS-2 di HM 9500 dan 19000.

**Kata Kunci:** *Reliability*, Distribusi Weibull, *Prediction Lifetime*, *Mean Time to Failure*, *Coal Hauler Truck*

PENDAHULUAN

Kondisi industri pertambangan batubara sedang meningkat. Hal ini ditandai dengan adanya permintaan pasar yang tinggi dan kenaikan harga bahan tambang di pasar internasional. Kondisi ini memicu peningkatan produksi batubara di Indonesia (Bangun, dkk, 2014). Selain itu, naiknya harga minyak juga mempengaruhi kenaikan harga solar

---

<sup>1,2,3,4</sup>) Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Sudharto, SH Tembalang Semarang, Indonesia

\*Corresponding author:  
gunawan\_dh@undip.ac.id

yang merupakan bahan baku penting untuk penambangan batu bara. Akibatnya, biaya produksi batu bara akan melonjak, dan akhirnya mengerek harga batu bara (Brawijaya, dkk, 2011).

Dalam penelitian ini dengan tujuan memaksimalkan produksi, diperlukan sistem perawatan yang tepat untuk meminimalkan *downtime*. Penggunaan analisis *Weibull* adalah metode yang tepat untuk menentukan yang termasuk bagian kritis dan bagian tidak kritis (Muhsin dan Ahmad, 2016). Untuk itu perlu dilakukan persiapan untuk memonitoring komponen-komponen kritis agar segera dilakukan *preventive maintenance* dan untuk mempersiapkan *spare part* komponen sebelum komponen tersebut rusak untuk mengurangi *downtime* unit yang disebabkan menunggu *spare part* yang tidak tersedia di bagian *inventory* Ristyowati, dkk, 2017). Investasi persediaan *spare part* memerlukan biaya yang tinggi, tetapi dilain pihak *spare part* harus siap sedia di gudang untuk kelangsungan proses pelayanan perbaikan (*maintenance*) dan pergantian tanpa gangguan kekurangan. Bila tingkat persediaan rendah akan mengganggu kelancaran produksi yang menyebabkan kerugian yang lebih tinggi (Ningrum, dkk, 2016).

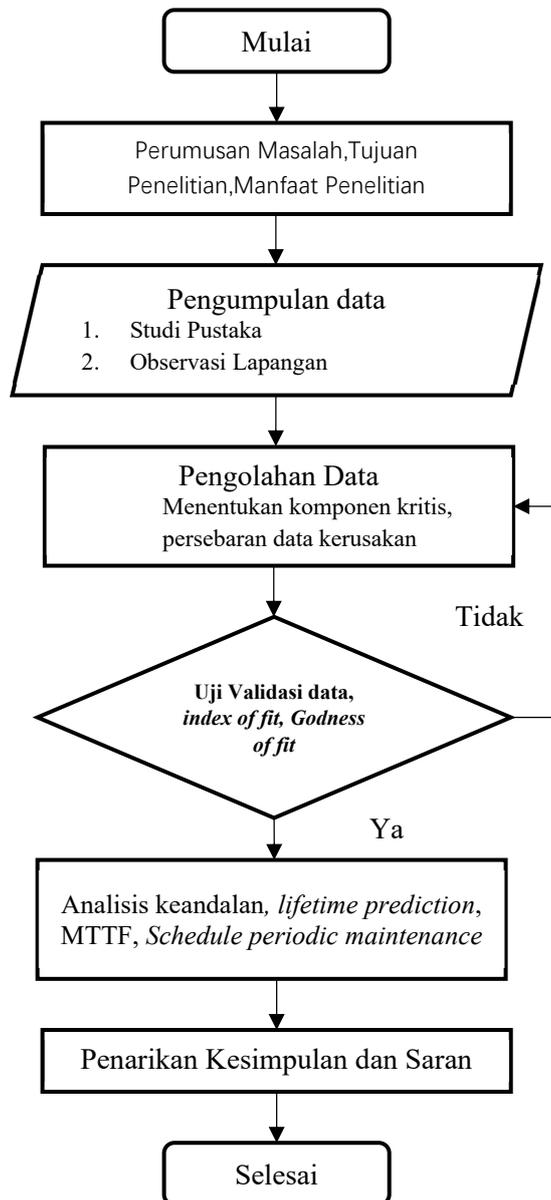
## METODE PENELITIAN

### Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahapan untuk mengenalisa masalah yang digunakan berdasarkan gejala-gejala yang terjadi dan berdasarkan gejala-gejala ini ditentukan apa yang dapat diangkat untuk dijadikan masalah pada perusahaan. Masalah yang ditemui diidentifikasi untuk selanjutnya akan dicari penyelesaiannya. Gejala yang timbul adalah penanganan terhadap kerusakan unit yang tidak cepat pada saat terhentinya proses produksi secara tiba-tiba karena adanya unit yang mengalami gangguan. Berdasarkan gejala ini maka dapat diidentifikasi bahwa sistem perawatan terencana yang belum ada penerapannya pada perusahaan ini terlihat dari kerusakan mesin yang terjadi secara tiba-tiba, perbaikan unit dan peralatan dilakukan setelah adanya kerusakan (*correction maintenance*). Bila pesediaan suku cadang komponen unit di gudang mengalami kerusakan maka waktu berhentinya proses produksi lebih lama.

