

# Model Peningkatan Reliabilitas Produk Kendaraan Bermotor yang Dijual Dengan Garansi

Rispianda  
Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional  
Bandung  
rispianda@itenas.ac.id

Hendro Prasetyo  
Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional  
Bandung  
hprasetyo@itenas.ac.id

**Abstrak**—Memberikan garansi pada produk yang dijual berarti akan ada ongkos tambahan yang akan dikeluarkan oleh produsen untuk memperbaiki produk yang rusak selama masa garansi. Pada penelitian ini akan dilakukan pengaplikasian model keandalan produk untuk komponen kendaraan bermotor yang dijual dengan garansi. Produk yang di pertimbangkan adalah multi komponen yang disusun seri yang diambil dari bagian Mobil Avanza yaitu axle shaft dan propelar shaft. Pengaplikasian ini akan merepresentasikan parameter desain ( $\alpha$ ) sebagai safety factor (N). Peningkatan keandalan dalam penelitian ini dapat dilakukan dengan menaikkan nilai diameter axle shaft dan propelar shaft. Dengan dilakukannya reliability improvement menyebabkan tambahan ongkos bagi produsen yaitu ongkos produksi, dan ongkos reliability improvement, yang diimbangi dengan juga dengan berkurangnya ongkos garansi. Oleh karena itu, diaplikasikanlah model keandalan untuk total dengan kriteria maksimasi ongkos total yang merupakan selisih antara ekspektasi penghematan ongkos garansi, ongkos reliability improvement, dan ongkos produksi. Hasil penerapan model menunjukkan bahwa model tersebut dapat memberikan penghematan terhadap ongkos total.

**Kata Kunci;** garansi, safety factor, reliability improvement

## I. PENDAHULUAN

Garansi dapat dipandang sebagai kewajiban yang berdasarkan perjanjian dan diadakan oleh produsen dalam hubungannya dengan penjualan produk. Perjanjian tersebut menentukan kualitas produk, apakah sesuai dengan yang dijanjikan atau tidak, sehingga ganti rugi harus disediakan oleh produsen bagi konsumen sebagai kompensasi atas performansi yang tidak sesuai (terjadi kerusakan) Blischke dan Murthy (1994). Pada model Helianty (2007) model diterapkan pada model multi komponen dengan rangkaian seri namun dalam model Helianty (2007) belum merepresentasikan parameter desain ( $\alpha$ ). Untuk meningkatkan keandalan suatu produk salah satunya dengan melakukan reliability improvement yaitu dengan cara merepresentasikan parameter desain ( $\alpha$ ) sebagai safety factor (N). Dengan dilakukannya reliability improvement maka akan menaikkan ongkos reliability improvement dan ongkos produksi.

Produk yang dijual dengan garansi, akan menimbulkan ongkos tambahan bagi produsen, yaitu ongkos untuk memperbaiki produk selama masa garansi. Ongkos untuk memperbaiki produk dapat diminimasi salah satunya dengan meningkatkan reliability produk tersebut. Peningkatan

keandalan produk dipengaruhi oleh ongkos garansi, ongkos reliability improvement dan penambahan ongkos produksi sehingga diharapkan mengurangi ongkos total penghematan garansi dan meningkatkan keuntungan perusahaan. Oleh karena itu, pengaplikasian parameter desain ( $\alpha$ ) yang direpresentasikan sebagai safety factor (N) sangat membantu dalam melakukan reliability improvement.

Pada penelitian ini merupakan pengembangan model dari Helianty (2007) yaitu merepresentasikan reliability improvement berupa parameter desain ( $\alpha$ ) sebagai safety factor (N). Reliability improvement ini dilakukan pada kendaraan bermotor yaitu axle shaft dan propelar shaft yang disusun dengan rangkaian seri yaitu jika satu komponen rusak maka akan berpengaruh terhadap komponen lain. Dengan adanya safety factor (N) ini diharapkan akan memaksimalkan penghematan ongkos total. Parameter desain untuk kedua komponen bermotor ini yaitu perbandingan antara kekuatan tarik bahan dan tegangan izin. Tegangan izin dipengaruhi oleh diameter poros, daya poros, faktor koreksi, beban lentur, dan putaran poros. Diameter poros merupakan variabel keputusan untuk mendapatkan penghematan ongkos total produk.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan nilai parameter desain produk multi komponen yaitu axle shaft dan propelar shaft yang dijual dengan garansi. Pembatasan untuk tugas akhir ini yaitu:

1. Produk yang dipertimbangkan adalah poros mobil yaitu axle shaft dan propelar shaft.
2. Analisis garansi dilakukan berdasarkan kebijakan Free Replacement Warranty (FRW).
3. Pemodelan kerusakan dilakukan dengan menggunakan pendekatan satu dimensi yang bersifat menaik (increasing failure rate).
4. Produk yang dipertimbangkan adalah produk multi komponen yang disusun dengan rangkaian seri.

