

USULAN JADWAL PERAWATAN PENCEGAHAN KERUSAKAN KOMPONEN KANVAS REM PADA TRUK DENGAN METODE *AGE REPLACEMENT* DI PT. X

Sabbihisma Robbi Ramadhan, Yanti Helianty, Fifi Herni Mustofa

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: sabbihismarobbi@gmail.com

ABSTRAK

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan beton. Dalam pengantaran beton tersebut kepada konsumen, perusahaan menggunakan kendaraan truk. Selama ini PT. X melakukan perawatan pada truk apabila terjadi kerusakan dan akibat dari kerusakan itu memerlukan penggantian komponen. Komponen kanvas rem adalah komponen kritis karena paling sering mengalami kerusakan. Komponen tersebut dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan karena dapat menimbulkan kerusakan pada komponen penunjangnya. Metode age replacement digunakan untuk menentukan waktu dilakukan penggantian komponen kanvas rem sebelum terjadi kerusakan. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh waktu penggantian komponen kanvas rem pada kilometer 6000 dengan biaya sebesar Rp 111,47/kilometer.

Kata Kunci: *Truk, Komponen Kritis, Jadwal Perawatan.*

ABSTRACT

PT. X is a company engaged in concrete manufacture. In the concrete delivery to consumers, the company uses trucks. During this time PT. X performs maintenance for trucks only if there are damages occurred and part changes would be needed. Brake pads are the critical component because these part damaged oftenly. The damage of these component can also affect the supporting components performance. Age replacement method is used to determine time of replacement brake pads before damage occurs. Based on the calculations, time replacement brake pads at kilometer 6000 at a cost of Rp 111,47/kilometer.

Keywords: *Truck, Critical Components, Maintenance Schedule.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan beton. Perusahaan tersebut memproduksi berbagai jenis beton, yaitu *hollow core slab*, *hollow core wall*, *hlaf slab*, *minie pile*, tangga *precast*, dinding *precast eco panel*, pagar beton dan lain-lain. Dalam pengantaran barang tersebut kepada konsumen, perusahaan menggunakan kendaraan truk sejumlah 25 unit.

Perusahaan harus dapat mengirimkan produk yang dihasilkan perusahaan tersebut kepada konsumen tepat pada waktunya, mengingat proyek yang dilakukan oleh konsumen harus selesai tepat waktu. Hal tersebut menuntut perusahaan harus mempunyai kendaraan truk yang selalu dalam kondisi baik dalam pengiriman produk yang dipesan oleh konsumen. Salah satunya adalah dalam segi perawatan kendaraan truk tersebut, karena selama ini perusahaan hanya melakukan perawatan pada saat kendaraan mengalami kerusakan saja. Hal ini dapat menimbulkan biaya tambahan karena jika komponen truk mengalami kerusakan akan merambat pada komponen penunjangnya. Selain itu ketika kerusakan yang dialami oleh truk terjadi pada saat diperjalanan, perusahaan mengirimkan mekanik langsung ke tempat truk tersebut. Sehingga, ini dapat menimbulkan pengiriman produk yang dipesan oleh konsumen mengalami keterlambatan. Kejadian tersebut dapat menimbulkan kurangnya rasa kepercayaan konsumen terhadap perusahaan, serta biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan akan membesar.

Agar kendaraan truk yang digunakan pada saat pengiriman produk kepada konsumen tetap dalam keadaan baik, perusahaan harus mempunyai jadwal perawatan yang optimal pada mesin kendaraan truk tersebut. Kendaraan truk yang dimiliki oleh perusahaan akan selalu dalam keadaan baik dalam penggunaannya melakukan pengiriman produk kepada konsumen. Kepercayaan konsumen pun kepada perusahaan dapat terjaga, dan biaya yang ditimbulkan akan dapat diminimasi.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan, maka kendaraan sangatlah berpengaruh dalam proses pengantaran produk yang dihasilkan oleh perusahaan kepada konsumen. Maka dari itu jadwal perawatan pencegahan kerusakan pada komponen mesin sangatlah dibutuhkan, agar produk yang dipesan oleh konsumen dapat sampai tepat pada waktunya. Metode yang dapat digunakan dalam jadwal perawatan adalah *age replacement*, metode ini dipilih karena dapat menentukan umur pengoperasian komponen telah mencapai waktu yang telah ditentukan.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Perawatan