**Diagram Alir**

Pada penelitian ini terdapat langkah-langkah simulasi linear statik dan optimasi *bucket tooth* yang mengacu pada diagram alir Gambar 1.



**Gambar 1** Diagram Alir

## Pengolahan Data

### 1. Pemilihan Komponen Kritis Dengan Analisis Statistik Critical Part

Penentuan komponen kritis yang terdapat pada sistem turbin adalah dengan menggunakan metode pendekatan *Critical Analysis* yang merupakan metode untuk mengetahui nilai kekritisannya dari suatu komponen sehingga hasil penilaiannya dapat dijadikan input dalam perawatan mesin. Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah:

1. Estimasi komponen kritis pada sistem
2. Penyusunan tabel kekritisannya komponen
3. Penentuan *part service* dan *non part service*
4. Penentuan nilai parameter bentuk ( $\beta$ ) yang tertinggi
5. Penyusunan tabel kekritisannya komponen.

### 2. Pengujian Distribusi Waktu Antar Kerusakan

Dalam melakukan penelitian ini, diperlukan pemilihan distribusi waktu antar kerusakan komponen kritis tersebut yang sesuai dengan karakteristik data kerusakannya. Dalam persoalan pengendalian persediaan komponen yang berhubungan dengan karakteristik umur komponen, maka pola waktu antar kerusakan komponen diestimasi akan berbentuk distribusi *Weibull*. Distribusi *Weibull* telah digunakan secara luas dalam teknik keandalan sebagai model ketahanan komponen dan sistem elektrik dan mekanik

Distribusi ini dipilih karena dalam penggunaannya yang bersifat fleksibel (dapat menyerupai berbagai bentuk distribusi), tergantung kepada nilai parameter  $\beta$  (parameter bentuk). Bila  $\beta < 1$  maka bentuk distribusinya akan mendekati distribusi hipereksponensial. Bila  $\beta = 1$  maka akan mendekati distribusi eksponensial, bila  $3,5 < \beta < 4$  akan mendekati distribusi normal. Selain itu distribusi ini juga dapat digunakan untuk ukuran sampel yang kecil dan data penelitiannya kurang lengkap.

Untuk menguji distribusi waktu antar kerusakan suatu komponen ini dilakukan dengan uji distribusi *Weibull* dua parameter yang dikembangkan oleh kelompok Mann. Uji distribusi dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah data interval waktu kerusakan (TTF) yang dipergunakan telah sesuai dengan distribusi kerusakan yang telah dipilih yaitu distribusi *Weibull*. Uji Mann digunakan karena dapat digunakan untuk sampel data yang kecil dan proses perhitungannya lebih sederhana.

### 3. Fungsi Kerusakan

Breakdown dapat didefinisikan sebagai berhentinya mesin pada saat produksi yang melibatkan engineering dalam perbaikan. Sedangkan lama waktu dimana suatu unit tidak dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diharapkan disebut sebagai downtime mesin.

Setiap peralatan atau mesin mempunyai karakteristik kerusakan yang berbeda-beda. Sejumlah peralatan yang sama akan mempunyai karakteristik kerusakan yang berbeda jika dioperasikan pada kondisi lingkungan yang berbeda. Bahkan jika sejumlah peralatan yang sama dioperasikan pada kondisi lingkungan yang sama pun dapat mempunyai karakteristik kerusakan yang berbeda.

Adapun jenis dari distribusi kerusakan yang sering di gunakan ialah :

Terdapat 2 distribusi yaitu:

#### 1. Distribusi Weibull

Fungsi Keandalan (*The Reliability Function*)

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

#### 2. Distribusi Lognormal

Fungsi Keandalan (*The Reliability Function*)

$$R(t) = 1 - \Phi \left( \frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right)$$

$$R(t) = 1 - F(t)$$

### 4. Identifikasi Distribusi

Pengidentifikasi distribusi dari data waktu kerusakan yang dimiliki dapat dilakukan dalam tiga tahapan proses, yang terdiri dari: identifikasi kandidat distribusi, estimasi parameter, dan uji Goodness of Fit (Ebeling, p359).

### 5. Mean Time to Failure (MTTF)

Mean Time to Failure (MTTF) merupakan rata – rata selang waktu kerusakan dari suatu distribusi kerusakan dimana rata-rata waktu ini merupakan nilai yang diharapkan (expected value) dari unit-unit identik yang beroperasi pada kondisi normal. MTTF yang

sering digunakan untuk menyatakan angka ekspektasi  $E(t)$  didefinisikan oleh probability distribution function  $f(t)$  (Ebeling, p24;35), yaitu sebagai berikut :

1. MTTF Distribusi *Weibull*

$$MTTF = \theta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dimana  $\Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \rightarrow \Gamma(x) =$  tabel fungsi gamma

2. MTTF Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}}$$

#### 6. Menyusun Tabel *Periodic Maintenance*

Setelah nilai *lifetime prediction* dianalisa maka dapat disusun tabel *periodic maintenance* komponen kritis agar mengurangi downtime unit. Tabel *periodic maintenance* disesuaikan dengan jadwal perusahaan melakukan maintenance yaitu PS (*Periodic Service*)-1 setiap HM (*Hour Meter*) 500, PS-2 HM1000, PS-3 HM1500, dan PS-4 HM2000. Dengan menyusun tabel *periodic maintenance* tersebut diharapkan mampu meningkatkan hasil produksi karena unit Scania P-380 dapat dikurangi waktu *downtime* nya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Data Kerusakan Komponen Coal Hauler Truck Scania P380.