## II. STUDI LITERATUR

### 2.1 Definisi Garansi

Kotler (1998) menyatakan Layanan purna jual adalah layanan yang diberikan perusahaan kepada seorang konsumen setelah terjadinya transaksi penjualan. Layanan purna jual ini merupakan bentuk tanggung jawab produsen dalam menjamin kualitas produk yang telah dijualnya, ketika sudah berada di tangan konsumen. Layanan purna jual merupakan suatu bentuk

perlindungan bagi konsumen apabila ternyata performansi produk yang dibelinya tidak sesuai dengan yang dijanjikan oleh produsen.

### 2.2 Fungsi Distribusi Weibull

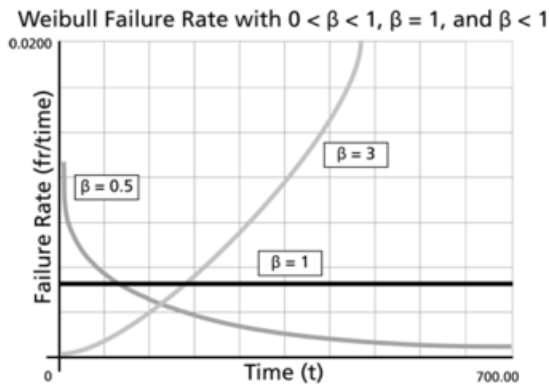
Distribusi ini merupakan distribusi yang paling sering digunakan untuk menganalisis data kerusakan, karena distribusi weibull dapat memenuhi beberapa periode kerusakan yang terjadi, yaitu periode awal (*early failure*), periode normal, dan periode pengausan (*wear out*).

Periode tersebut tergantung dari nilai parameter bentuk fungsi distribusi weibull. Distribusi weibull mempunyai laju kerusakan menurun untuk  $\beta < 1$ , laju kerusakan konstan untuk  $\beta = 1$ , dan laju kerusakan naik untuk  $\beta > 1$ . Fungsi laju kerusakannya adalah :

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1} \quad (1)$$

Ket:  
 $\alpha$  = parameter skala  
 $\beta$  = parameter bentuk  
 $r$  = laju kerusakan

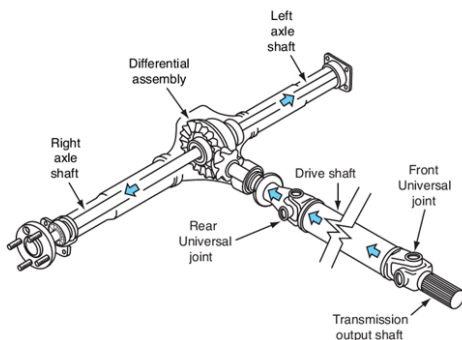
Gambar kurva fungsi laju kerusakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Kurva fungsi laju kerusakan

### 2.3 Definisi Axle Shaft Dan Propelar Shaft/Drift Shaft

Gambar *Axle shaft* dan *propelar shaft* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Axle shaft dan propelar shaft

*Axle shaft* atau poros penggerak roda adalah merupakan poros pemutar roda-roda penggerak yang berfungsi meneruskan tenaga gerak dari differential ke roda-roda. *Propeller shaft/Drift Shaft* berfungsi untuk memindahkan atau meneruskan tenaga dari transmisi ke difrensial. Perhitungan yang digunakan dalam merancang dan guna untuk menganalisa kerja poros transmisi yang mengalami beban puntir murni (torsis) menurut Sularso (1978) adalah sebagai berikut:

a. Menghitung momen yang terjadi pada poros  
 $T = 9,74 \times 105 Pd/n$  (2)

Keterangan:  
 $T$  = momen rencana (kg.mm)  
 $Pd$  = daya rencana (kW)  
 $n$  = Putaran yang diakibatkan oleh poros (rpm)

b. Mencari Tegangan geser yang diizinkan  
 $\tau_a = \sigma_b / S_f$  (3)

Keterangan:  
 $\tau_a$  = tegangan geser yang diizinkan (kg/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_b$  = Kekuatan tarik (kg/mm<sup>2</sup>)  
 $S_f$  = faktor keamanan

c. Menghitung diameter poros  
 $d = [5,1/\tau_a \times K_t \times C_b \times T]^{1/3}$  (4)

Keterangan :  
 $K_t$  = faktor koreksi  
 $C_b$  = beban lentur.

