ANALISIS GARANSI PERBAIKAN BATAS BEBAS RISIKO BERDISTRIBUSI WEIBULL
(Studi Kasus pada Penentuan Biaya Garansi Sepeda Motor)

SKRIPSI

oleh :
ARI FITRININGTIAS
135090501111004

PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2017

ANALISIS GARANSI PERBAIKAN BATAS BEBAS RISIKO BERDISTRIBUSI WEIBULL
(Studi Kasus pada Penentuan Biaya Garansi Sepeda Motor)

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Statistika

oleh :
ARI FITRININGTIAS
135090501111004

PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2017

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS GARANSI PERBAIKAN BATAS BEBAS RISIKO BERDISTRIBUSI WEIBULL

oleh :

ARI FITRININGTIAS
135090501111004

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 12 Juli 2017
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Statistika

Dosen Pembimbing

Dr. Umu Sa'adah, M.Si.
NIP. 196807252002122001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Ratno Bagus Edy Wibowo, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197509082000031003

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	**:**	**Ari Fitriningtias**
NIM	**:**	**135090501111004**
Jurusan	**:**	**Matematika**
Program Studi	**:**	**Statistika**
Judul Skripsi	**:**	**ANALISIS GARANSI PERBAIKAN BATAS BEBAS RISIKO BERDISTRIBUSI WEIBULL**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. **Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi ini.**
2. **Apabila dikemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala risiko yang akan saya terima.**

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 12 Juli 2017
Yang menyatakan,

Ari Fitriningtias
135090501111004

ANALISIS GARANSI PERBAIKAN BATAS BEBAS RISIKO BERDISTRIBUSI WEIBULL

ABSTRAK

Garansi merupakan suatu kesepakatan kontraktual antara produsen dengan konsumen yang berkaitan dengan penjualan produk. Dengan adanya penawaran garansi maka akan menimbulkan biaya tambahan yang disebut dengan biaya garansi. Penduga biaya garansi yang akurat sangat penting karena biaya garansi mempengaruhi harga jual produk dan keuntungan yang diperoleh perusahaan sepeda motor. Kebijakan garansi yang diterapkan produsen yaitu Perbaikan Batas Bebas Risiko dimana konsumen bebas dari biaya apapun saat mengajukan klaim dan garansi berlaku ketika pertama kali mengalami kerusakan sepeda motor. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pola kerusakan mesin berdasarkan umur dan jarak tempuh, pola laju pemakaian konsumen serta penduga biaya garansi. Analisis garansi yang digunakan adalah analisis garansi dua dimensi dengan pendekatan satu dimensi dimana jarak tempuh sepeda motor merupakan fungsi dari waktu. Laju pemakaian diperoleh dari data gabungan antara data klaim dan data *follow-up* sepeda motor. Penggunaan data *follow-up* bertujuan agar laju pemakaian lebih representatif dalam menggambarkan populasi sepeda motor yang ada. Kerusakan sepeda motor dimodelkan oleh fungsi hazard bersyarat. Distribusi Weibull dengan parameter bentuk sebesar 3.0422 dan parameter skala sebesar 36,043 merupakan distribusi yang sesuai dengan data. Penduga biaya garansi yang harus ditanggung perusahaan untuk setiap unit sepeda motor adalah sekitar Rp. 113.401,00 sampai Rp. 150.367,00. Apabila biaya garansi dibandingkan dengan harga jual per unit sepeda motor yakni sebesar Rp. 13.500.000,00 maka biaya garansi memiliki persentase antara 0,84% sampai 1,12% dari harga jual sepeda motor.

Kata kunci : *Analisis Biaya Garansi, Distribusi Weibull, Pendekatan Satu Dimensi, Perbaikan Batas Bebas Risiko.*

REPAIR LIMIT RISK FREE WARRANTY ANALYSIS USING WEIBULL DISTRIBUTION

ABSTRACT

Warranty is a contractual agreement between manufacturer and consumer related to sale of product. Offering warranty will generate expense which is called warranty cost. Estimation of warranty cost is very important because warranty cost influence to sell price of product and profit which is obtained by manufacturer. Warranty policy is applied by manufacturer is Repair Limit Risk Free Warranty that consumer free of charge up when they make claim and warranty for first failure motorcycle. The purpose of this study is to analyze the pattern of machine failure based on the age and distance, the pattern of consumer usage rate and the estimation warranty cost. Warranty analysis that used is analysis of two-dimensional warranty with one-dimensional approach that the distance is a function of time. Usage rate obtained from claim data and follow-up data motorcycle. Usage of follow-up data so that usage rate more representatif for discribing existing motorcycle population. Failure of motorcycle is modelled by function of conditional hazard. Weibull distribution with shape parameter of 3.0422 and scale parameter of 36,043 is the distribution in accordance with the data. Estimation of warranty costs should be borne by the company for each unit of the motorcycle is about between Rp. 113.401,00 up to Rp. 150.367,00. If compared to sell price of product then warranty cost estimation range from 0,84% up to 1,12% from sell price of product.

Keywords : *Warranty Cost Analysis, Weibull distribution, One Dimensional Approach, Repair Limit Risk Free.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan berkah, rahmat, dan hidayah sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.Selama penyusunan Skripsi, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak, Ibu, Mas Wawan, Mbak Okta, Mas Arif, Mbak Muji, serta Keluarga Besar yang senantiasa memberikan doa dan semangat yang tiada hentinya kepada penulis.
2. Ibu Dr. Umu Sa'adah, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi atas bimbingan, motivasi, dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis untuk tetap semangat menyelesaikan Skripsi.
3. Ibu Ir. Heni Kusdarwati, MS selaku Dosen Penguji I dan Ibu Dr. Ir. Maria Bernadetha Theresia Mitakda selaku Dosen Penguji II atas saran dan nasihat yang diberikan.
4. Ibu Rahma Fitriani S.Si, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Program Studi Statistika FMIPA Universitas Brawijaya.
5. Bapak Ratno Bagus Edy Wibowo, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Brawijaya.
6. Sahabatku Fajar Riyanto, Anggraini, Frana, Garinda, dan Hasti yang senantiasa memberikan semangat dan doa kepada penulis.
7. Penghuni Kos TBM27 khususnya Adelita, Mardhiyyah dan Bela yang senantiasa memberikan bantuan kepada penulis.
8. Teman-teman Statistika 2013 atas bantuan dan semangat kepada penulis.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat berguna untuk perbaikan yang lebih baik. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

Malang, 12 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR

Halaman

DAFTAR TABEL

Halaman

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beberapa tahun belakangan ini, penjualan sepeda motor di kalangan masyarakat sebagai salah satu alat transportasi mengalami pertumbuhan yang sangat pesat. Hal ini mengakibatkan terjadinya persaingan di antara perusahaan-perusahaan untuk meningkatkan penjualan produknya. Salah satu strategi yang tengah dilakukan oleh perusahaan yakni dengan memberikan layanan purna jual dalam bentuk garansi bagi produk yang mengalami kerusakan. Layanan purna jual adalah jasa yang ditawarkan perusahaan kepada konsumen setelah transaksi penjualan dan dilakukan sebagai jaminan mutu dari produk yang ditawarkannya.

Pemberian garansi ini dinilai perusahaan dapat digunakan untuk menarik hati para konsumen maupun calon konsumen agar tetap memilih produknya. Bagi konsumen, garansi memberikan hak perlindungan atau jaminan melawan ketidakpuasan produk dan sebagai indikasi mutu dari produk yang artinya semakin lama periode garansi yang diterima konsumen maka mutu dari produk tersebut juga semakin baik.

Kegagalan suatu produk biasanya disebabkan karena adanya kesalahan dalam proses pembuatan maupun kesalahan sistem terhadap produk yang dipasarkan. Reliabilitas sebagai ukuran keandalan suatu produk berperan penting dalam mencapai kepuasan konsumen di samping ukuran lainnya.

Menjual produk dengan garansi artinya memberikan tambahan biaya terhadap perusahaan. Ketika menawarkan suatu garansi, perusahaan akan memiliki biaya tambahan untuk rektifikasi produk yang harus diperhitungkan. Biaya tersebut merupakan biaya perbaikan (untuk *repairable product*) dan biaya penggantian (untuk *non-repairable product*). Biaya tambahan ini disebut biaya garansi (*warranty cost*) yang menjadi salah satu komponen harga jual produk. Penduga biaya garansi yang akurat sangat diperlukan oleh perusahaan karena besarnya biaya garansi akan mempengaruhi harga jual produk. Jika penduga biaya garansi terlalu tinggi maka akan mengakibatkan harga jual produk semakin mahal sehingga harga jual menjadi tidak kompetitif. Sebaliknya, jika penduga biaya garansi terlau rendah maka akan mengurangi keuntungan yang didapatkan perusahaan.

Berdasarkan dimensi, garansi dibagi menjadi dua yakni garansi satu dimensi dan garansi dua dimensi. Garansi satu dimensi merupakan garansi yang hanya menggunakan satu peubah sebagai pembatas periode garansi, sedangkan garansi dua dimensi merupakan garansi yang menggunakan dua peubah sebagai pembatas periode garansi secara bersama-sama. Dalam memodelkan kerusakan produk pada kebijakan garansi dua dimensi dapat digunakan dua jenis pendekatan, yakni pendekatan satu dimensi dan pendekatan dua dimensi. Pada pendekatan satu dimensi, peubah acak U merupakan fungsi dari T. Diasumsikan hubungan antara T dan U bersifat linier, sehingga:

$$U = K\,T$$

di mana K adalah peubah acak laju pemakaian dan berbeda-beda untuk setiap konsumen.