Komponen *Coal Hauler Truck* Scania P380 ini sangat banyak dan tidak semua komponen mengalami kerusakan sampai mencapai HM (*hour meter*) selama 12 bulan dari bulan Januari hingga Desember 2019. Tabel 1 merupakan data keseluruhan kerusakan komponen *Coal Hauler Truck* Scania P380 yang sudah di filter sesuai jumlah kerusakan yang dialami. Data tersebut dapat di lihat pada aplikasi Minitab18 yang menjadi aplikasi penulis dalam mengolah data. Penulis membatasi penelitian ini sesuai jumlah kerusakan yang dialami di atas 3 atau sama dengan 3 kali kerusakan.

### 2. Penentuan Komponen Kritis dengan Metode Pendekatan *Critical Analysis*

Penentuan komponen kritis yang terdapat pada *Coal Hauler Truck* Scania P380 adalah dengan menggunakan metode *Critical Analysis* yang merupakan metode untuk mengetahui nilai kekritisannya dari suatu komponen sehingga hasil penilaiannya dapat

dijadikan input dalam perawatan *truck*. Metode ini menggunakan bantuan aplikasi Minitab 18 yang menjadi patokan dalam penentuan komponen. Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Kerusakan Komponen *Coal Hauler Truck Scania P380*

No.	Nama Spare Part	Part Number	Frequency of Failure
1	Bolt	148809	4
2	Coolant Pump	570965	3
3	Screw	815974	7
4	Relay Valve	1313871	3
5	Roller Bearing	1408178	3
6	Spring Brake	1446057	5
7	Magnetic Plung	1460812	7
8	Connector	1490086	3
9	Repair Kit	1498894	3
10	Rubber Bushing	1515981	9
11	Bushing Torsio	1516496	9
12	Brake Linning Set 8"/Rr	1535250	6
13	Nut Roda RR/Li-Nut	1749034	8
14	Clamp	1779825	6
15	Membrane	1802699	7
16	Center Bolt	1827826	4
17	Lid	1857665	4
18	Racor	1873018	13
19	Coupling Cone	1883354	3
20	Lacth Cone	1883363	3
21	Poly V-Belt	1888468	3
22	Bump Stop	1923654	5
23	U-Bolt/Front	2096135	3
24	Bushing /Silent	2129313	6
25	Bushing	2156626	8

1. Pengumpulan data-data pendukung berupa data lengkap pemakaian *part* Scania P380 dan HM (*hour meter*) dalam 12 bulan pemakaian truck tersebut.
2. Menyaring *part* yang dianggap sebagai *part service* dan *non part service*
3. *Part Service* sudah di *exclude* sehingga yang digunakan berupa *Non Part Service*
4. Menginput HM (*hour meter*) komponen ke dalam Minitab 18

Dari Tabel 2 dapat dilihat komponen *non part service* yang mempunyai *frequency of failure* atau jumlah kerusakan di atas 3 atau sama dengan 3 dan penulis menentukan bahwa *part* yang memiliki nilai *shape*  $> 3,00$  ialah *part* yang paling kritis di banding yang lain dikarenakan semakin tinggi nilai *shape* maka *part* tersebut memiliki tingkat kegagalan yang meningkat sehingga dapat disimpulkan bahwa komponen kritis yang harus diselesaikan adalah *Coupling Cone*, *Poly V-Belt*, *Repair Kit*, *Bolt*, *Latch Cone*, *Spring Brake*, *Lid*, *Connector*, *Bushing*, *Bushing/Silent*, *Clamp*, *Membrane*, *Coolant Pump*, *Brake Lining Set 8"/Rr*, dan *Screw*.

### 3. Uji Distribusi Kerusakan dan Penentuan Parameter Distribusi

Uji distribusi adalah uji yang dilakukan untuk mengecek apakah data penelitian kita berasal dari populasi persebaran yang normal. Maka dengan itu dilakukan beberapa uji distribusi yang nantinya akan menentukan distribusi mana yang akan kita gunakan (distribusi terpilih) adalah pada Tabel 2.

#### a. *Index of Fit* dari TTF (*Time To Failure*) Komponen Kritis

Perhitungan *index of fit* dilakukan pada setiap komponen kritis dengan distribusi weibull dan lognormal. Perhitungan *index of fit* menggunakan rumus *correlation coefficient* dengan metode *Least Square*. Distribusi yang terpilih adalah distribusi dengan nilai *index of fit* terbesar.