## III. MODEL PENINGKATAN RELIABILITAS PRODUK KENDARAAN BERMOTOR YANG DIJUAL DENGAN GARANSI

### 3.1. Notasi Yang Digunakan

Untuk memudahkan penyusunan pengembangan model matematika diperlukan notasi-notasi. Notasi yang digunakan pada pengembangan model ini adalah:

$I$  :Jumlah komponen dalam satu produk ( $i= 1,2,\dots,n$ ).

- $G(di)$  : Ekspektasi ongkos garansi komponen-i selama masagaransi sebelum *reliability improvement*.
- $G(d'i)$  : Ekspektasi ongkos garansi komponen-i selama masa garansi setelah *reliability improvement*.
- $W(d'i)$  : Ekspektasi ongkos garansi komponen-i selama masa garansi setelah *reliability improvement*.
- $Ws(d')$  : Ekspektasi ongkos garansi per unit (Rp/unit).
- $E(di)$  : Ekspektasi jumlah kerusakan komponen ke-i selama masa garansi. sebelum *reliability improvement*. (kerusakan/unit).
- $E(d'i)$  : Ekspektasi jumlah kerusakan komponen ke-i selama masa garansi setelah *reliability improvement*. (kerusakan/unit).
- $I(d'i)$  : Ongkos *reliability improvement* komponen-i (Rp/unit).
- $I_s(d')$  : Ongkos *reliability improvement* per produk (Rp/unit).

- $P(d'_i)$  : Ekspektasi penambahan ongkos produksi per produk akibat adanya *reliability improvement* (Rp/unit).
- $P_s(d')$  : Ekspektasi penambahan ongkos produksi per produk akibat adanya *reliability improvement* (Rp/unit).
- $C_k$  : Rata-rata ongkos minimal repair per kerusakan untuk komponen-i (Rp/kerusakan).
- $D_i$  : Parameter fungsi ongkos produksi komponen-i.
- $C_s$  : Ongkos setup *reliability improvement* per kerusakan komponen-i (Rp/kerusakan).
- $C_r$  : Ongkos *reliability improvement* untuk setiap penambahan nilai parameter desain untuk komponen-i (Rp/unit).
- $m$  : Parameter fungsi ongkos investasi *reliability improvement*.
- $u$  : Parameter ongkos produksi.
- $\omega$  : masa garansi.

Pada penelitian ini yang menjadi ukuran performansi pengembangan model yang digunakan adalah:  
 $T(d')$  : Ekspektasi penghematan ongkos total per unit selama masa garansi (Rp/unit).

Variabel keputusan yang digunakan pada penelitian ini adalah:  
 $d'$  : Nilai diameter dalam proses desain setelah dilakukannya *reliability improvement*.

### 3.2 Aplikasi Model

Dalam pengembangan model sebelumnya yaitu pengembangan model Helianty (2007), parameter desain ( $\alpha$ ) tidak direpresentasikan maka pada penelitian ini diaplikasikan model untuk peningkatan keandalan produk dimana parameter desain ( $\alpha$ ) direpresentasikan sebagai *safety factor* (N).