Oleh karena itu, penerapan analisis garansi dua dimensi dapat diterapkan pada produk sepeda motor, karena perusahaan dapat menentukan umur dan jarak tempuh sepeda motor secara pasti. Perusahaan A menerapkan model garansi *Repair Limit Risk Free Warranty* (Perbaikan Batas Bebas Risiko) untuk produknya sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan biaya garansi dua dimensi dengan pendekatan satu dimensi guna membantu perusahaan dalam menentukan biaya dan masa garansi yang tepat untuk produknya dengan cara yang lebih mudah.. Menurut Bai dan Pham (2005), model tersebut merupakan model dengan adanya batas pada jumlah perbaikan di mana penggantian lebih efektif setelahnya. Selain itu, konsumen juga lebih diuntungkan dengan model garansi ini karena bisa dikompensasi dengan produk baru jika terjadi kasus kegagalan prematur. Sedangkan untuk produsen, tidak hanya meningkatkan insentif pemasaran ekstra, tapi juga mengurangi kemungkinan tuntutan biaya tinggi karena produk dengan terbukti berkualitas buruk.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pola kerusakan sepeda motor berdasarkan umur dan jarak tempuh konsumen menggunakan pendekatan satu dimensi?

2. Bagaimana pola laju pemakaian konsumen sepeda motor perusahaan A?
3. Berapa besar penduga biaya garansi yang harus ditanggung oleh perusahaan per unit sepeda motor berdasarkan kerusakan komponen mesin menggunakan model Perbaikan Batas Bebas Risiko?

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa pola kerusakan mesin sepeda motor berdasarkan umur dan jarak tempuh konsumen
2. Menganalisa pola laju pemakaian konsumen.
3. Menentukan penduga biaya garansi yang harus ditanggung perusahaan per unit sepeda motor berdasarkan kerusakan mesin menggunakan model Perbaikan Batas Bebas Risiko.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai analisis model garansi dua dimensi dengan pendekatan satu dimensi.
2. Memberikan informasi mengenai laju pemakaian konsumen sepeda motor untuk kawasan Trenggalek dan sekitarnya.
3. Memberikan informasi mengenai penduga biaya garansi dua dimensi melalui model Perbaikan Batas Bebas Risiko.

1.5. Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan tercapainya tujuan maka penelitian dibatasi pada:

1. Pengembangan model dan laju pemakaian konsumen didasarkan pada umur dan jarak tempuh (model dua dimensi) menggunakan pendekatan satu dimensi.
2. Penduga biaya garansi hanya didasarkan pada model garansi Perbaikan Batas Bebas Risiko.
3. Semua produk yang digunakan konsumen merupakan produk yang dibeli konsumen dari *dealer* resmi perusahaan A.
4. Tidak mempertimbangkan adanya permasalahan multikolinieritas.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Reliabilitas

Reliabilitas digunakan sebagai ukuran keberhasilan suatu sistem bekerja sebagaimana mestinya dengan baik. Menurut Haryono (1996), reliabilitas didefinisikan sebagai peluang sebuah komponen, subsistem, atau sistem dapat berfungsi dengan baik tanpa mengalami kegagalan dalam kondisi operasional tertentu pada suatu periode tertentu. Sedangkan menurut Johnson (2005), reliabilitas suatu produk dapat diartikan sebagai peluang suatu produk berfungsi dengan baik pada suatu jangka waktu tertentu dalam kondisi tertentu. Analisis reliabilitas menggunakan pendekatan probabilistik, karena tidak diketahui secara pasti kapan produk atau sistem tersebut akan rusak. Hal ini terjadi karena terdapat faktor yang mempengaruhi reliabilitas suatu produk. Penerapan teori reliabilitas dapat membantu untuk memperkirakan peluang komponen, subsistem, atau sistem dapat beroperasi sesuai dengan tujuan yang diinginkan dalam kurun waktu tertentu.

2.2. Hubungan Antara Fungsi Reliabilitas, Fungsi Kepekatan Peluang dan Fungsi Sebaran Kumulatif

Fungsi kepekatan peluang menjelaskan peluang produk baru dapat berfungsi dengan baik pada waktu t.

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, 0 \leq t \leq \infty \qquad (2.1)$$

Fungsi sebaran kumulatif menjelaskan peluang produk dapat berfungsi dengan baik sampai waktu t.

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt. \qquad (2.2)$$

Fungsi reliabilitas menjelaskan peluang suatu produk dapat berfungsi dengan baik setelah jangka waktu t.

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^\infty f(t)\, dt,\ 0 \leq R(t) \leq 1 \qquad (2.3)$$

Hubungan antara fungsi reliabilitas dan fungsi sebaran kumulatif dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)\, dt,\ 0 \leq R(t) \leq 1 \qquad (2.4)$$

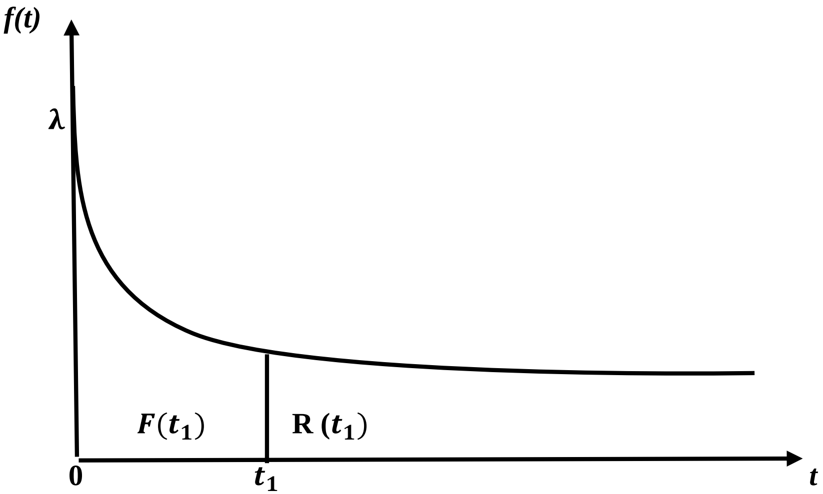
di mana :

$R(t)$ = fungsi reliabilitas.

$F(t)$ = fungsi distribusi kumulatif.

$f(t)$ = fungsi kepekatan peluang.

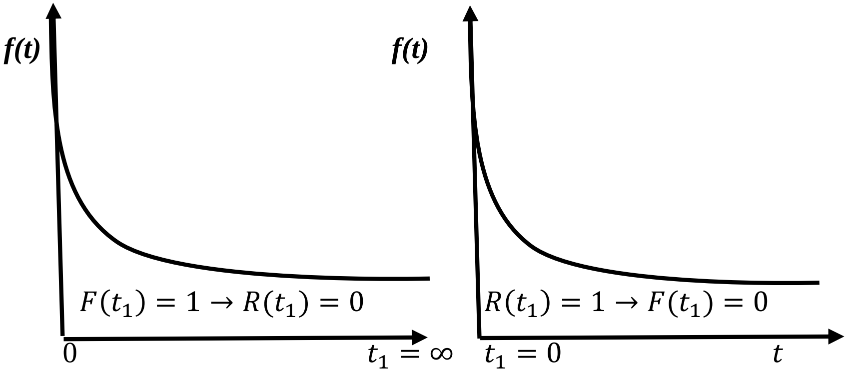
Berdasarkan persamaan 2.1, gambaran lebih jelas tentang hubungan antara $R(t)$, $F(t)$, dan $f(t)$ dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1 yakni sebagai berikut:



Gambar 2.1. Hubungan antara $R(t)$, $F(t)$, dan $f(t)$

Gambar 2.1 memperlihatkan ketika produk masih baru (t=0), peluang produk dapat berfungsi dengan baik ($f(t)$) adalah 1 sehingga dapat dikatakan bahwa produk yang masih baru pasti dapat berfungsi dengan baik. Namun peluang ini akan menurun seiring dengan bertambahnya umur produk.

Ketika $R(t_1)$ bernilai 1, maka produk yang masih baru dikatakan sudah mengalami kerusakan ketika t=0, sehingga $F(t_1)$ juga akan bernilai 0. Begitu pula sebaliknya, dan ketika $F(t_1)$ bernilai 1 maka dapat dikatakan produk dapat berfungsi dengan baik dalam selang waktu yang sangat lama [0,∞) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Hubungan antara $F(t_1)$ dan $R(t_1)$ ketika $t = \infty$.

2.3. Laju Kerusakan

Rusak atau *failure* didefinisikan sebagai kejadian di mana produk tidak dapat berlaku seperti yang disyaratkan. Laju kerusakan adalah suatu besaran yang mengukur kecepatan suatu komponen menjadi rusak per satuan waktu dalam kondisi tertentu (Haryono, 1996). Sedangkan Ross (1987) menyatakan bahwa laju kerusakan adalah peluang mesin atau komponen tidak dapat beroperasi pada periode waktu tertentu. Fungsi laju kerusakan (Elsayed, 1996) adalah:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)}, 0 \leq t \leq \infty \qquad (2.5)$$

di mana:
$\lambda(t)$ = fungsi laju kerusakan pada waktu ke-t.
$f(t)$ = fungsi kepekatan peluang.
$R(t)$ = fungsi reliabilitas pada waktu ke-t.
$F(t)$ = fungsi distribusi kumulatif.

Secara umum laju kerusakan akan menurun pada fase awal, hampir konstan pada fase tengah dan menaik pada fase akhir.

2.4. Rata-Rata Waktu Kerusakan (*Mean Time To Failure*)

Haryono (1996) mengatakan bahwa salah satu ukuran reliabilitas suatu sistem adalah rata-rata waktu sampai rusak. MTTF merupakan rata-rata jangka waktu suatu produk atau komponen dapat berfungsi dengan baik tanpa mengalami kerusakan yakni sebagai nilai harapan waktu hidup ($E(T)$) distribusi tertentu.

$$E(T) = \int_0^\infty R(t)dt. \quad (2.6)$$

2.5. Pengujian Distribusi

Reliabilitas bergantung pada distribusi waktu kerusakan. Bila penduga mengenai distribusi peluang salah, maka hasil yang didapatkan tidak akan tepat. Oleh karena itu, sebelum menentukan tingkat reliabilitas komponen, harus diketahui terlebih dahulu distribusi apa yang sesuai dengan data. Menurut Conover (1999), pengujian distribusi dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi sampel yang tidak diketahui menyebar sesuai dengan distribusi yang ada pada hipotesis.