**Tabel 2. Critical Part**

No.	Nama Spare Part	Part Number	Shape	Scale	Failure
1	Coupling Cone	1883354	7,8549	10125,1	3
2	Poly V-Belt	1888468	7,67453	9435,24	3
3	Repair Kit	1498894	4,95225	6724,3	3
4	Bolt	148809	4,93842	8697,61	4
5	Lacth Cone	1883363	4,87709	6834,64	3
6	Spring Brake	1446057	4,03552	9370,9	5
7	Lid	1857665	4,00969	8311,54	4
8	Connector	1490086	3,88878	7699,11	3
9	Bushing	2156626	3,62306	6367,01	8
10	Bushing /Silent	2129313	3,58184	7898,92	6
11	Clamp	1779825	3,44323	8176,56	6
12	Membrane	1802699	3,31977	7783,35	7
13	Coolant Pump	570965	3,27853	8364,72	3
14	Brake Linning Set 8"/Rr	1535250	3,1472	8215,65	6
15	Screw	815974	3,13095	9656,55	7
16	Roller Bearing	1408178	2,23568	6575,29	3
17	Nut Roda RR/Li-Nut	1749034	2,2252	7243,07	8
18	Bump Stop	1923654	2,13582	6658,64	5
19	Relay Valve Brake	1313871	2,04776	7503,22	3
20	Bushing Torsio	1516496	2,03618	8076,98	9
21	Magnetic Plung	1460812	2,03024	8621,46	7
22	U-Bolt/Front	2096135	2,02933	7235,97	3
23	Racor	1873018	2,02329	6935,23	13
24	Center Bolt	1827826	2,01138	8085,95	4
25	Rubber Bushing	1515981	2,01005	6135,28	9

**Tabel 3.** Nilai *Anderson-Darling* tiap komponen kritis

Name of Part	Nilai AD (Anderson Darling)		Distribusi Terpilih
	Weibull	Lognormal	
COUPLING CONE	3,669	3,697	Weibull
POLY V-BELT	3,662	3,665	Weibull
REPAIR KIT	3,644	3,656	Weibull
BOLT	3,007	3,077	Weibull
LATCH CONE	3,883	3,915	Weibull
SPRING BRAKE	2,563	2,644	Weibull
LID	3,041	3,122	Weibull
CONNECTOR	3,726	3,753	Weibull
BUSHING	1,883	1,930	Weibull
BUSHING/SILENT	2,192	2,292	Weibull
CLAMP	2,398	2,424	Weibull
MEMBRANE	1,877	1,921	Weibull
COOLANT PUMP	3,655	3,659	Weibull
BRAKE LINNING SET 8"/Rr	2,213	2,302	Weibull
SCREW	2,436	2,498	Weibull

Untuk menghitung nilai *index of fit* ( $r$ ) dari data waktu kerusakan, bisa dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 18. Tujuan dari Pengujian ini dilakukan untuk memudahkan dalam menentukan distribusi terpilih, yang akan menghasilkan nilai koefisien korelasi (*correlation coefficient*) dan nilai *Anderson-Darling* dari data waktu berdasarkan masing-masing distribusi. Distribusi terpilih adalah distribusi yang menghasilkan nilai *Anderson-Darling* terkecil. Dari Tabel 4 merupakan distribusi terpilih setelah di proses dengan *software* MiniTab 18.

Dari Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa semua komponen kritis menggunakan distribusi *Weibull*.

b. *Goodness of Fit* dari TTF (*Time To Failure*) Komponen Kritis

Langkah terakhir dalam pengidentifikasian distribusi adalah dengan melakukan uji statistik yaitu *goodness of fit test*. Uji ini membandingkan antara hipotesis nol ( $H_0$ ) yang menyatakan bahwa data mengikuti distribusi terpilih dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ) yang menyatakan bahwa data waktu tidak mengikuti distribusi terpilih. Untuk memudahkan dapat juga menggunakan software MiniTab18 untuk melakukan *goodness of fit test*.

Tujuan dari pengujian ini dilakukan untuk memudahkan dalam menentukan distribusi terpilih, yang akan menghasilkan nilai *P-Value* dan nilai *Anderson-Darling* dari data waktu kerusakan berdasarkan masing-masing distribusi. Distribusi terpilih adalah distribusi yang menghasilkan nilai *P-Value* terbesar, dan nilai *Anderson-Darling* terkecil. Karena semakin besar nilai *P-Value*, dan semakin kecil nilai *Anderson-Darling*, maka data akan semakin mengikuti distribusi tersebut. Selain itu, data dikatakan mengikuti suatu distribusi tertentu, memiliki nilai *P-Value* yang lebih besar dari nilai  $\alpha = 0,05$ .