Menurut Jardine (1973), perawatan adalah probabilitas dari suatu kondisi dimana suatu komponen akan kembali pada kondisi tertentu dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan menurut Ebeling (1997), perawatan adalah aktivitas agar suatu komponen atau sistem yang rusak akan dikembalikan atau diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu. Tujuan dilakukannya perawatan adalah sebagai berikut:

1. Memperpanjang umur pengoperasian peralatan dan fasilitas industri.
2. Meminimasi *downtime*, yaitu waktu selama proses produksi terhenti (waktu menunggu) yang dapat mengganggu kontinuitas proses.
3. Meningkatkan efisiensi sumber daya produksi.

4. Meningkatkan nilai tambah produk, sehingga perusahaan dapat bersaing di pasar global.
5. Melakukan perencanaan terhadap perawatan preventif, sehingga memudahkan dalam proses pengontrolan aktivitas perawatan.
6. Mereduksi biaya perbaikan dan biaya yang timbul dari terhentinya proses karena permasalahan keandalan mesin.

2.2 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull adalah distribusi probabilitas yang baik dalam keandalan. Distribusi Weibull baik digunakan dalam untuk model peningkatan dan model penurunan tingkat kegagalan. Berikut adalah fungsi-fungsi dalam distribusi Weibull:

1. Fungsi kepadatan peluang kerusakan $f(t)$

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (1)$$

2. Fungsi distribusi kumulatif kerusakan $F(t)$

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (2)$$

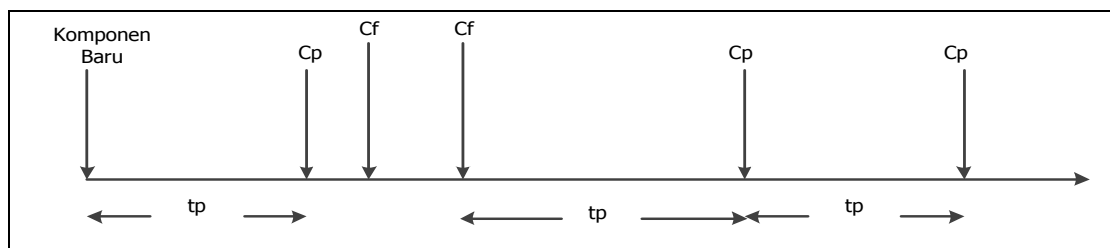
3. Fungsi keandalan $R(t)$

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (3)$$

4. Fungsi laju kerusakan (*Hazard Function*)
$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (4)$$

2.3 Metode Age Replacement

Metode ini melakukan penggantian pencegahan tergantung pada umur mesin atau peralatan yang digunakan. Jika terjadi kerusakan umur komponen akan diulang kembali menjadi nol. Pada metode sebelumnya penggantian pencegahan dilakukan dengan mengabaikan umur komponen, tetapi pada metode ini diganti ketika umur komponen tersebut telah sampai pada waktu yang telah ditetapkan. Dapat dilihat pada Gambar 1 Pada interval pertama tidak terjadi kerusakan, setelah penggantian pencegahan pertama komponen mengalami kerusakan sebelum umur yang telah ditetapkan. Maka dilakukan penjadwalan ulang untuk penggantian berikutnya.



Gambar 1. Metode Age Replacement

Keterangan:

- C_p = total biaya pencegahan
- C_f = total biaya penggantian kerusakan
- t_p = interval penggantian pencegahan

2.4 Penggantian Pencegahan Optimal Berdasarkan Umur Komponen, dengan Mempertimbangkan Waktu yang Dibutuhkan Untuk Efek Kegagalan dan Penggantian Pencegahan

Optimal preventive replacement age of the equipment, melakukan tindakan penggantian pencegahan berdasarkan umur komponen. Kebijakan dalam model ini adalah penggantian pencegahan dilakukan ketika komponen telah mencapai umur t_p tertentu, sekaligus penggantian kerusakan jika diperlukan.

$$C(t_p) = \frac{C_p \times R(t_p) + (C_f \times [1 - R(t_p)])}{(t_p + T_p)R(t_p) + [(M(t_p) + T_f) [1 - R(t_p)]]} \quad (5)$$