2.6. Distribusi Weibull

Model distribusi Weibull merupakan salah satu distribusi yang sering digunakan sebagai distribusi umur produk dalam analisis reliabilitas. Seperti halnya distribusi gamma dan eksponensial, distribusi Weibull juga diterapkan pada keandalan dan fenomena kerusakan seperti waktu untuk kegagalan atau umur komponen, diukur dari beberapa waktu yang ditentukan sampai gagal (Walpole, dkk., 2002). Fungsi kepekatan peluang distribusi Weibull dengan parameter a dan b adalah:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{b}{a}\left[\frac{t}{a}\right]^{b-1} Exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right], t \geq 0 \\ 0 \qquad\qquad\qquad\qquad , t < 0 \end{cases} \quad (2.7)$$

di mana:
a = parameter skala, a> 0.
b = parameter bentuk, b> 0.

Jika distribusi kerusakan suatu komponen, subsistem atau sistem mengikuti distribusi Weibull maka:

a. Fungsi reliabilitas distribusi Weibull adalah:

$$R(t) = Exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)\right]^b \quad (2.8)$$

b. Fungsi Sebaran Kumulatif adalah:

$$F(t) = 1 - Exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)\right]^b \quad (2.9)$$

c. Laju kerusakan distribusi Weibull adalah:

$$h(t) = \frac{b}{a}\left[\left(\frac{t}{a}\right)^{b-1}\right] \quad (2.10)$$

d. Rata-rata waktu kerusakan (MTTF) distribusi Weibull adalah:

$$MTTF = a\Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right) \tag{2.11}$$

di mana:

$$\Gamma(m) = \int_0^\infty e^{-x} x^{m-1} dx.$$

2.7. Garansi

Garansi adalah jaminan dari perusahaan terhadap suatu produk apabila mengalami kerusakan dalam jangka waktu tertentu (periode garansi), maka oleh perusahaan produk tersebut akan diganti atau diperbaiki tanpa dikenakan biaya (Elsayed,1996). Patton (2005) menyatakan bahwa garansi dapat berupa perbaikan atau penggantian produk tergantung kebijakan dari perusahaan yang bersangkutan. Perusahaan pada umumnya lebih tertarik untuk memperbaiki produk yang mengalami kerusakan daripada mengganti produk tersebut.

Menurut Murthy (2006), tujuan dari garansi yaitu untuk membentuk perjanjian di antara dua pihak (perusahaan dan konsumen) jika terjadi kerusakan pada suatu produk. Sedangkan menurut Murthy dan Blischke (2005), garansi memberikan tujuan yang berbeda bagi konsumen dan perusahaan. Bagi konsumen, garansi memberikan hak perlindungan ganda (jaminan melawan ketidakpuasan kinerja produk) dan sebagai indikasi mutu dari produk (semakin panjang periode garansi mengindikasikan bahwa produk tersebut lebih dapat dipercaya). Bagi perusahaan, garansi juga memberikan hak promosi ganda (untuk mengkomunikasikan informasi mengenai kualitas produk dan perbedaan dari produk saingannya) dan proteksional (melawan terlalu banyaknya klaim dari konsumen yang tidak layak).

Garansi dapat dilihat dari tiga sudut pandang yang berbeda, pandangan mengenai garansi dari masing-masing sudut pandang yakni:

1. Sudut pandang perusahaan.

Apabila perusahaan menjual produk dengan garansi, maka perusahaan mengeluarkan biaya tambahan yang disebut *warranty cost*. Besarnya biaya garansi tergantung pada bentuk kebijakan garansi dan keandalan produk. Biaya garansi ini akan mempengaruhi perolehan keuntungan perusahaan. Sehingga diperlukan penduga yang akurat dalam menentukan biaya garansi agar biaya garansi yang ditetapkan mampu melayani semua klaim yang terjadi.

Hal-hal penting yang berkaitan dengan garansi dilihat dari sudut pandang perusahaan adalah:

- Penduga biaya garansi.
- Kebijakan garansi yang harus ditawarkan kepada konsumen.
- Pemilihan strategi pelayanan yang optimal untuk mengurangi ekspektasi biaya pelayan garansi.
- Pengurangan biaya pelayanan garansi melalui perancangan dan pengendalian kualitas yang baik selama pembuatan produk.

2. Sudut pandang konsumen.

Dilihat dari sudut pandang konsumen, garansi memiliki dua peranan yakni garansi sebagai penyedia informasi tentang keandalan produk, jika konsumen tidak dapat menilai produk sebelum produk dibeli atau digunakan dan garansi menyediakan jaminan dan perlindungan terhadap produk yang mengalami kerusakan.

3. Sudut pandang pengawas publik.

Dilihat dari sudut pandang pengawas publik, studi garansi sangat penting dalam menetapkan aturan-aturan yang membantu menekan pasar darikeadaan yang tidak kompetitif menjadi keadaan yang kompetitif sehingga menguntungkan bagi pihak perusahaan maupun konsumen.

Dalam analisis reliabilitas, produk dibedakan menjadi dua jenis yakni produk yang dapat diperbaiki dan produk yang tidak dapat diperbaiki. Berbagai macam model garansi telah dikembangkan dan diaplikasikan menurut reliabilitas dan jenis produk. Model garansi untuk produk yang tidak dapat diperbaiki adalah *Pro-Rata Warranty*, *Lump-Sum Rebate*, *Mixed Warranty*, *Free Replacement Warranty*. Sedangkan model-model garansi *Free Repair Warranty*, *Reliability Improvement Warranties*, dan dua model garansi terbaru yakni *Renewable Full Service Warranty* dan *Repair Limit Risk Free Warranty* merupakan model-model garansi untuk produk yang dapat diperbaiki (Wang dan Pham, 2006). Dalam memutuskan model garansi yang akan digunakan, perusahaan harus mempertimbangkan rektifikasi (tindakan yang harus dilakukan) terhadap produk yang rusak. Menurut Murthy dan Blischke (1992) terdapat lima jenis tipe perbaikan dalam rektifikasi terhadap *repairable product*, yaitu :

a) *Repaired Good As New*. Jika kondisi produk yang sudah diperbaiki diasumsikan sama dengan produk baru.
b) *Minimal Repair*. Laju kerusakan produk yang sudah diperbaiki sama dengan laju kerusakan produk sebelum mengalami kerusakan).
c) *Repaired Item Are Different From New (I).* Laju kerusakan produk sesudah perbaikan lebih kecil dari laju kerusakan produk sebelum mengalami kerusakan.
d) *Repaired Item Are Different From New (II).*Laju kerusakan produk setelah perbaikan kedua lebih rendah dari laju kerusakan produk setelah perbaikan pertama.
e) *Imperfect Repair*.Laju kerusakan produk yang sudah diperbaiki, bisa lebih tinggi atau lebih rendah dari laju kerusakan produk sebelum mengalami kerusakan.

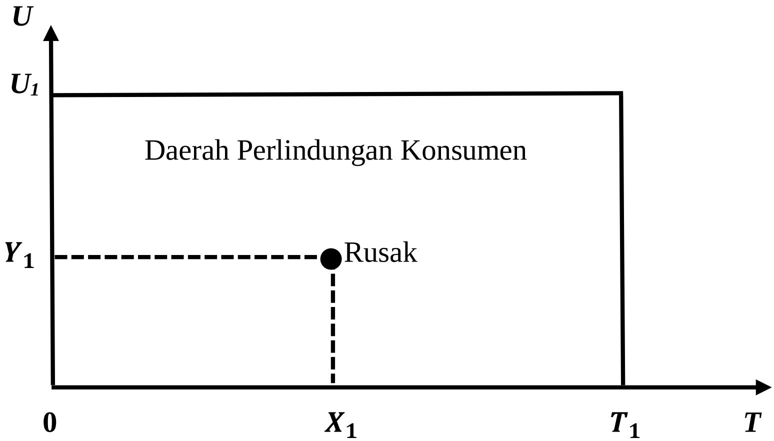
Untuk *Non-repairable product* tindakan rektifikasi yang biasa digunakan hanyalah dengan mengganti produk yang rusak dengan produk baru.

Kebijakan garansi dikelompokkan berdasarkan jumlah peubah yang membatasi periode garansi, yaitu :

1. Kebijakan garansi satu dimensi, jika suatu perusahaan hanya menggunakan satu peubah (umur, frekuensi pemakaian produk, hasil pemakaian produk, dan lain-lain) sebagai pembatas periode garansi.
2. Kebijakan garansi dua dimensi, jika suatu perusahaan menggunakan dua peubah sebagai pembatas garansi. Misalnya, garansi mesin tiga tahun atau pemakaian maksimal 30.000 km (salah satu tercapai lebih dahulu) untuk pembelian produk sepeda motor.

2.8. Pemodelan Kerusakan Produk di Bawah Kebijakan Garansi Dua Dimensi

Kebijakan garansi dua dimensi biasa diterapkan pada perusahaan-perusahaan yang menghasilkan produk-produk otomotif. Kebijakan ini dicirikan oleh daerah garansi pada permukaan dua dimensi dengan sumbu T yang menunjukkan waktu (umur produk) dan sumbu U menjelaskan pemakaian produk. Pemakaian produk adalah suatu peubah yang menjelaskan tingkat penggunaan suatu produk, misal berdasarkan jarak tempuh sepeda motor (kilometer), seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.3. Daerah Garansi Untuk Kebijakan Garansi Dua Dimensi.

Misal X_1adalah umur produk dan Y_1 merupakan jarak tempuh (kilometer) produk saat terjadi kerusakan, maka konsumen dapat melakukan klaim terhadap perusahaan atas kerusakan produk yang terjadi jika X_1<T_1 atau Y_1<U_1.

Dua jenis pendekatan yang dapat digunakan dalam memodelkan kerusakan produk pada kebijakan garansi dua dimensi, yakni pendekatan satu dimensi (*one dimensional approach*) dan pendekatan dua dimensi (*two dimensional approach*).