Dari Tabel 4 kita dapat menentukan distribusi terpilih setelah data TTF diproses menggunakan *software* MiniTab18. Dari tabel 3.4 dapat dilihat bahwa nilai AD distribusi *Weibull* lebih kecil dari nilai AD distribusi *Lognormal* dan nilai *P-Value* distribusi *Weibull* lebih besar dari nilai *P-Value Lognormal*, dapat disimpulkan bahwa semua data TTF komponen kritis menggunakan distribusi *Weibull*.

c. Penentuan Parameter Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* adalah distribusi yang digunakan dalam menggambarkan bentuk dari laju kerusakan dari suatu komponen. Distribusi ini sesuai digunakan dalam menentukan tingkat keandalan (*reliability*) yang mempunyai konsep laju kerusakan dalam penerapannya. Ada dua parameter distribusi *Weibull* yang dapat digunakan dalam menentukan tingkat keandalan suatu komponen,  $\alpha$  (parameter skala/umur),  $\beta$  (parameter bentuk).

**Tabel 4.** Analisa *Goodness Of Fit* komponen kritis

Name of Part	Weibull		Lognormal		Distribusi Terpilih
	AD	P-Value	AD	P-Value	
COUPLING CONE	3,669	0,255	3,697	< 0,005	Weibull
POLY V-BELT	3,662	0,792	3,665	0,572	Weibull
REPAIR KIT	3,644	0,250	3,656	< 0,005	Weibull
BOLT	3,007	0,431	3,077	0,264	Weibull
LATCH CONE	3,883	0,101	3,915	< 0,005	Weibull
SPRING BRAKE	2,563	0,669	2,644	0,25	Weibull
LID	3,041	0,08	3,122	0,033	Weibull
CONNECTOR	3,726	0,25	3,753	0,117	Weibull
BUSHING	1,883	0,11	1,930	0,035	Weibull
BUSHING/SILENT	2,192	0,19	2,292	0,09	Weibull
CLAMP	2,398	0,051	2,424	< 0,005	Weibull
MEMBRANE	1,877	0,25	1,921	0,028	Weibull
COOLANT PUMP	3,655	0,339	3,659	< 0,005	Weibull
BRAKE LINNING SET 8"/Rr	2,213	0,421	2,302	0,014	Weibull
SCREW	2,436	0,251	2,498	< 0,005	Weibull

Penentuan waktu kerusakan dan parameter distribusi Weibull untuk menentukan nilai keandalan komponen kritis *Coal Hauler Truck*, penentuan parameter menggunakan bantuan software. MiniTab18. Tabel 5 merupakan parameter distribusi *Weibull* yang di proses menggunakan bantuan *software* MiniTab18.

**Tabel 5.** Parameter distribusi *Weibull*

No.	Nama Spare Part	Part Number	Distribusi Weibull	
			Shape ( $\beta$ ) Parameter	Scale ( $\Theta$ ) Parameter
1	Coupling Cone	1883354	7,8549	10125,1
2	Poly V-Belt	1888468	7,67453	9435,24
3	Repair Kit	1498894	4,95225	6724,3
4	Bolt	148809	4,93842	8697,61
5	Lacth Cone	1883363	4,87709	6834,64
6	Spring Brake	1446057	4,03552	9370,9
7	Lid	1857665	4,00969	8311,54
8	Connector	1490086	3,88878	7699,11
9	Bushing	2156626	3,62306	6367,01
10	Bushing /Silent	2129313	3,58184	7898,92
11	Clamp	1779825	3,44323	8176,56
12	Membrane	1802699	3,31977	7783,35
13	Coolant Pump	570965	3,27853	8364,72
14	Brake Linning Set 8"/Rr	1535250	3,1472	8215,65
15	Screw	815974	3,13095	9656,55

#### 4. Analisa MMTF (Mean Time to Failure) Komponen Kritis

*Mean Time to Failure* (MTTF) merupakan rata – rata selang waktu kerusakan dari suatu distribusi kerusakan dimana rata-rata waktu ini merupakan nilai yang diharapkan (*expected value*) dari unit-unit identik yang beroperasi pada kondisi normal. MTTF yang sering digunakan untuk menyatakan angka ekspektasi  $E(t)$  didefinisikan oleh *probability distribution function*  $f(t)$ ), yaitu sebagai berikut :

$$MTTF = \theta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Dimana,  $\Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) = \Gamma(x) =$  tabel fungsi gamma.

a. Analisa MTTF Komponen *Coupling Cone* (1883354)

Pada pembahasan sebelumnya telah di dapatkan parameter-parameter distribusi Weibull yaitu parameter skala ( $\theta$ )= 10125,1 dan parameter bentuk ( $\beta$ ) =7,8549, maka nilai MTTF nya adalah :