Dimana:

- $C(t_p)$ = ekspektasi total biaya penggantian per satuan waktu.
- C_p = biaya penggantian pencegahan.
- C_f = biaya penggantian kerusakan.
- T_p = waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian pencegahan.
- t_p = interval waktu.
- T_f = waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian kerusakan.
- $R(t_p)$ = fungsi keandalan alat atau mesin.
- $f(t_p)$ = fungsi pada peluang dari waktu menuju kerusakan peralatan atau mesin.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang terjadi pada perusahaan PT. X adalah tidak adanya jadwal perawatan pada komponen secara berkala. Dengan kata lain komponen diganti pada saat komponen mengalami kerusakan. Hal ini dapat menimbulkan keterlambatan pada saat pengiriman barang.

3.2 Pemilihan Metode Pemecahan Masalah

Metode yang digunakan dalam pemecahan masalah yang terdapat pada perusahaan adalah dengan menggunakan metode *age replacement*. Metode *age replacement* ini dipilih karena dapat menentukan waktu yang optimal dalam perawatan penggantian komponen berdasarkan umur pakai pada komponen tersebut.

3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan dan pengolahan data ini dilakukan untuk mencari informasi dan data-data dalam pemecahan masalah. Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan arsip-arsip yang berkaitan dengan masalah yang ada, dengan melakukan wawancara dan melakukan pengamatan langsung.

4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Data Truk

Pada saat melakukan pengantaran produk, perusahaan menggunakan truk. Perusahaan memiliki 25 truk untuk pengantaran produk, dengan tahun yang berbeda. Berikut adalah data truk yang dimiliki perusahaan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Truk

No.	Tahun	Merek Truk	No Polisi	Frekuensi Kerusakan
1	2007	Nissan BU	D 8482 UA	95
2		Nissan BU	D 9912 UA	104
3		Nissan BU	D 9913 UA	109
4		Hinno BU	D 8290 XM	115
5	2008	Nissan BU	D 8480 UA	92
6		Hinno BU	D 8767 XB	121
7	2009	Nissan BU	D 9909 UA	74
8		Nissan Bu	D 8569 XE	100
9		Nissan BU	D 9912 UB	85
10	2010	Nissan BU	D 8033 XB	84
11		Nissan BU	D 8272 XE	89

Tabel 1. Data Truk (Lanjutan)

No.	Tahun	Merek Truk	No Polisi	Frekuensi Kerusakan
12	2010	Hinno BU	D 8655 XP	73
13		Nissan BU	D 8879 BR	76
14	2011	Nissan BU	D 9910 UA	77
15		Nissan BU	D 9907 UB	66
16		Nissan BU	D 8578 XE	88
17		Hinno BU	D 8047 XR	81
18	2012	Nissan BU	D 9904 UB	49
19		Hino BU	D 9913 UB	61
20		Hino BU	D 9910 UB	65
21		Hinno BU	D 8147 AB	51
22	2013	Nissan BU	D 9905 UB	53
23		Nissan BU	D 8267 XM	59
24		Hinno BU	D 8196 XO	57
25		Hinno BU	D 8470 XJ	55

4.2 Pemilihan Kendaraan

Pada pemilihan kendaraan dilakukan dengan melihat umur dan frekuensi kerusakan yang dialami truk. Truk yang terpilih adalah truk Nissan BU bernomor polisi D 8272 XE, truk tersebut memiliki tahun pertengahan yang dimiliki oleh perusahaan. Selain itu truk tersebut memiliki frekuensi kerusakan yang besar dibandingkan dengan truk yang berumur sama dengan truk terpilih.