2.8.1. Pendekatan Satu Dimensi

Pandang T sebagai peubah acak waktu yang menjelaskan lama produk digunakan (umur produk) dan U menjelaskan pemakaian produk misal jarak tempuh sepeda motor (kilometer) pada periode garansi. Pada pendekatan satu dimensi, peubah acak U merupakan fungsi dari T. Diasumsikan hubungan antara T dan U bersifat linier, maka:

$$U = K\,T$$

di mana Kadalah laju pemakaian produk per satuan waktu dan berbeda-beda untuk setiap konsumen. Untuk setiap konsumen laju pemakaian K adalah konstan sepanjang periode garansi. K merupakan peubah acak dengan fungsi distribusi $G(k)$, yakni:

ng dimodelkan dengan peubah acak non-negatif yang mengikuti fungsi distribusi:

$$G(k) = P\{K \leq k\} \tag{2.12}$$

Dengan fungsi kepekatan peluang $g(k)$, yakni:

$$g(k) = \frac{\partial G(k)}{\partial k} \tag{2.13}$$

Kegagalan produk dimodelkan oleh fungsi hazard yang tergantung pada umur dan pemakaian di mana fungsi hazard dinotasikan dengan *$\lambda(t|k)$*.

2.8.2. Pendekatan Dua Dimensi

Dalam pendekatan dua dimensi, kerusakan produk ditunjukkan dengan fungsi distribusi gabungan dua peubah, misal (T_i, U_i) merupakan waktu dan jarak tempuh pada saat kegagalan yang pertama terjadi maka (T_i, U_i) dimodelkan dalam fungsi distribusi dua peubah, yaitu:

$$F(t, k; \theta) \tag{2.14}$$

di mana θ adalah parameter dari fungsi distribusi (Murthy dan Blischke, 1992).

2.9. Pemodelan Kerusakan Produk Dengan Pendekatan Satu Dimensi

Dalam studi garansi, pendekatan satu dimensi merupakan pendekatan yang sering digunakan karena lebih sederhana dibandingkan dengan pendekatan dua dimensi. Estimasi biaya garansi selalu diperlukan oleh perusahaan untuk menentukan harga jual produk. Hal itu dikarenakan biaya garansi merupakan bagian dari harga jual. Untuk mendapatkan estimasi biaya garansi dibutuhkan suatu model yang dapat mempresentasikan kegagalan produk dengan baik. Misal T_i dan U_i menunjukkan umur dan jarak tempuh pemakaian sepeda motor i pada saat mengalami kegagalan yang pertama. Melalui pendekatan satu dimensi, U_i dimodelkan dengan fungsi linier, yaitu:

$$U_i = K\, T_i$$

$$T_i = \frac{U_i}{K}$$

di mana K menggambarkan laju pemakaian produk per satuan waktu sehingga K dimodelkan sebagai variabel acak non-negatif dengan suatu distribusi $g(k)$ dan pasti berbeda untuk setiap konsumen. Dari persamaan di atas, terdapat kemungkinan adanya permasalahan multikolinieritas. Akan tetapi, peneliti menjadikan kemungkinan tersebut sebagai batasan masalah dalam penelitian ini (tidak mempertimbangkan adanya permasalahan multikolinieritas).

Pemodelan kerusakan produk dilakukan dengan menggunakan pendekatan bersyarat. Untuk laju pemakaian tertentu $K = k$, peubah acak waktu kerusakan yang pertama dari sepeda motor i yang dinotasikan dengan T_i dimodelkan oleh fungsi *hazard* bersyarat $\lambda(t_i|k)$. Model kerusakan sepeda motor diasumsikan memiliki bentuk linier, yakni:

$$\lambda(t_i|k) = \theta_0 + \theta_1 t_i + \theta_2 k t_i \quad (2.15)$$

dengan parameter $\theta_0, \theta_1, \theta_2 \geq 0$

Bentuk bersyarat dari fungsi kepekatan peluang, fungsi distribusi kumulatif, dan fungsi reliabilitas masing-masing adalah:

$$f(t_i|k) = (\theta_0 + \theta_1 t_i + \theta_2 k t_i) exp\left[-(\theta_0 t_i + \frac{\theta_1}{2} {t_i}^2 + \frac{\theta_2 r}{2} {t_i}^2)\right] (2.16)$$

$$F(t_i|k) = 1 - exp\left[-\left(\theta_0 t_i + \frac{\theta_1}{2} {t_i}^2 + \frac{\theta_2 r}{2} {t_i}^2\right)\right] \quad (2.17)$$

$$R(t_i|k) = exp\left[-\left(\theta_0 t_i + \frac{\theta_1}{2} {t_i}^2 + \frac{\theta_2 r}{2} {t_i}^2\right)\right] \quad (2.18)$$

Fungsi distribusi kerusakan sepeda motor, yakni:

$$F(T, U; \theta) = \int_0^k F(T|k) g(k) dk + \int_k^\infty F\left(\frac{U}{k}\middle|k\right) g(k) dk \quad (2.19)$$

2.10. Penduga Parameter Model Kerusakan

Dalam pendekatan satu dimensi laju pemakaian K dimodelkan sebagai peubah acak non-negatif dengan fungsi distribusi $G(k)$. Dengan syarat $K = k$, maka kerusakan produk dapat dimodelkan dengan fungsi *hazard* bersyarat λ(t|k). Parameter yang harus diduga adalah parameter dari fungsi *hazard* bersyarat $\lambda(t|k)$.

Penduga parameter distribusi kerusakan menggunakan metode Kemungkinan Maximum (MLE) yang dilakukan berdasarkan data umur serta jarak tempuh semua kendaraan bermotor merek Z yang mengalami kerusakan pertama kali dalam periode garansi dan di luar periode garansi (data tersensor jenis 1).

2.10.1. Data Tersensor Jenis 1

Data tersensor jenis 1 biasa disebut juga data yang tersensor oleh waktu. Ketika sekumpulan produk diuji selama periode waktu tertentu, maka masa hidup setiap produk hanya dapat diketahui dengan tepat jika masa hidup produk kurang dari periode yang telah ditentukan.

Misal terdapat n produk yang diuji, di mana T_i adalah masa hidup produk ke-i dan L_i adalah waktu penyensoran tetap. T_i antar produk diasumsikan saling bebas dan berdistribusi identik dengan fungsi kepekatan peluang $f(t)$ dan fungsi reliabilitas $R(t)$. Maka masa hidup dari unit ke-i (T_i) dapat teramati jika $T_i \leq L_i$. Data demikian dapat ditunjukkan melalui n buah pasangan peubah acak (t_i, δ_i) , di mana:

$$t_i = \min(T_i, L_i)\,; \delta_i = \begin{cases} 1, jika\ T_i \leq L_i \\ 0, jika\ T_i \geq L_i \end{cases}$$

δ_i menunjukkan apakah masa hidup dari unit ke-i (T_i) tersensor atau tidak. Oleh karena itu, $t_i = T_i$ jika data dapat diamati dan $t_i = L_i$ jika data tidak dapat diamati.

Fungsi kepekatan peluang gabungan untuk t_i dan δ_i adalah:

$$f(t_i, \theta)^{\delta_i} R(L_i, \theta)^{1-\delta_i}$$

Jika pasangan (t_i, δ_i)saling bebas, maka fungsi *Likelihood* adalah (Danardono, 2011):

$$L = \prod_{i=1}^{n} f(t_i, \theta)^{\delta_i} R(L_i, \theta)^{1-\delta_i} \qquad (2.20)$$

di mana :

$f(t_i, \theta)$ = fungsi kepekatan peluang unit ke-i dengan $\theta = \theta_1, \dots, \theta_p$ adalah p parameter yang akan diduga.

$R(L_i, \theta)$ = fungsi reliabilitas untuk unit ke-i yang tersensor.

2.10.2. Penduga Parameter Model dengan Metode Kemungkinan Maksimum

Fungsi Likelihood $L(t_i, u_i, 1 \leq i \leq n; \theta)$ adalah:

$$L(\theta) = L(t_i, u_i, 1 \leq i \leq n; \theta) = \prod_{i=1}^{n} f(\, t_i, u_i; \theta) \qquad (2.21)$$

Dengan $f(t, u; \theta)$ adalah fungsi kepekatan peluang yang berhubungan dengan $F(t, u, \theta)$ yakni fungsi distribusi kumulatif.

Misal N merupakan banyaknya sepeda motor yang terjual pada suatu waktu tertentu, perusahaan memberikan kebijakan garansi dua dimensi pada sepeda motor dengan periode garansi:

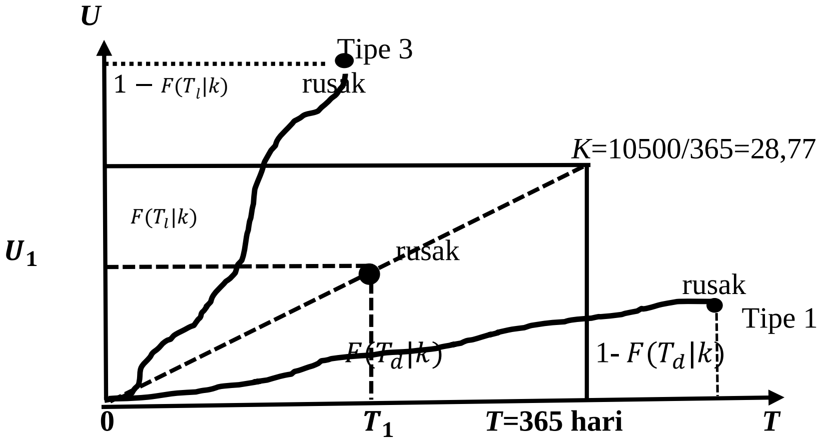
$$\Omega = [0, T] \times [0, U]$$

di mana batas periode garansi adalah T=1 tahun (365 hari) dan U=10.500 km. Misal N_F menyatakan banyaknya unit sepeda motor yang mengalami kerusakan pada periode garansi **Ω** dan (T_i, U_i) adalah umur dan jarak tempuh sepeda motor ke-i ketika terjadi kerusakan pertama maka data yang tersedia untuk menduga parameter adalah:

1. Data umur dan jarak tempuh semua unit sepeda motor yang mengalami kerusakan pertama dalam periode garansi di mana $(t_i, u_i) \in N_F$
2. Data umur dan jarak tempuh semua sepeda motor yang tidak mengalami kerusakan pada periode garansi yang merupakan data sensor jenis 1, yaitu:

$T_i > T$, untuk $k \leq 28{,}77$ $(kerusakan\ tipe\ 1)$atau
$T_i > T_l$, untuk $k \geq 28{,}77$ $(kerusakan\ tipe\ 3)$

Adapun karakteristik kerusakan sepeda motor yakni berupa kerusakan pertama selama periode garansi (kerusakan tipe 1) dan juga kerusakan pertama diluar periode garansi (kerusakan tipe3). Perbedaan antara kerusakan tipe 1 dan tipe 3 ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.4. Perbedaan Karakteristik Kerusakan Produk

Fungsi kemungkinan bersyarat *(conditional likelihood function)* untuk sepeda motor adalah:

$$L(\theta|k) = \prod\left\{[f(t_i|k)k = k_i]^{\delta_i}[R(T, U; \theta|k)]^{1-\delta_i}\right\} \qquad (2.22)$$

di mana:

$$\delta_i = \begin{cases} 1\ jika\ i \in \Omega \\ 0\ jika\ i \notin \Omega \end{cases}$$

Dan

$$R(T,K;\theta|k) = \begin{cases} [1 - F(T|k)]\ jika\ k \leq 28{,}77 \\ \left[1 - F\left(\frac{U}{k}\middle| k\right)\right]\ jika\ k > 28{,}77 \end{cases} \quad (2.23)$$

Di mana $R(T,K;\theta|k)$ adalah peluang sepeda motor tidak mengalami kerusakan selama periode garansi, yakni:

$$R(T,U;\theta) = 1 - F(T,U;\theta)$$

$$R(T,U;\theta) = \int_0^k [1 - F(T|k)]g(k)dk + \int_k^\infty \left[1 - F\left(\frac{U}{k}\middle|k\right)\right] g(k)dk \quad (2.24)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.15) dan (2.17) ke dalam persamaan (2.21), maka fungsi *Likelihood* menjadi:

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^{N_F}\left\{(\theta_0 + \theta_1 t_i + \theta_2 k_i t_i) exp\left[-\left(\theta_0 t_i + \frac{\theta_1}{2} t_i^{\,2} + \frac{\theta_2 k_i}{2} t_i^{\,2}\right)\right]\right\} + \prod_{i=N_F+1}^{N}\left\{\int_0^{28,77} exp\left[-\left(\theta_0 K + \frac{\theta_1}{2}K^2 + \frac{\theta_2 k}{2}K^2\right)\right] g(k)dk + \int_k^\infty exp\ \left[-\ \left(\theta_0 \frac{U}{k} + \frac{\theta_1 U^2}{2k^2} + \frac{\theta_2 U^2}{2k}\right)\right]\ g(k)dk\right\} \quad (2.25)$$

Logaritma natural dari fungsi *Likelihood* adalah sebagai berikut:

$$\mathrm{Ln}\big(L(\theta)\big) = \sum_{i=1}^{N_F}\left\{\ln(\theta_0 + \theta_1 t_i + \theta_2 k t_i) - \left[-\left(\theta_0 t_i + \frac{\theta_1}{2} t_i^{\,2} + \frac{\theta_2 k_i}{2} t_i^{\,2}\right)\right]\right\} + \sum_{i=N_{F+1}}^{N} ln\left\{\int_0^{28,77} exp\left[-\left(\theta_0 K + \frac{\theta_1}{2}K^2 + \frac{\theta_2 k}{2}K^2\right)\right] g(k)dk + \int_k^\infty exp\ \left[-\ \left(\theta_0 \frac{U}{k} + \frac{\theta_1 U^2}{2k^2} + \frac{\theta_2 U^2}{2k}\right)\right]\ g(k)dk\right\} \quad (2.26)$$

2.11. Pemodelan Penduga Biaya Garansi

Ketika konsumen mengajukan klaim garansi kepada *dealer*, maka *dealer* dapat langsung melakukan tindakan perbaikan atau penggantian produk yang rusak, hal ini biasa dilakukan jika *dealer* tersebut merupakan *dealer* resmi. Murthy dan Blischke (1992) mengatakan bahwa setiap klaim garansi yang diajukan oleh konsumen menentukan besar biaya garansi yang harus ditanggung perusahaan yang terdiri dari beberapa jenis biaya:

1. Biaya administrasi
2. Biaya transportasi

3. Biaya penggantian atau perbaikan produk (biaya material dan biaya tenaga kerja)
4. Biaya penanganan produk di pengecer (*dealer*).
5. Biaya penyimpanan produk di perusahaan pusat (*inventory*).

Total biaya garansi setiap unit sepeda motor tergantung pada jumlah kerusakan atau klaim garansi selama periode garansi dan total biaya pelayanan untuk setiap produk yang rusak (biaya pelayanan semua klaim garansi untuk produk selama periode garansi).

Perilaku pemakaian setiap konsumen terhadap sepeda motor pasti berbeda, sehingga menyebabkan kerusakan komponen sepeda motor bersifat acak dan biaya garansi tidak dapat diperkirakan secara pasti. Dengan demikian, biaya garansi untuk sepeda motor yang rusak berbeda-beda, sehingga biaya garansi merupakan suatu kejadian acak.

2.11.1.Model Garansi Perbaikan Batas Bebas Risiko

Dalam penelitian ini digunakan model garansi Perbaikan Batas Bebas Risiko karena mesin sepeda motor merupakan salah satu produk yang dapat diperbaiki. Model garansi Perbaikan Batas Bebas Risiko dengan batas pada jumlah perbaikan, di mana pengganti dianggap lebih efektif setelahnya. Konsumen lebih diuntungkan dengan kebijakan ini daripada dengan kebijakan bebas perbaikan lainnya karena mereka bisa dikompensasi dengan produk baru dalam kasus kegagalan prematur. Adapun perusahaan, tidak hanya menawarkan insentif pemasaran tambahan, tetapi juga mengurangi kemungkinan tuntutan hukum biaya tinggi karena produk dengan "terbukti" kualitas buruk. Beberapa hasil yang bermanfaat dari biaya garansi produk tidak sempurna diperbaiki berasal melalui proses kuasi-pembaharuan disensor (Bai dan Pham, 2005).

Pandang $E[N(T,U)]$sebagai penduga jumlah kerusakan yang terjadi pada periode garansi dan $E[C_S(T,U)]$ sebagai penduga biaya garansi perusahaan:

$$E[N(T,U)] = F(T,U;\theta) * N$$

di mana:

$$F(T,U;\theta) = \int_0^k F(T|k)g(k)dk + \int_k^\infty F\left(\frac{U}{k}\middle|k\right)g(k)dk$$

Dengan demikian penduga seluruh biaya garansi yang harus dibayar oleh perusahaan:

$$E[C_s(T,U)] = c_s + \left[\left\{\int_0^k F(T|k)g(k)dk + \int_k^\infty F(\frac{U}{k}|k)g(k)dk\right\} c_r\right] \quad (2.27)$$

di mana:

C_s = rata-rata biaya garansi untuk setiap unit sepeda motor meliputi biaya: penggantian komponen mesin yang rusak, distribusi produk, penyimpanan, dan semua biaya lain untuk melakukan bisnis.

C_r = rata-rata biaya untuk setiap kali perbaikan mesin.

Besar biaya garansi untuk setiap unit sepeda motor berbeda-beda. Oleh karena itu, dalam penduga biaya garansi juga akan digunakan penduga selang biaya garansi. Untuk mendapatkan penduga selang biaya garansi maka akan ditentukan rata-rata, batas atas, dan batas bawah dari biaya garansi, sehingga rata-rata biaya garansi (C_s)menjadi:

$$c_s = \overline{c_1} \pm l \quad (2.28)$$

di mana:

$$l = Z a/_2 \frac{\sigma_{c_1}}{\sqrt{n}}$$

$\overline{c_1}$ = rata-rata biaya garansi setiap unit sepeda motor.

σ_{c_1} = simpangan baku biaya garansi sepeda motor.

$Za/_2$ = selang kepercayaan distribusi Weibull.

n = banyaknya sampel yang diambil.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Data pada penelitian ini berasal dari data klaim dan data *follow-up*. Data klaim konsumen merupakan data yang didapatkan dari *dealer* resmi sepeda motor merk Z perusahaan A di Kabupaten Trenggalek. Data tersebut merupakan data kerusakan pertama kali pada sepeda motor selama periode garansi yang terdiri dari umur dan jarak tempuh sepeda motor sampai mengalami kerusakan pertama, serta biaya perbaikan untuk menangani klaim konsumen yang disajikan pada Lampiran 1. Data *follow-up* merupakan data sepeda motor yang tidak mengalami kerusakan selama periode garansi yang diambil selama bulan Februari 2017 yang disajikan pada Lampiran 2.Data *follow-up* diperoleh dengan melakukan penelitian di *dealer* resmi. Data klaim dan data *follow-up* digunakan untuk mengetahui distribusi apa yang sesuai dengan laju pemakaian di mana penggunaan data *follow-up* bertujuan agar distribusi laju pemakaian yang didapatkan lebih represetatif dalam menggambarkan pola laju pemakaian sepeda motor.

3.2. Metode Analisis Data

Berikut adalah langkah-langkah dalam dalam penelitian ini:

1. Menghitung laju pemakaian dengan $K = \frac{U}{T}$.

   Laju pemakaian merupakan rasio antara jarak tempuh dengan umur sepeda motor. Data yang digunakan untuk mencari laju pemakaian konsumen berasal dari data gabungan antara data klaim dan *follow-up*.
2. Melakukan pengujian sebaran Weibull dan penduga parameter distribusi laju pemakaian.