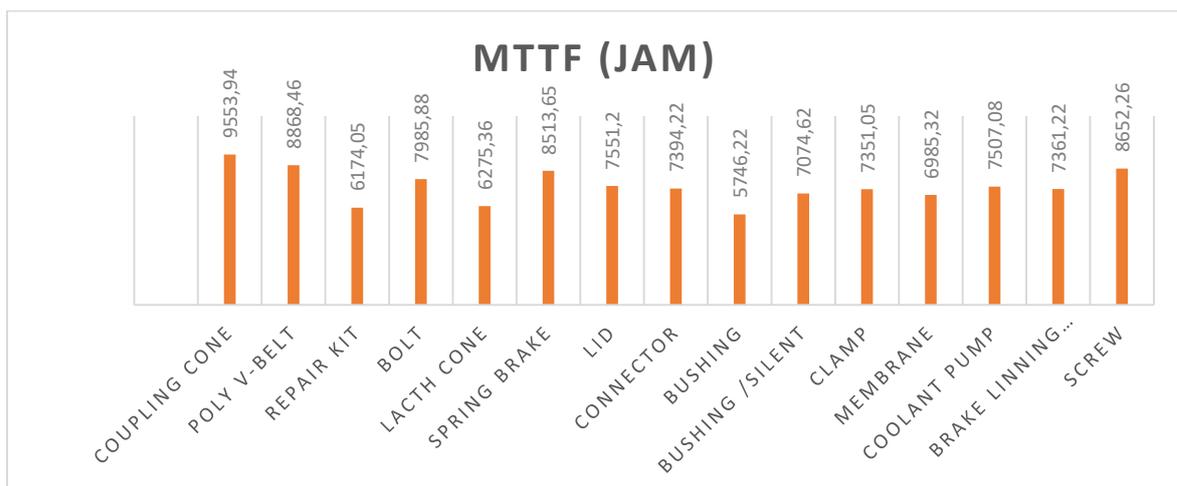
$$MTTF = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$MTTF = 10125,1 \Gamma\left(1 + \frac{1}{7,8549}\right)$$

$$\Gamma(1,12) = 0,94359$$

$$MTTF = 10125,1 \times 0,94359 = 9553,94 \text{ jam}$$

Maka nilai MTTF komponen *Coupling Cone* adalah 9553,94 jam.



**Gambar 1.** MTTF Semua Komponen Kritis

## 5. Analisa Fungsi Keandalan/Reliability Komponen Kritis

Keandalan (*Reliability*) didefinisikan sebagai probabilitas sebuah komponen atau sistem akan dapat beroperasi sesuai fungsi yang diinginkan untuk suatu periode waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasi yang telah ditetapkan (Ebeling, p5). Sedangkan arti lainnya adalah peluang dari sebuah unit yang dapat bekerja secara normal ketika digunakan untuk kondisi tertentu setidaknya bekerja dalam suatu kondisi yang telah ditetapkan.

Berdasarkan uji distribusi data TTF komponen kritis distribusi terpilih adalah distribusi *Weibull*. Maka rumus yang digunakan untuk menentukan *Reliability* yaitu:

$$R(t) = \text{Exp}\left(-\frac{t}{\theta}\right)^\beta$$

Dimana t = waktu komponen saat *failure*

a. Fungsi Keandalan/*Reliability* Komponen *Coupling Cone* (1883354)

Pada pembahasan sebelumnya telah didapatkan parameter-parameter distribusi *Weibull* yaitu parameter skala ( $\theta$ )= 10125,1 dan parameter bentuk ( $\beta$ )=7,8549, dan t yang dianalisa adalah saat MTTF = 9553,94 jam. Maka nilai keandalan/*reliability* nya adalah :