4.3 Pemilihan Komponen Kritis

Pemilihan komponen kritis dilakukan dengan cara melihat frekuensi kerusakan. Cara melihat frekuensi kerusakan ini dilakukan dengan menghitung jumlah kerusakan yang terjadi pada setiap komponen. Komponen yang mengalami kerusakan dan jumlah kerusakan yang terjadi pada Tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen Kerusakan

Jenis Kerusakan	Banyaknya Kerusakan yang Dialami
Ganti Ban	4
Perbaiki PTO	2
Lampu Sen	2
Baut Roda	2
Kanvas Rem	6
Air ACCU	3
Bohlam 24V	1
Seiken DOT 3	2
Bearing Roda	2
Karet Master Rem	3
Karet Boot Rem	2
Dekrup	1
Batre N70	1
Jumper ACCU	1
Filter Oli	2
Filter Solar	2
Oil Seal Roda	3
Switch Mundur EX	1
Karet Boot	2
Karet Stabil	1
Budge	1

Tabel 2. Komponen Kerusakan (Lanjutan)

Jenis Kerusakan	Banyaknya Kerusakan yang Dialami
Plat Kopling	1
Perbaikan hapel	1
Stempet	3
Center Bearing	2
Ganti spion kanan	1
Ganti spion kiri	1

4.4 Perhitungan Rata-rata Jarak yang Ditempuh per Hari

Perhitungan rata-rata jarak yang ditempuh per hari ini dilakukan guna untuk mendukung perhitungan interval kerusakan yang terjadi. Data jarak tempuh tersebut adalah data jarak tempuh pergi dan pulang. Dalam perhitungan rata-rata jarak yang ditempuh per hari dengan menjumlahkan seluruh jarak tempuh yang dialami truk lalu dibagi jumlah keberangkatan yang dialami oleh truk pada Tahun 2014. Berikut adalah perhitungannya:

$$\begin{aligned} \text{Jarak yang ditempuh per hari} &= \frac{\text{Jumlah Jarak Tempuh Dalam Satu Tahun}}{\text{Keberangkatan Truk Yang Dialami Truk Dalam Satu Tahun}} \\ &= \frac{94546,80 \text{ Km/Tahun}}{315 \text{ Hari/Tahun}} = 300,15 \text{ Km/Hari} \end{aligned}$$

4.5 Perhitungan Kerusakan yang Dialami Truk

Selanjutnya menghitung interval kerusakan yang telah dialami oleh truk dengan melihat tanggal kerusakan. Kerusakan yang terjadi pada komponen kritis, lalu menghitung jarak antara kerusakan yang terjadi, selanjutnya kerusakan yang terjadi tersebut diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar dan jarak antara kerusakan tersebut dikonversikan kedalam kilometer yang dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 3. Tanggal Kerusakan Pada Komponen Kanvas Rem

No.	Tanggal Kerusakan	Kejadian Kerusakan
1	4/3/2014	Kanvas rem depan
		Kanvas rem belakang
2	21/4/2014	Kanvas rem depan
		Kanvas rem belakang
3	2/6/2014	Kanvas rem depan
		Kanvas rem belakang
4	16/7/2014	Kanvas rem depan
		Kanvas rem belakang
5	23/10/2014	Kanvas rem belakang
		Kanvas rem depan
6	12/11/2014	Kanvas rem belakang
		Kanvas rem depan

Tabel 4. Perhitungan Interval Kerusakan Dalam Hari Sebelum Diurutkan

No.	Interval Kerusakan (Hari)
1	48
2	42
3	44
4	99
5	20

Tabel 5. Perhitungan Interval Kerusakan Dalam Hari Setelah Diurutkan

No.	Interval Kerusakan (Hari)	Interval Kerusakan (Km)
1	20	6002.971
2	42	12606.240
3	44	13206.537
4	48	14407.131
5	99	29714.709

Berikut adalah contoh perhitungan yang dilakukan dalam menentukan interval kerusakan:

$$\begin{aligned} \text{Interval kerusakan (Km)} &= \text{Interval Kerusakan (Hari)} \times \text{Jarak tempuh/hari} \\ &= 20 \text{ hari} \times 300,15 \text{ Km/Hari} \\ &= 6002,971 \text{ Km/Hari} \end{aligned}$$

4.6 Pengujian Distribusi Kerusakan

Pengujian distribusi kerusakan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah distribusi Weibull. Para meter yang digunakan dalam distribusi Wibull ini adalah dua parameter, yaitu para meter dengan sekala (α) dan parameter dengan sekala (β). Sebelum melakukan distribusi Wibull, dilakukan terlebih uji *Mann's* pada data yang diperoleh. Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan pengujian distribusi *Mann's* dan hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7:

- Hipotesis penelitian:
 H_0 : Waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull dua parameter
 H_1 : Waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Weibull dua parameter
- Menentukan selang kepercayaan (α) yang digunakan sebesar 95% atau 0,95.
- Distribusi yang digunakan adalah Distribusi *F*.
- Perhitungan:

$$\begin{aligned} k_1 &= \frac{r}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \\ k_2 &= \frac{r-1}{2} = \frac{5-1}{2} = 2 \\ v_1 &= 2 \cdot k_1 = 5 \\ v_2 &= 2 \cdot k_2 = 4 \end{aligned}$$

Tabel 6. Pengujian Distribusi Weibull

No.	t_i (Km)	X_i	Z_i	M_i	$X_{i+1}-X_i$	$(X_{i+1}-X_i)/M_i$
1	6002.971	8.700	-2.302	1.213	0.742	0.612
2	12606.240	9.442	-1.089	0.653	0.047	0.071
3	13206.537	9.488	-0.436	0.530	0.087	0.164
4	14407.131	9.575	0.094	0.572	0.724	1.266
5	29714.709	10.299	0.666			
Total						2.114

Berikut adalah contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} X_i &= \ln(6002,971) = 8,700 \\ Z_i &= \ln\left[\ln\left[1 - \frac{1-0,5}{5+0,25^i}\right]\right] = -2,302 \\ M_i &= -1,08924 - (-2,30175) = 1,213 \\ X_{i+1}-X_i &= 9,4419-8,7000 = 0,742 \\ (X_{i+1}-X_i)/M_i &= \frac{0,7419}{1,2125112} = 0,612 \end{aligned}$$

Berikut adalah rumus pengujian distribusi *Mann's*:

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=K+1}^{r-1} \frac{X_{i+1}-X_i}{M_i}}{k_2 \sum_{i=1}^{r-1} \frac{X_{i+1}-X_i}{M_i}} = 0,478$$

Tabel 7. Rekapitulasi Pengujian Distribusi Weibull

No.	Uraian	Jawaban
1	k_1	2.5
2	k_2	2
3	M	0.478
4	v_1	5
5	v_2	4
6	F_{tabel}	6,26

5. Kesimpulan

Terima H_0 (Waktu kerusakan berdistribusi Weibull) yaitu nilai M lebih kecil dibandingkan dengan nilai F_{tabel} , artinya persyaratan pengujian telah terpenuhi. Terlihat pada hasil perhitungan yang telah dilakukan ($0,4775 < 6,24$).

4.7 Perhitungan Paramater Distribusi

Interval antar kerusakan telah diketahui, selanjutnya menghitung parameter distribusi. Parameter distribusi yang dihitung adalah parameter a dan parameter β . Berikut adalah perhitungan dalam menentukan parameter a dan parameter β dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Perhitungan Parameter Distribusi

No.	T_i	F_{t_i}	X_i	Y_i	X_i^2	$X_i \cdot Y_i$
1	6002.971	0.130	-1.974	8.700	3.898	-17.178
2	12606.240	0.315	-0.973	9.442	0.946	-9.184
3	13206.537	0.500	-0.367	9.488	0.134	-3.478
4	14407.131	0.685	0.145	9.575	0.021	1.386
5	29714.709	0.870	0.714	10.299	0.510	7.358
Total			-2.454	47.505	5.510	-21.095

$$F_{t1} = \frac{1-0,3}{5+0,4} = 0,130$$

$$X_1 = \ln \left(\ln \left(\frac{1}{1-0,12963} \right) \right) = -1,974$$

$$Y_1 = \ln(6002,97) = 8,700$$

$$X_1^2 = -1,97446^2 = 3,898$$

$$X_1 \cdot Y_1 = -1,97446 \times 8,70001 = -17,178$$

Tabel 9. Rekapitulasi Nilai Parameter

No.	Uraian	Jawaban
1	b	0.517
2	a	9.755
3	β	1.935
4	a	17235.572

$$b = \frac{5X(-21,095) - (-2,454)X47,505}{5X(5,510) - (-2,454)^2} = 0,517$$

$$a = \frac{47,505}{5} - 0,517 \frac{(-2,454)}{5} = 9,755$$

$$a = \exp(9,7547) = 17235,572$$

$$\beta = \frac{1}{0,517} = 1,935$$

4.8 Perhitungan Fungsi Keandalan

Setelah mengetahui nilai parameter a dan parameter β , maka dapat dihitung fungsi keandalan, fungsi distribusi kumulatif kerusakan, fungsi kepadatan peluang kerusakan dan fungsi laju kerusakan, yang nanti akan digunakan dalam perhitungan interval waktu

perawatan. Berikut adalah fungsi keandalannya:

- Fungsi keandalan (*Reliability*) $R(t_p)$

$$R(t_p) = \exp\left[-\left(\frac{t}{17235,572}\right)^{1,935}\right]$$
- Fungsi distribusi kumulatif kerusakan $F(t)$

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{17235,572}\right)^{1,935}\right]$$
- Fungsi kepadatan peluang kerusakan $f(t)$

$$f(t) = \frac{1,935}{17235,572} \left(\frac{t}{17235,572}\right)^{1,935-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{17235,572}\right)^{1,935}\right]$$
- Fungsi laju kerusakan $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{1,935}{17235,572} \left(\frac{t}{17235,572}\right)^{1,935-1}$$

4.9 Waktu Penggantian Pencegahan dan Kerusakan Komponen

Lamanya waktu penggantian kerusakan dan pencegahan komponen yang didapatkan adalah sebesar 4,25 jam untuk kerusakan dan 1,3 jam untuk pencegahan. Selanjutnya dikonversikan kedalam kilometer. Berikut adalah contoh perhitungannya:

$$T_f = \frac{\text{Lamanya Waktu Penggantian Kerusakan}}{\text{Jumlah Jam Dalam Satu Hari}} \times \text{Rata - Rata Jarak Tempuh}$$

$$= \frac{4,25 \text{ Jam}}{24 \text{ jam}} \times 300,15 \text{ Km/Hari} = 53,151 \text{ Km/Hari}$$

$$T_p = \frac{\text{Lamanya Waktu Penggantian Perawatan}}{\text{Jumlah Jam Dalam Satu Hari}} \times \text{Rata - Rata Jarak Tempuh}$$

$$= \frac{1,3 \text{ Jam}}{24 \text{ jam}} \times 300,15 \text{ Km/Hari} = 27,871 \text{ Km/Hari}$$

4.10 Data Biaya Pencegahan dan Kerusakan Komponen

Berikut adalah biaya yang dikeluarkan dalam melakukan pencegahan dan kerusakan pada komponen.

Biaya Pencegahan (C_p)

Berikut adalah biaya pencegahan untuk komponen kanvas rem, dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Harga Komponen

No.	Data Ongkos	Rupiah/Proses
1	Harga Komponen (Kanvas Rem Cakram)	Rp 1,400,000.00
2	Harga Komponen (Kanvas Rem Tromol)	Rp 540,000.00
3	Biaya Teknisi per Hari	Rp 90,000.00
Total		Rp 2,030,000.00

Biaya Kerusakan (C_f)

Berikut adalah biaya kerusakan yang terjadi pada komponen kanvas rem dapat dilihat pada Tabel 11, dan biaya ekspektasi kerugiannya dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 11. Biaya Kerusakan

No.	Data Ongkos	Rupiah/Proses
1	Harga Komponen (Kanvas Rem Cakram)	Rp 1,400,000.00
2	Harga Komponen (Kanvas Rem Tromol)	Rp 540,000.00
3	Biaya Pengiriman Teknisi	Rp 500,000.00
4	Biaya Teknisi per Hari	Rp 90,000.00
5	Ekspektasi Kerugian	Rp 1,295,500.00
Total		Rp 3,825,500.00

Biaya teknisi per hari untuk pencegahan dan kerusakan komponen didapatkan dari:

Gaji teknisi/bulan = Rp 2.510.000

1 Bulan = 30 hari kerja

Gaji teknisi/hari = $\left(\frac{\text{Rp } 2.700.000}{30 \text{ hari}}\right) = \text{Rp } 90.000,00$

Tabel 12. Ekspektasi Kerugian

No	Komponen	Harga
1	Karet Master Rem	Rp 275,000.00
2	Karet <i>Boot</i>	Rp 210,000.00
3	Piringan	Rp 389,000.00
4	Seiken DOT 3	Rp 75,000.00
5	<i>Center Bearing</i>	Rp 346,500.00
Total		Rp 1,295,500.00