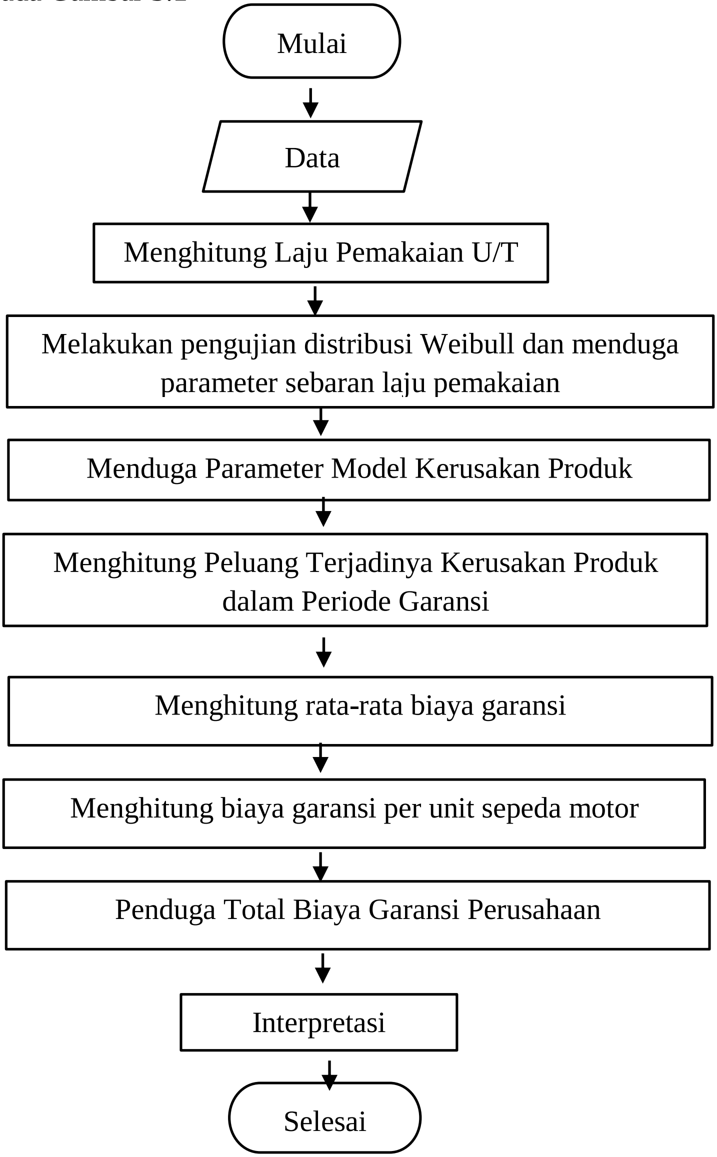
   Hasil perhitungan laju pemakaian selanjutnya diuji distribusi, hal tersebut dilakukan untuk memperoleh model distribusi yang sesuai beserta parameter model distribusinya. Pengujian distribusi laju pemakaian dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Easy Fit versi 5.6 Professional*.

3. Melakukan penduga parameter model kerusakan produk dengan persamaan (2.26).

   Pemodelan kerusakan produk menggunakan pendekatan satu dimensi di mana model kerusakan dimodelkan oleh fungsi *hazard* bersyarat. Untuk mendapatkan penduga parameter model kerusakan, selain dibutuhkan model kerusakan juga dibutuhkan model distribusi laju pemakaian. Penduga parameter distribusi kerusakan dicari dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation,* di mana fungsi *likelihood* diperoleh dengan mengalikan fungsi bersyarat yakni distribusi kegagalan dengan fungsi tidak bersyarat yakni distribusi laju pemakaian. Penduga parameter model kerusakan diperoleh dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Maple 15*. Hasil penduga parameter model kerusakan digunakan untuk mengetahui peluang terjadinya kerusakan sepeda motor.
4. Menghitung peluang kerusakan sepeda motor selama periode garansi menggunakan persamaan (2.19) dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keandalan sepeda motor selama periode garansi, jika nilai peluang kerusakan yang terjadi semakin kecil maka tingkat keandalan sepeda motor semakin baik begitu juga sebaliknya.
5. Penduga biaya garansi per unit sepeda motor dengan model Perbaikan Batas Bebas Risiko menggunakan persamaan (2.27).

   Penduga biaya garansi diperoleh dengan mengalikan peluang terjadinya kerusakan sepeda motor dengan rata-rata biaya klaimnya. Selanjutnya penduga biaya garansi per unit sepeda motor merupakan penjumlahan dari seluruh penduga biaya garansi.

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah *Microsoft Excel 2013*, *Easy Fit versi 5.6 Professional*, *Maple 15* dan perangkat lunak pendukung lain. Sistematika metode penelitian disajikan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. Diagram Alir Analisis.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Laju Pemakaian Sepeda Motor

Ketika konsumen mengajukan klaim kepada perusahaan saat terjadi kerusakan mesin sepeda motor untuk pertama kali dalam periode garansi, perusahaan dapat mengetahui umur sepeda motor (hari) dan jarak tempuh (km). Berdasarkan data klaim, perusahaan juga dapat mengetahui laju pemakaian sepeda motor yang mengalami kerusakan mesin dan mengajukan klaim.

Analisis statistika yang digunakan salah satunya adalah analisis deskriptif. Analisis deskriptif dilakukan untuk melihat pola umum laju pemakaian konsumen sepeda motor di wilayah Kabupaten Trenggalek. Hasil analisis deskriptif untuk laju pemakaian sepeda motor ketika konsumen mengajukan klaim dapat dilihat pada Tabel 4.1 yang selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4.1. Statistika Deskriptif

Peubah	N	Min	Max	Rata-rata	Simpangan Baku
Laju Pemakaian	37	9,73	107,13	32,797	18,633

Berdasarkan Tabel 4.1. dapat diketahui bahwa dari 37 data klaim kerusakan mesin sepeda motor yang terjadi selama periode garansi, rata-rata laju pemakaian sepeda motor saat pertama kali terjadi kerusakan adalah 32,797 km/hari. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa sebagian besar laju pemakaian sepeda motor lebih dari 28,77 km/hari (diperoleh dari standar perusahaan yakni $\frac{U=10.500\ km}{T=365\ hari} = 28,77$ km/hari) sehingga dapat dikatakan bahwa konsumen sepeda motor di wilayah Kabupaten Trenggalek merupakan konsumen yang memiliki laju pemakaian tinggi dengan simpangan baku sebesar 18,633. Dengan kata lain, sekitar 30 dari 37 data klaim kerusakan mesin sepeda motor memiliki laju pemakaian dalam selang antara 32,797 ± 18,633 atau 14,164 sampai 51,43 km/hari.

4.2. Pengujian Distribusi Weibull dan Penduga Parameter Distribusi Weibull

Laju pemakaian sepeda motor merupakan suatu peubah acak, hal ini dikarenakan ketidakmungkinan dari umur dan jarak tempuh sepeda motor sama antara konsumen satu dengan konsumen lainnya. Setiap konsumen diasumsikan memiliki laju pemakaian yang relatif tetap sepanjang periode garansi sehingga laju pemakaian memiliki fungsi kepekatan peluang $g(k)$.

Pengujian distribusi dilakukan terhadap data gabungan laju pemakaian yang berasal dari data klaim dan data *follow-up*. Data laju pemakaian diasumsikan mengikuti distribusi Weibull dengan hipotesis:

H_0 : Distribusi Weibull dapat mendeskripsikan data laju pemakaian

vs

H_1 : Distribusi Weibull tidak dapat mendeskripsikan data laju pemakaian.

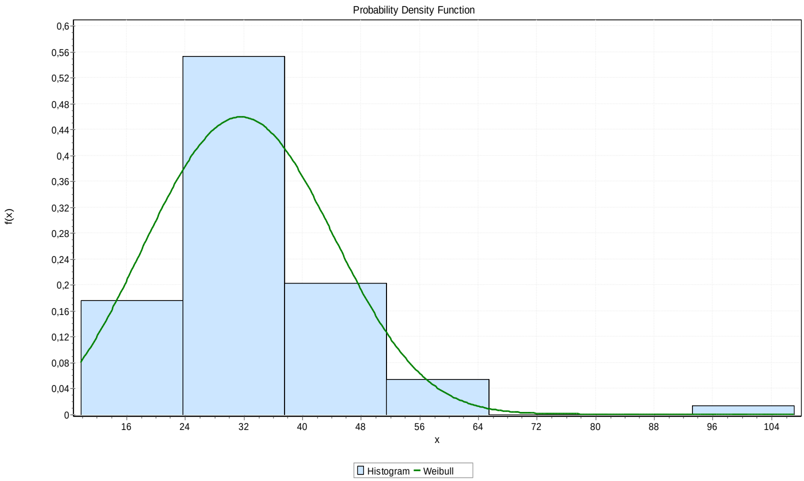
Pada penelitian ini, digunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* untuk mengetahui distribusi apa yang paling sesuai karena data yang digunakan sebanyak 74. Pengujian distribusi data laju pemakaian dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Easy Fit 5.6 Professional* yang hasilnya disajikan pada Lampiran 5 dengan ringkasan hasilnya disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Distribusi Weibull

Distribusi	Kolmogorov-Smirnov		
	Peringkat	Statistik	Nilai-p
Weibull	7	0,1028	0,38843

Distribusi Weibull memiliki nilai-p lebih besar dari taraf nyata 5% sehingga H_0 diterima dan dapat dikatakan bahwa laju pemakaian sepeda motor menyebar secara Weibull dengan parameter skala (a) sebesar 36,043 dan parameter bentuk (b) sebesar 3,0422 yang selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6. Distribusi laju pemakaian ini selanjutnya akan digunakan untuk mendapatkan penduga parameter model kerusakan berdasarkan metode *Maximum Likelihood Estimation.*

Kurva distribusi Weibull dengan parameter skala (a) sebesar 36,043 dan parameter bentuk (b) sebesar 3,0422 disajikan pada Gambar 4.1.