$$R(t) = \text{Exp}\left(-\frac{t}{\theta}\right)^\beta$$

$$R(9553,94) = \text{Exp}\left(-\frac{9553,94}{10125,1}\right)^{7,8549}$$

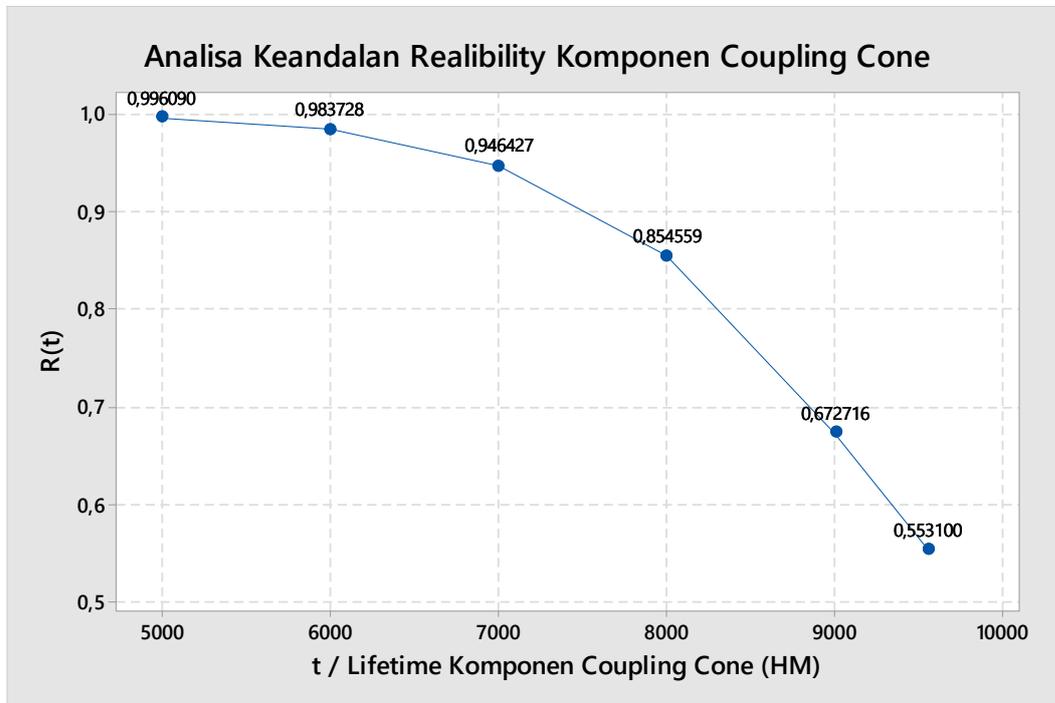
$$R(9553,94) = 0,5305$$

Analisa diatas menunjukkan bahwa nilai keandalan/*reliability* komponen *coupling cone* adalah 0,53 atau 53% pada saat mencapai waktu MTTF yaitu 9553,94 jam. Dari persamaan-persamaan diatas selanjutnya dilakukan perhitungan untuk beberapa HM (*Hour Meter*), dapat dilihat hasil perhitungan pada Tabel 6.

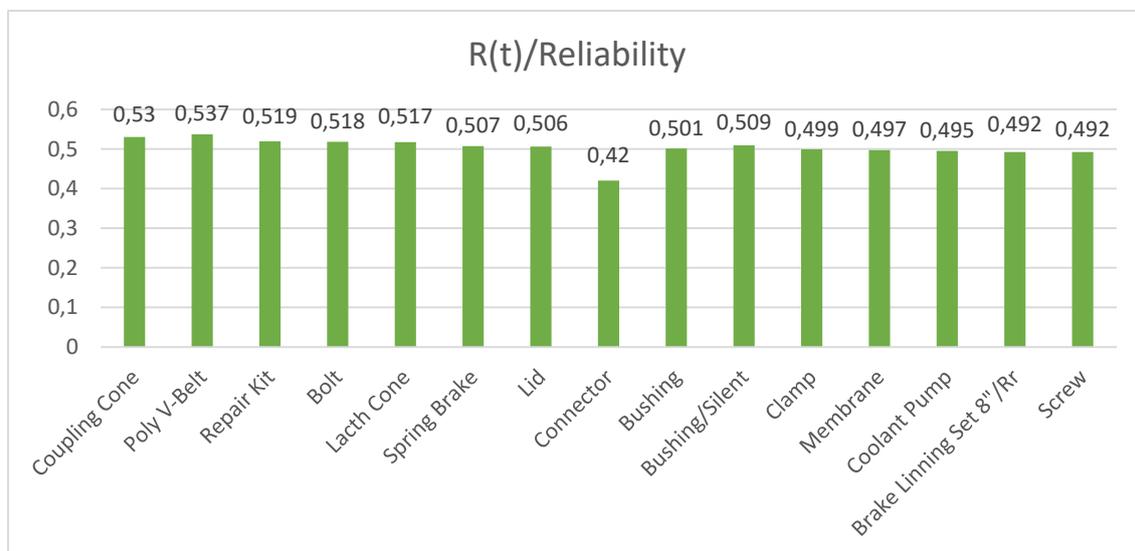
**Tabel 6.** Fungsi Keandalan/*Reliability* Komponen *Coupling Cone*

No.	t (HM)	R(t)
1	9553,94	0,5331
2	9000	0,672716
3	8000	0,854559
4	7000	0,946427
5	6000	0,983728
6	5000	0,996090

Berdasarkan data Tabel 6 dapat dilihat grafik distribusi *Weibull* untuk fungsi keandalan/*reliability* pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Fungsi Keandalan/*Reliability* Komponen *Coupling Cone*



**Gambar 3.** R(t) Semua Komponen Kritis

## 6. Penyusunan Periodic Maintenance Komponen Kritis

Kegiatan perawatan yang dilakukan secara berkala atau dalam jangka waktu tertentu. Penentuan jangka waktu *periodic maintenance* dapat dilakukan berdasarkan interval waktu (seperti, melakukan perawatan setiap satu bulan, setiap empat bulan atau setiap satu tahun), dan berdasarkan lamanya jam kerja mesin produk tersebut sebagai jadwal kegiatan misalnya setiap seratus jam sekali.

**Tabel 3.7** Nilai MTTF Komponen Kritis

No.	Nama Spare Part	Part Number	Distribusi Weibull		MTTF (Jam)
			Shape ( $\beta$ )Parameter	Scale ( $\Theta$ ) Parameter	
1	Coupling Cone	1883354	7,8549	10125,1	9553,94
2	Poly V-Belt	1888468	7,67453	9435,24	8868,46
3	Repair Kit	1498894	4,95225	6724,3	6174,05
4	Bolt	148809	4,93842	8697,61	7985,88
5	Lacth Cone	1883363	4,87709	6834,64	6275,36
6	Spring Brake	1446057	4,03552	9370,9	8513,65
7	Lid	1857665	4,00969	8311,54	7551,2
8	Connector	1490086	3,88878	7699,11	7394,22
9	Bushing	2156626	3,62306	6367,01	5746,22
10	Bushing /Silent	2129313	3,58184	7898,92	7074,62
11	Clamp	1779825	3,44323	8176,56	7351,05
12	Membrane	1802699	3,31977	7783,35	6985,32
13	Coolant Pump	570965	3,27853	8364,72	7507,08
14	Brake Linning Set 8"/Rr	1535250	3,1472	8215,65	7361,22
15	Screw	815974	3,13095	9656,55	8652,26