4.11 Perhitungan Interval Penggantian Komponen dengan Minimisasi Total Ongkos

Selanjutnya melakukan penentuan interval penggantian komponen kanvas rem dengan minimasi total ongkos. Berdasarkan dari perhitungan total ongkos untuk setiap interval kilometer yang digunakan dalam perhitungan biaya terus menurun hingga kilometer 6000 dan naik pada kilometer 6500. Maka kilometer 6000 merupakan titik optimal dengan biaya penggantian sebesar Rp 111,47/Km. Interval pengantian perawatan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Perhitungan Interval Waktu Perawatan

t_p (Km)	C_p (Rp)	C_f (Rp)	T_p (Km/Hari)	T_f (Km/Hari)	$R(t_p)$	$1 - R(t_p)$	$\lambda(t)$	$f(t_p)$	M_{tp} (Km)	$C(t_p)$ per Km
0					1					
5000	2030000	3825500	27.871	53.151	0.896	0.104	0.0000386	0.0000346	147201.76	111.94
5500	2030000	3825500	27.871	53.151	0.878	0.122	0.0000419	0.0000368	125622.31	111.59
6000	2030000	3825500	27.871	53.151	0.859	0.141	0.0000451	0.0000388	108744.61	111.47
6500	2030000	3825500	27.871	53.151	0.840	0.160	0.0000483	0.0000406	95293.08	111.57
7000	2030000	3825500	27.871	53.151	0.819	0.181	0.0000516	0.0000422	84398.18	111.87

Berikut adalah contoh perhitungan dalam menghitung $C(t_p)$:

$$C(t_p) = \frac{C_p \times R(t_p) + (C_f \times [1 - R(t_p)])}{(t_p + T_p)R(t_p) + [(M(t_p) + T_f) [1 - R(t_p)]]} = \frac{2030000 \times 0,859 + (3825500 \times 0,141)}{((6000 + 27,871) \times 0,859) + (108744,61 + (53,151 \times 0,141))} = \text{Rp } 111,47/\text{Km}$$

5. ANALISIS

5.1 Analisis Data Waktu Kerusakan Pada Komponen

Komponen yang diteliti adalah komponen kanvas rem, komponen ini dipilih dikarenakan komponen ini memiliki frekuensi kerusakan yang sering dibandingkan dengan komponen yang lain. Beberapa faktor yang mempengaruhi kerusakan pada komponen kanvas rem ini adalah karena terburu-buru pada saat pemasangannya sehingga letak dari komponen kanvas rem tersebut kurang presisi pada letak yang seharusnya, selain itu kondisi jalan yang buruk membuat kondisi komponen tersebut dapat mempengaruhi pemakaian komponen ini, beban yang dibawa oleh truk tersebut, serta pemakaian supir truk sangat mempengaruhi komponen pada saat penggunaannya. Hal tersebut menyebabkan truk akan kembali mengalami gangguan rem pada saat digunakan.

5.2 Analisis Distribusi Waktu Antar Kerusakan

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh nilai M sebesar 0,4775 dan nilai F tabel didapatkan sebesar 6,26. Dapat disimpulkan nilai M lebih kecil dibandingkan F tabel. Hipotesis yang diperoleh dengan nilai M dan F tabel adalah, terima H_0 data waktu kerusakan tersebut berdistribusi Weibull. Setelah itu melakukan uji Man's, Dari hasil perhitungan didapatkan nilai parameter skala α sebesar 17235,57 dan nilai parameter sekala β sebesar 1,935136. Nilai para meter $\beta > 1$ ini menunjukkan laju kerusakan meningkat seiring pemakaian

dengan kurva berbentuk konkaf. Sedangkan nilai a menunjukkan semakin besar nilai a maka semakin rendah laju kerusakan dan data akan semakin menyebar.

5.3 Analisis Metode yang Digunakan

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode *Age Replacement*. Metode ini digunakan untuk mengetahui interval penggantian pencegahan optimal pada komponen kanvas rem. Metode ini cocok digunakan dalam penelitian tugas akhir ini mengingat umur pakai komponen dipengaruhi dari umur pakai komponen tersebut. Penggunaan metode ini pada saat penggantian pencegahan pada komponen dilakukan, dengan melihat umur komponen pada saat digunakan maka pada saat komponen itu diganti maka umur komponen akan menjadi semula kembali, atau dalam artian kembali ke nol. Dalam menggunakan metode ini penjadwalan pada komponen tidak tetap melainkan sesuai dengan kilometer penggunaan truk.