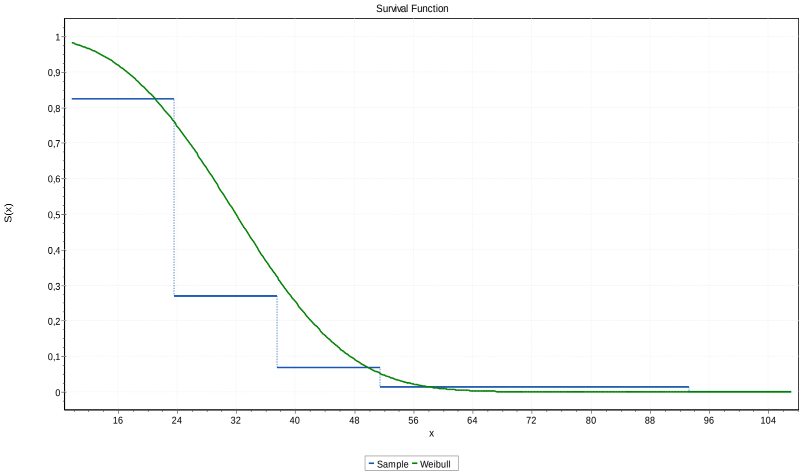
Gambar 4.1. Grafik Kepekatan Peluang Distribusi Weibull Dengan Parameter Skala (a) Sebesar 36,043 Dan Parameter Bentuk (b) Sebesar 3,0422

Pengaruh parameter bentuk dan parameter skala dapat diketahui dari fungsi reliabilitas dan fungsi sebaran kumulatif dari distribusi Weibull. Untuk mendapatkan fungsi reliabilitas dan fungsi sebaran kumulatif digunakan teori yang telah dijelaskan sebelumnya. Berdasarkan persamaan (2.8), maka fungsi reliabilitas dan fungsi distribusi kumulatif Weibull dengan parameter bentuk (b) sebesar 3,0422 dan parameter skala (a) sebesar 36,043 yang disubstitusikan ke dalam persamaan adalah:

$$R(k) = exp\left[-\left(\frac{k}{a}\right)^b\right] = exp\left[-\left(\frac{k}{36{,}043}\right)^{3{,}0422}\right]$$

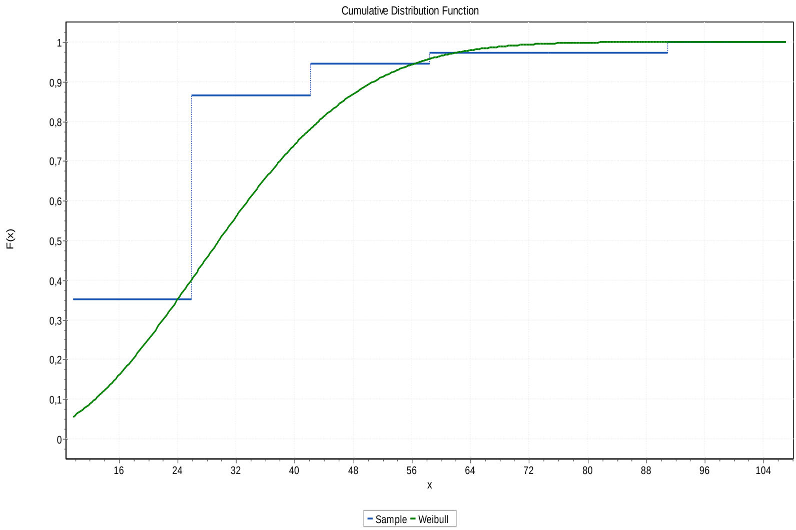
$$F(k) = 1 - exp\left[-\left(\frac{k}{a}\right)^b\right] = 1 - \ exp\left[-\left(\frac{k}{36{,}043}\right)^{3{,}0422}\right]$$

Pada Bab II telah dijelaskan hubungan antara fungsi reliabilitas dan fungsi sebaran kumulatif. Dengan menggunakan fungsi reliabilitas dapat diketahui peluang sepeda motor dapat berfungsi dengan baik setelah laju pemakaian (k) tertentu. Untuk mengetahui peluang sepeda motor dapat berfungsi dengan baik sampai laju pemakaian (k) tertentu digunakan fungsi sebaran kumulatif. Tingkat keandalan sepeda motor dapat berfungsi dengan baik seiring dengan laju pemakaian yang terus bertambah, hal ini dapat diketahui dari bentuk grafik fungsi reliabilitas dan fungsi sebaran kumulatif laju pemakaian konsumen sepeda motor. Grafik fungsi reliabilitas, dan grafik fungsi sebaran kumulatif disajikan pada Gambar 4.2 dan 4.3.



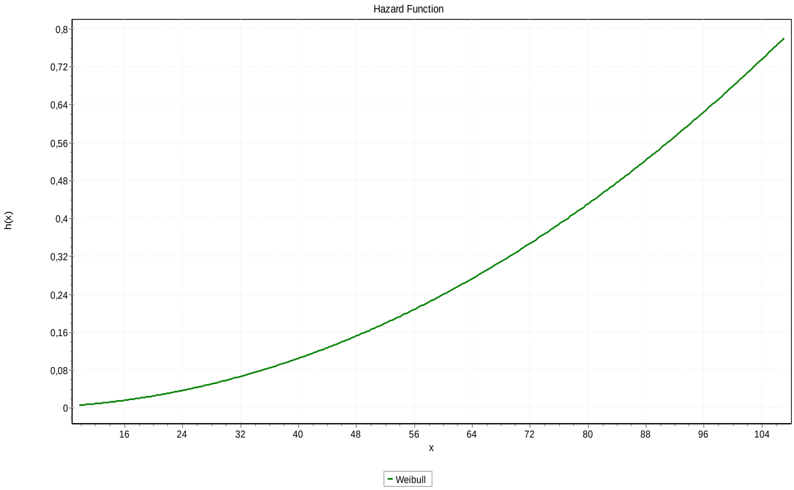
Gambar 4.2. Grafik Fungsi Reliabilitas Sepeda Motor

Gambar 4.2 memperlihatkan grafik fungsi reliabiltas semakin menurun seiring dengan bertambahnya laju pemakaian sepeda motor sehingga dapat dikatakan bahwa peluang terjadinya kerusakan mesin akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya laju pemakaian sepeda motor.



Gambar 4.3. Grafik Fungsi Sebaran Kumulatif Sepeda Motor

Gambar 4.3 memperlihatkan peningkatan grafik sebaran kumulatif seiring bertambahnya laju pemakaian sepeda motor sehingga dapat dikatakan bahwa peluang terjadinya kerusakan mesin akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya laju pemakaian sepeda motor dan tingkat reliabilitas sepeda motor akan semakin menurun seiring dengan laju pemakaian sepeda motor yang terus bertambah. Hal tersebut dikarenakan laju kerusakan mesin sepeda motor akan meningkat seiring dengan bertambahnya laju pemakaian sepeda motor sehingga peluang kerusakan mesin sepeda motor serta peluang pengajuan klaim sepeda motor oleh konsumen akan semakin besar. Grafik laju kerusakan mesin sepeda motor berdasarkan laju pemakaian dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Laju Kerusakan Mesin Sepeda Motor

4.3. Penduga Parameter Model Kerusakan

Penduga parameter model kerusakan adalah tahap penduga dari model yang menjelaskan kerusakan produk. Data yang digunakan untuk penduga parameter adalah data klaim dan distribusi laju pemakaian hasil pengujian distribusi. Dari data klaim, yang digunakan adalah peubah umur dan laju pemakaian pada saat sepeda motor mengalami kerusakan.

Metode *Maximum Likelihood Estimation (MLE)* digunakan untuk menduga parameter model kerusakan. Penduga parameter model diperoleh dengan memaksimumkan persamaan (2.26). Setelah dimaksimumkan dengan menggunakan *ln L*, maka diperoleh penduga parameter dari metode kemungkinan maksimum yaitu dengan mencari turunan pertama dari logaritma parameter-parameter yang akan diduga dan menyamakannya dengan nol. Karena solusi dari persamaan tidak dapat diselesaikan secara analitik, maka diperlukan pendekatan numerik dan dengan bantuan perangkat lunak *Maple 15* didapatkan parameter model kerusakan yakni disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Penduga Parameter Model Kerusakan Mesin Sepeda Motor

Parameter Model Kerusakan	
Parameter	Penduga Nilai Parameter
θ_0	1.94×10^{-8}
θ_1	1.68×10^{-9}
θ_2	6.5×10^{-9}

4.4. Peluang Kerusakan Mesin Dalam Periode Garansi

Penduga jumlah kerusakan mesin sepeda motor yang terjadi selama periode garansi diinterpretasikan sebagai fungsi distribusi dari kerusakan mesin sepeda motor yang juga merupakan fungsi dari waktu yang menjelaskan peluang terjadinya kerusakan mesin dalam periode garansi.

$$g(k) = \frac{3,0422}{36,043} \times \left(\frac{28,77}{36,043}\right)^{3,0422-1} \times e^{-\left(\frac{28,77}{36,043}\right)^{3,0422}}$$

$$F(T|k) = 1 - exp\left[-\left((1.94 \times 10^{-8})(365) + \frac{(1.68 \times 10^{-9})}{2}365^2 + \frac{(6.5 \times 10^{-9})(28,77)}{2}365^2\right)\right]$$

$$F\left(\frac{U}{k}\middle| k\right) = 1 - exp\left[-\left((1.94 \times)10^{-8}\left(\frac{10500}{28,77}\right) + \frac{(1.68 \times 10^{-9})}{2k^2}10500^2 + \frac{(6.5 \times 10^{-9})}{2k}10500^2\right)\right]$$

$$F(T, U; \theta) = \int_0^{28,77} F(T|k)g(k)dk + \int_{28,77}^{\infty} F\left(\frac{U}{k}\middle| k\right)g(k)dk$$

$$F(T, U; \theta) = 0.011$$

Peluang ini menunjukkan bahwa sepeda motor memiliki kemungkinan kecil untuk mengalami kerusakan mesin sebelum periode garansi berakhir. Dan jika dilihat dari tingkat keandalan sepeda motor, maka dapat dikatakan bahwa sepeda motor memiliki tingkat keandalan yang baik. Hal ini merupakan indikator bagi perusahaan untuk terus mempertahankan kualitas produk sepeda motor.