**Tabel 8.** *Periodic Maintenance* berdasarkan nilai MTTF komponen kritis

HM	Periodical Service	Nama Part			
500	PS-1				
1000	PS-2				
1500	PS-1				
2000	PS-3				
2500	PS-1				
3000	PS-2				
3500	PS-1				
4000	PS-4				
4500	PS-1				
5000	PS-2				
5500	PS-1	Bushing			
6000	PS-3	Repair Kit	Lacth Cone		
6500	PS-1	Membrane			
7000	PS-2	Bushing/Silent	Clamp	Brake Linning Set 8"/Rr	Connector
7500	PS-1	Coolant Pump	Lid	Bolt	
8000	PS-4				
8500	PS-1		Spring Brake	Screw	Poly V-Belt
9000	PS-2				
9500	PS-1	Coupling Cone			
10000	PS-3				
10500	PS-1				
11000	PS-2	Bushing			
11500	PS-1				
12000	PS-4	Repair Kit			

Penyusunan *Periodic Maintenance* Komponen Kritis berdasarkan nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) tiap komponen kritis. Pada Tabel 3.7 dapat dilihat nilai-nilai MTTF tiap komponen kritis yang telah dihitung sebelumnya. Berdasarkan nilai MTTF pada tabel 3.7 maka dapat disusun *periodic maintenance* tiap komponen kritis. *Periodic Maintenance* dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** *Periodic Maintenance* berdasarkan nilai MTTF komponen kritis (Lanjutan)

HM	Periodical Service	Nama Part			
12500	PS-1		Lacth Cone		
13000	PS-2				
13500	PS-1	Membrane			
14000	PS-3	Bushing/Silent			
14500	PS-1		Clamp	Brake Linning Set 8"/Rr	Connector
15000	PS-2	Coolant Pump	Lid		
15500	PS-1			Bolt	
16000	PS-4				
16500	PS-1				
17000	PS-2	Bushing	Spring Brake	Screw	
17500	PS-1				Poly V-Belt
18000	PS-3				
18500	PS-1	Repair Kit	Lacth Cone		
19000	PS-2	Coupling Cone			
19500	PS-1				
20000	PS-4				

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Pemilihan komponen dengan metode *Critical Analysis* menggunakan tabel *critical part* untuk mengetahui tingkat kekritisan tiap komponen. Maka dihasilkan beberapa komponen kritis yaitu: *coupling cone, poly v-belt, repair kit, bolt, latch cone, spring brake, lid, connector, bushing, bushing/silent, clamp, membrane, coolant pump, brake lining set 8"/Rr, dan screw*.
2. Dengan menggunakan metode *Weibull* maka diperoleh *lifetime prediction* setiap komponen dengan menghitung MTTF (*Mean Time to Failure*) yaitu komponen kritis *Coupling Cone* dengan nilai MTTF 9553,94 jam.
3. Berdasarkan perhitungan dengan metode *Weibull* maka diperoleh analisa keandalan/*reliability* setiap komponen kritis pada saat waktu MTTF (*Mean Time to Failure*) yaitu komponen *Coupling Cone* adalah 0,53 atau 53%. Berdasarkan grafik yang didapatkan dari perhitungan keandalan/*reliability* tiap komponen kritis dapat diamati grafik menurun
4. seiring bertambahnya umur komponen, dapat disimpulkan bahwa keandalan komponen kritis tersebut semakin lama keandalan nya semakin menurun dengan bertambah nya umur pakai komponen sampai komponen tersebut rusak/*failure*.
5. Berdasarkan nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) maka dapat disusun jadwal *periodic maintenance* untuk setiap komponen kritis yaitu *coupling cone* pada HM 9500, 19000

## DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, I. H., Rahman, A., dan Darmawan, Z, 2014, Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Menggunakan Metode *Mean Time to Failure* (MTTF) pada Mesin Blowing OM, Jurnal, Halaman 997- 1008 Malang.
- Brawijaya I, Y., & Rahmadi, E. S, 2011, Usulan Waktu Perawatan Berdasarkan Keandalan Suku Cadang Kritis, Jurnal, Bandung, Universitas Gunadarma.
- Muhsin dan Ahmad, 2016, Analisis Performansi Departemen Machinning menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE), Jurnal OPSI, Vol.9, No.1, Tahun 2016, Hal. 16-23.

Ristyowati, Trismi dan Ahmad M., 2017, Minimasi Waster Pada Aktivitas Proses Produksi Dengan Konsep *Lean Manufacturing*, Jurnal OPSI, Vol 10, No 1, Tahun 2017, hal 85-96, available at <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/opsi/article/view/2191>.