Dimana *Safety factor* mempunyai persamaan:

$$N = \sigma / \tau \tag{5}$$

Ket :

$\sigma$  = kekuatan tarik bahan (kg/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  = tegangan yang diijinkan (kg/mm<sup>2</sup>)

dimana tegangan yang diijinkan ( $\tau$ ) mempunyai persamaan:

$$\tau = 5,1/d^3 \cdot K_t \cdot C_b \cdot T \tag{6}$$

Ket:

$d$  = *safety factor* (mm)

$K_t$  = faktor koreksi/kejutan

$C_b$  = beban lentur

$T$  = Torsi/momen rencana (kg/mm<sup>2</sup>)

Dimana momen rencana (T) mempunyai persamaan:

$$T = 9,74 \times 105 P_d / n \tag{7}$$

Ket:  $P_d$  = Daya rencana (kW)

$n$  = Putaran yang diakibatkan oleh poros (rpm)

Persamaan (5) disubstitusikan pada persamaan (6) dan (7) menjadi persamaan (8) seperti dibawah ini:

$$N = \frac{\sigma}{\frac{5,1}{d^3} K_t \cdot C_b \cdot 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}} \tag{8}$$

Pada kasus ini ongkos yang diperlukan untuk melakukan peningkatankeandalan produk yaitu  $W_s(d')$ ,  $P_s(d')$ ,  $I_s(d')$  yang masing-masing merepresentasikan ekspektasi penghematan ongkos garansi, ekspektasi penambahan ongkos produksi, dan ongkos *reliability improvement* per produk, maka ekspektasi penghematan total ongkos diberikan oleh persamaan (9).

$$T(d') = W_s(d') - P_s(d') - I_s(d') \tag{9}$$

$$\begin{bmatrix} \text{Ekspektasi} \\ \text{penghematan} \\ \text{total ongkos} \\ \text{per unit} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Ekspektasi} \\ \text{penghematan} \\ \text{ongkos garansi} \\ \text{per unit} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{Ekspektasi} \\ \text{penambahan} \\ \text{ongkos produksi} \\ \text{per unit} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{ongkos} \\ \text{reliability} \\ \text{improvement} \\ \text{per unit} \end{bmatrix}$$

### 3.3 Ekspektasi Penghematan Ongkos Garansi per Unit

Persamaan ekspektasi penghematan ongkos garansi dapat dilihat pada persamaan (10).

$$\left( \begin{array}{l} \text{Ekspektasi penghematan ongkos} \\ \text{garansi per unit selama masa garansi} \end{array} \right) = \sum_{i=1}^n \left( \begin{array}{l} \text{Ekspektasi penghematan ongkos} \\ \text{garansi per komponen} \\ \text{selama masa garansi} \end{array} \right)$$

$$W_s(d'_1, d'_2) = W(d'_1) + W(d'_2) \tag{10}$$

Penjelasan lebih rinci mengenai penghematan ongkos akan dijelaskan berikut ini:

#### a. Ekspektasi Penghematan Ongkos Garansi per Komponen per unit Selama Masa Garansi

Jumlah ekspektasi ongkos garansi per komponen per unit selama masa garansi sebelum *reliability improvement* dinyatakan oleh persamaan (11).

$$\begin{bmatrix} \text{ekspektasi ongkos} \\ \text{garansi per} \\ \text{komponen selama} \\ \text{masa garansi} \\ \text{sebelum reliability improvement} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{rata-rata ongkos} \\ \text{kerusakan per} \\ \text{kerusakan untuk} \\ \text{komponen ke - i} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \text{ekspektasi jumlah} \\ \text{kerusakan selama} \\ \text{masa garansi} \\ \text{untuk komponen ke - i} \\ \text{sebelum reliability improvement} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
G(d) &= \sum_{i=1}^n C_k E \\
&= \sum_{i=1}^n C_k \int_0^w \lambda(t; d) dt \\
&= \sum_{i=1}^n C_k \int_0^w \frac{\beta t^{\beta-1}}{\left(\frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}}\right)^{\beta}} dt \\
&= \sum_{i=1}^n C_k \int_0^w \frac{\beta t^{\beta-1}}{\left(\frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}}\right)^{\beta}} dt \\
&= \sum_{i=1}^n C_k \left[ \frac{w^{\beta}}{\left(\frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}}\right)^{\beta}} \right] \quad (11)
\end{aligned}$$

Jumlah ekspektasi ongkos garansi per komponen per unit selama masa garansi setelah dilakukannya *reliability improvement* dapat dilihat pada persamaan (12).