5.4 Analisis Perbandingan Interval Penggantian Pencegahan Optimal dengan Kondisi Saat Ini

Berikut adalah perbandingan rekapitulasi biaya kerusakan yang dikeluarkan oleh perusahaan dengan tidak melakukan penjadwalan penggantian pencegahan dan usulan yang diberikan untuk perusahaan dengan melakukan penjadwalan penggantian pencegahan. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Perbandingan Kondisi Saat Ini dan Usulan

Nama Komponen	Kondisi Saat Ini		Usulan	
	Jarak Tempuh per Tahun (Km)	94546.80	Jarak Tempuh per Tahun (Km)	94546.80
Kanvas Rem	Waktu Rata-Rata Selama Kerusakan Terjadi	15288.64	Pencegahan (Km)	6000
	Biaya Kerusakan (Rp/Km)	Rp 250.22	Ekspetasi Ongkos Pencegahan (Rp/Km)	Rp 111.47

Berdasarkan tabel di atas biaya usulan yang diperoleh dari hasil perhitungan lebih kecil dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan selama ini. Hal ini dikarenakan pada titik optimal pencegahan tidak terdapat kerusakan, karena kerusakan dapat menimbulkan biaya menjadi mahal dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Kerugian itu ditimbulkan dari komponen penunjang lain yang mengalami kerusakan.

5.5 Analisis Sensitivitas

Tujuan dari analisis sensitivitas adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan variabel yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Dalam penelitian ini analisis sensitivitas dilakukan pada komponen karet master rem, karet *boot*, piringan, seiken DOT 3, *center bearing*, kanvas rem cakram dan kanvas rem tromol. Selama ini dari semua komponen tersebut maksimal kenaikan dan penurunan harga terjadi sekitar 20%. Sehingga komponen yang paling sensitif adalah komponen kanvas rem cakram. Komponen kanvas rem cakram mengalami pengaruh perubahan variabel dengan kenaikan persentase sebesar 20% dan penurunan persentase sebesar 20%. Kenaikan dan penurunan yang telah dilakukan merubah interval perawatan pencegahan menjadi 6500 Km untuk kenaikan dan 5500 Km untuk penurunan.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan distribusi Weibull yang telah dilakukan, didapatkan nilai parameter skala α sebesar 17235,572 yang artinya semakin besar nilainya maka akan semakin rendah laju kerusakan. Nilai parameter skala β sebesar 1,935 nilai $\beta > 1$ nilai ini menjelaskan bahwa laju kerusakan yang dialami terus mengalami kenaikan.
2. Hasil perhitungan ekspektasi biaya penggantian pencegahan optimal untuk komponen kanvas rem berada pada titik 6000 Km dengan biaya sebesar Rp. 111,47/Km.
3. Biaya pencegahan yang diusulkan untuk PT. X lebih kecil dibandingkan dengan biaya kerusakan yang dilakukan oleh perusahaan. Maka sebaiknya perusahaan melakukan pencegahan perawatan yang telah diusulkan. Biaya yang diusulkan untuk perusahaan adalah sebesar Rp 111,47/Km sedangkan biaya yang dilakukan perusahaan sebesar Rp. 250,22/Km. Sehingga perusahaan dianjurkan untuk melakukan penggantian komponen kanvas rem setiap pemakaian 6000 Km.
4. Pada pengujian sensitivitas terdapat komponen yang sensitiv yaitu komponen kanvas rem cakram dengan kenaikan dan penurunan persentase, masing-masing sebesar 20%. Kenaikan dan penurunan yang dilakukan merubah interval perawatan pencegahan menjadi 6500 Km untuk kenaikan dan 5500 Km untuk penurunan.

REFERENSI

Ebeling, Charles. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw-Hill Companies. Singapore.

Jardine , A.K.S. 1973. *Maintenance, Replacement, and Reliability*. Pitman Publisihing Corporation. Canada.