$$\begin{aligned}
&\left[ \begin{array}{l} \text{ekspektasi ongkos} \\ \text{garansi per} \\ \text{komponen selama} \\ \text{masa garansi} \\ \text{setelah reliability improvement} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{l} \text{rata-rata ongkos} \\ \text{kerusakan per} \\ \text{kerusakan untuk} \\ \text{komponen ke - i} \end{array} \right] \times \left[ \begin{array}{l} \text{ekspektasi jumlah} \\ \text{kerusakan selama} \\ \text{masa garansi} \\ \text{untuk komponen ke - i} \\ \text{setelah reliability improvement} \end{array} \right] \\
G(d') &= \sum_{i=1}^n C_k E \\
&= \sum_{i=1}^n C_k \int_0^w \lambda(t; d') dt \\
&= \sum_{i=1}^n C_k \int_0^w \frac{\beta t^{\beta-1}}{\left(\frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}}\right)^{\beta}} dt \\
&= \sum_{i=1}^n C_k \int_0^w \frac{\beta t^{\beta-1}}{\left(\frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}}\right)^{\beta}} dt \\
&= \sum_{i=1}^n C_k \left[ \frac{w^{\beta}}{\left(\frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}}\right)^{\beta}} \right] \quad (12)
\end{aligned}$$

Sehingga ekspektasi penghematan ongkos garansi per unit selama masa garansi dinyatakan pada persamaan (13).

$$\begin{aligned}
W_s(d') &= \sum_{i=1}^n W(d'i) \\
&= \sum_{i=1}^n [G(d) - G(d')] \\
&= \sum_{i=1}^n \left[ C_k \int_0^w \lambda(t; d) dt - C_k \int_0^w \lambda(t; d') dt \right] \\
&= \sum_{i=1}^n C_k \left[ \frac{w^{\beta}}{\left(\frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}}\right)^{\beta}} - \frac{w^{\beta}}{\left(\frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}}\right)^{\beta}} \right] \quad (13)
\end{aligned}$$

### b. Ongkos Produksi Per Unit

Ekspektasi penambahan ongkos produksi per unit diperlihatkan pada persamaan (14).

$$\begin{aligned}
Ps(d') &= \sum_{i=1}^n Ps(d'i) \\
&= \sum_{i=1}^n Di \left[ \left( \frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}} \right)^u \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) + \left( \frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}} \right)^u \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right] \quad (14)
\end{aligned}$$

### c. Ongkos Reliability improvement Per Unit

Besarnya ongkos *reliability improvement* ditunjukkan oleh persamaan (15).

$$\begin{aligned}
&\left[ \begin{array}{l} \text{ongkos reliability} \\ \text{improvement} \\ \text{per komponen} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{l} \text{ongkos setup reliability} \\ \text{improvement per} \\ \text{komponen per unit} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{l} \text{ongkos investasi} \\ \text{reliability improvement} \\ \text{per penambahan} \\ \text{parameter desain} \end{array} \right] \times \left[ \begin{array}{l} \text{penambahan nilai} \\ \text{parameter desain} \end{array} \right] \\
I_s(d') &= \sum_{i=1}^n I(d'i) \\
&= \sum_{i=1}^n \left[ C_s + C_i \left( \left( \frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}} \right)^m - \left( \frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}} \right)^m \right) \right] \quad (15)
\end{aligned}$$

### 3.4 Formulasi Model

Dengan mensubstitusikan persamaan (13), (14) dan (15) ke persamaan (9), maka diperoleh ekspektasi penghematan ongkos total per unit selama masa garansi yang diberikan pada persamaan (16).

$$T(d') = \left[ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n C_k \left[ \frac{w^{\beta}}{\left(\frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}}\right)^{\beta}} - \frac{w^{\beta}}{\left(\frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}}\right)^{\beta}} \right] - \\ \sum_{i=1}^n Di \left[ \left( \frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}} \right)^u \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) + \left( \frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}} \right)^u \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right] - \\ \sum_{i=1}^n \left[ C_s + C_i \left( \left( \frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}} \right)^m - \left( \frac{\sigma}{d^{\frac{5.1}{d^3}} K t C_b 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n}} \right)^m \right) \right] \end{array} \right] \quad (16)$$

## IV. ANALISIS

Penentuan nilai parameter ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel I. Nilai parameter

Notasi	Komponen	Komp. 1	Komp. 2	Satuan
		Nilai	Nilai	
rata-rata ongkos minimal repair per kerusakan untuk komponen-i	$C_k$	3.000.000	2.000.000	Rp/unit
Parameter fungsi ongkos produksi komponen-i	$D_i$	100.000	1.500.000	Rp/unit
Ongkos Setup <i>reliability improvement</i> komponen-i	$C_s$	300.000	500.000	Rp/unit
penambahan nilai parameter skala dari komponen-i	$C_r$	110.000	125.000	Rp/unit
masa garansi	$w$	5		tahun
parameter fungsi ongkos investasi <i>reliability improvement</i>	$m$	3		
Parameter fungsi ongkos produksi	$u$	2		
parameter bentuk	$\beta$	2		
Faktor koreksi	$K_t$	1,5	1,5	
Penggunaan beban lentur	$C_b$	2	2	
Putaran poros	$n$	150	100	rpm
Daya	$P_d$	81.144	81.144	kW
Kekuatan tarik bahan	$\sigma$	52	52	Kg/mm <sup>2</sup>

Nilai parameter didapatkan dari bengkel AUTO 2000 dan selebihnya dari penelitian sebelumnya. Perubahan parameter ongkos sebelum dan sesudah *reliability improvement* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel II. Perbandingan hasil perhitungan sebelum dan sesudah *reliability improvement*

Kondisi Awal					
Notasi	satuan	sebelum <i>reliability Improvement</i>	setelah <i>reliability Improvement</i>	total biaya	% kenaikan (penurunan)
$d_1$	milimeter	80	85,395		6,744
$d_2$	milimeter	100	101,155		1,155
$E_1$	kerusakan/unit	2,292	1,549		-32,417
$E_2$	kerusakan/unit	1,351	1,261		-6,66
$W(d_1, d_2)$	Rp/unit	9.579.970,897	5.622.586,808	3.957.384,089	-41,31
$P(d_1, d_2)$	Rp/unit			566.200,000	
$I(d_1, d_2)$	Rp/unit			1.205.068,744	
Total ekspektasi penghematan ongkos per unit				2.186.115,345	

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa variabel keputusan  $d'_1$  dan  $d'_2$  setelah dilakukan *reliability improvement* lebih besar dibandingkan sebelum dilakukan *reliability improvement*. Semakin besar variabel keputusan  $d'_1$  dan  $d'_2$  menandakan bahwa komponen tersebut semakin handal. Ekspektasi jumlah *minimal repair* setelah *reliability improvement* pada komponen 1 dan 2 menurun, untuk komponen 1 dari 2,292 unit menjadi 1,549 unit dan untuk komponen 2 dari 1,351 unit menjadi 1,261 unit. Komponen 1 mengalami penurunan kerusakan sebesar 32,417% kerusakan/unit dan komponen 2 mengalami penurunan sebesar 6,66% kerusakan/unit.

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Model ini dapat di aplikasikan kedalam parameter desain yang direpresentasikan sebagai *safety factor* (N) dengan mengambil komponen mobil yaitu axle shaft dan propeler shaft.
2. Hasil dari pengaplikasian model peningkatan reliabilitas produk ini dapat menunjukkan bahwa dengan dilakukannya *reliability improvement* dapat menurunkan jumlah kerusakan yang terjadi selama masa garansi sehingga ongkos garansi per unit selama masa garansi semakin kecil.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah pengembangan sebagai berikut:

1. Model kebijakan ongkos garansi dapat dilakukan untuk jenis kebijakan garansi lain, misalnya dengan *Pro-Rata Warranty* (PRW).
2. Aplikasi model untuk produk yang dipertimbangkan produk yang terdiri dari beberapa komponen yang disusun dengan rangkaian paralel.
3. Aplikasi model menggunakan produk yang dijamin dengan garansi dua dimensi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Blischke, W. R. dan Murthy D. N. P (1994), *Warranty Cost Analysis*, Marcel Dekker Inc., New York.
- [2] Helianty, Y dan Iskandar, B.P (2007), *Model Peningkatan Reliabilitas Produk Untuk Produk Yang Dijual Dengan Garansi*, Tesis S-2, Teknik Industri ITB, Bandung.
- [3] Kotler, P (1998), *Marketing Management, Analisis, Perencanaan, Implementasi, dan Kontrol Jilid 2 Edisi Revisi*. PT. Prenhallindo., Jakarta.
- [4] Ramakumar, R (1993), *Engineering Reliability: Fundamentals and applications*, A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey.
- [5] Sularso (1978), *DasarPerencanaanPemilihanElemen MesinJilid 1*. PT. PradnyaParamita., Jakarta.