Peluang terjadinya kerusakan pada sepeda motor dapat dilakukan dengan meningkatkan kualitas material, proses produksi maupun inspeksi tidak hanya saat proses produksi berlangsung, tetapi juga pada saat produk telah keluar dari perusahaan, contoh: pada proses pengiriman dan pada saat penyimpanan produk di gudang penyimpanan.

4.5. Penduga Biaya Garansi Yang Ditanggung Perusahaan

Rata-rata biaya kerusakan mesin sepeda motor dapat diketahui dengan cara menghitung rata-rata semua biaya kerusakan mesin untuk setiap unit sepeda motor yang melakukan klaim. Rata-rata biaya garansi berdasarkan data klaim pada Lampiran 1 adalah sebesar Rp.130.450,00. Setelah rata-rata biaya kerusakan mesin sepeda motor diketahui, maka selanjutnya ditentukan batas atas dan batas bawah biaya kerusakan mesin sepeda motor. Nilai k digunakan untuk menghitung selang biaya garansi. Untuk mendapatkan nilai l digunakan nilai α=5% sehingga nilai $Z_{0,025} = 1{,}96$. Dengan nilai σ sebesar 57364 maka nilai l adalah:

$$l = Z_{0.025} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 1.96 \times \frac{57364}{\sqrt{37}} = 18483$$

Hasil perhitungan biaya kerusakan mesin sepeda motor berdasarkan persamaan (2.22) disajikan pada Tabel 4.5

Tabel. 4.5. Biaya Kerusakan Mesin Sepeda Motor

Biaya	Batas Bawah	Rata-rata	Batas Atas
Garansi	Rp. 111.967,-	Rp.130.450,-	Rp.148.933,00

Setelah batas bawah dan batas atas biaya kerusakan mesin sepeda motor ditentukan, maka penduga biaya garansi per unit sepeda motor dapat pula ditentukan. Biaya kerusakan mesin sepeda motor ditambah dengan perkalian antara rata-rata biaya garansi dengan peluang kerusakan mesin menghasilkan penduga biaya garansi untuk setiap unit sepeda motor yang disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel. 4.6. Penduga Biaya Garansi Per Unit Sepeda Motor

Batas Bawah	Rata-rata	Batas Atas
Rp. 113.401,00	Rp.131.884,-	Rp.150.367,00

Jika harga jual setiap unit sepeda motor tanpa biaya garansi adalah sebesar Rp. 13.000.000,00 maka harga jual setiap unit sepeda motor dengan biaya garansi disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Harga Sepeda Motor Dengan Biaya Garansi

Batas Bawah	Rata-rata	Batas Atas
Rp.13.113.401,00	Rp. 13.131.884,00	Rp. 13.150.367,00

Ketika perusahaan ingin menambah keuntungan dengan menjadikan harga jual sepeda motor sebesar Rp. 13.500.000,00 maka persentase penduga biaya garansi terhadap harga jual setiap unit sepeda motor disajikan pada Tabel 4.8

Tabel 4.8. Persentase Biaya Garansi Terhadap Harga Jual Sepeda Motor

Batas Bawah	Rata-rata	Batas Atas
0,84%	0.98%	1,12%

Pada Tabel 4.8 terlihat bahwa persentase biaya garansi terhadap harga jual setiap unit sepeda motor sudah cukup proporsional, karena perusahan memiliki cadangan dana garansi yang cukup untuk menangani setiap klaim yang diajukan konsumen tanpa harus mengalami kerugian. Menurut Murthy dan Blischke (1992), sebagian besar perusahaan akan menjual produk dengan proporsi biaya garansi sebesar 1% sampai 2% dari harga jual produk. Jika persentase biaya garansi lebih dari 2% maka perusahaan akan menaikkan harga jual produk untuk menghindari kerugian akibat cadangan biaya garansi yang besar dan akibatnya harga jual produk terlalu tinggi dan mengakibatkan harga jual produk yang tidak kompetitif. Jika persentase biaya garansi lebih kecil dari 1% maka perusahaan tidak memiliki cadangan dana garansi yang cukup untuk menangani klaim konsumen yang semakin besar dan perusahaan akan mengalami kerugian jika setiap konsumen mengajukan klaim. Jadi, ketika konsumen membeli sepeda motor maka secara tidak langsung konsumen juga telah membayar biaya garansi kepada perusahaan untuk mendapatkan perlindungan selama periode garansi.

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada pendekatan satu dimensi, pola kerusakan sepeda motor dimodelkan dengan fungsi hazard bersyarat di mana fungsi hazard merupakan fungsi dari umur dan laju pemakaian sepeda motor.
2. Berdasarkan hasil pengujian data gabungan dari data klaim konsumen dan data *follow-up*, distribusi Weibull dengan parameter skala (a) sebesar 36,043 dan parameter bentuk (b) sebesar 3,0422 merupakan distribusi yang paling sesuai untuk menggambarkan pola laju pemakaian konsumen sepeda motor.
3. Penduga biaya garansi yang harus ditanggung oleh perusahaan untuk setiap unit sepeda motor adalah sekitar Rp. 113.401,00 sampai Rp.150.367,00. Apabila dibandingkan dengan harga jual sepeda motor sebesar Rp. 13.500.000,00 maka biaya garansi memiliki persentase antara 0,84% sampai 1,12% dari harga jual sepeda motor.

5.2. Saran

Ada beberapa saran yang dapat diberikan pada penelitian ini, yakni:

1. Pencatatan terhadap umur dan jarak tempuh sepeda motor harus lebih teliti lagi agar hasil yang didapat semakin akurat.
2. Pada penelitian ini, peneliti tidak mempertimbangkan adanya permasalahan multikolinieritas sehingga diharapkan pada peneliti lain untuk mengakajinya.
3. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan peneliti lain mengembangkan analisis garansi dua dimensi dengan pendekatan dua dimensi.
4. Model garansi terbaru selain *Repair Limit Risk Free Waranty* adalah *Renewable Full Service Waranty*, maka diharapkan peneliti lain menggunakan model garansi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Bai, J. dan Pham, H. 2005. Repair-Limit Risk-Free Warranty Policies with Imperfect Repair. Online. http://ieeexplore.ieee.org/document/1519022/ diakses pada 13 Desember 2016

Conover, W.J. 1999. *Practical Nonparametric Statistics Third Edition*. John Wiley and Sons, Inc : New York.

Danardono. 2011. Pengantar Analisis Antar Kejadian. Online. http://danardono.staff.ugm.ac.id/matakuliah/paak/PAAK2011.pdf diakses pada 13 Desember 2016

Elsayed, A. 1996. *Reliability Engineering*. Addison Wesley Longman, Inc : New York.

Haryono. 1996. *Model Reliabilitas*. Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. ITS : Surabaya.

Johnson, R. A. 2005. *Probability and Statistics in Engineers Seventh Edition*. Pearson Pretince Hall : London.

Murthy, D.N.P. 2006. Product Warranty and Reliability. Online. http://link.springer.com/article/10.1007/s10479-006-7377-y diakses pada 13 Desember 2016.

Murthy, D.N.P dan Blischke, W.R. 1992. *Product Warranty Management-III: A Review Of Mathematical Models*. Decision System Department University of Southern California : Los Angeles.

Murthy, D.N.P dan Blischke, W.R. 2005. *Warranty Management and Product Manufacture.* Springer Science and Business Media,Inc : London.

Patton, H.W. 2005. *Mining Warranty Data in Manufacturing Industry*. Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering.

Ross, S.M. 1987. *Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientist*. John Wiley and Sons : New York.

Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L.,Ye,K. 2002. *Probability and Statistics For Engineers and Scientists*. Pretince Hall : London.

Wang, H dan Pham, H. 2006. *Reliability and Optimal Maintenance*. Springer Series : London.

Lampiran 1. Data Klaim Konsumen

No	Umur (hari)	Jarak Tempuh (km)	Laju Pemakaian (km/hari)	Biaya (rupiah)
1	42	1687	40,17	165000
2	253	5323	21,04	65000
3	111	3982	35,87	83500
4	141	4371	31,00	96000
5	114	4689	41,13	139000
6	51	1989	39,00	81000
7	270	3233	11,97	158000
8	66	2711	41,08	160000
9	87	2326	26,74	63000
10	340	10332	30,39	69000
11	300	10029	33,43	89000
12	90	1100	12,22	167000
13	265	5075	19,15	76000
14	174	10116	58,14	185000
15	221	9080	41,09	81000
16	24	2571	107,13	75000
17	33	1339	40,58	186000
18	36	406	11,28	58000
19	90	2550	28,33	165000
20	203	3159	15,56	89000
21	66	1579	23,92	157000
22	48	2789	58,10	87000
23	120	1382	11,52	148000
24	29	876	30,21	198000
25	145	1411	9,73	74000
26	211	3002	14,23	142000
27	120	4425	36,88	215000
28	17	619	36,41	85000
29	42	1382	32,90	76000
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
37	87	2300	26,44	185000

Lampiran 2. Data *Follow-up*

No	Umur (hari)	Jarak Tempuh (km)	Laju Pemakaian (km/hari)
1	565	15503	27,44
2	309	11955	38,64
3	380	13982	36,77
4	423	14371	34,01
5	349	14689	42,14
6	420	11989	28,57
7	550	11233	20,41
8	281	12711	45,17
9	355	12326	34,72
10	318	13666	42,93
11	436	11029	25,30
12	458	16829	36,76
13	431	12075	28,04
14	411	10516	25,56
15	497	19080	38,37
16	527	15501	29,43
17	327	13395	40,91
18	385	14069	36,59
19	834	25714	30,82
20	360	13159	36,57
21	333	11579	34,82
22	824	35890	43,53
23	422	11382	26,98
24	532	16876	31,73
25	596	23439	39,33
26	333	13002	39,06
27	540	17115	31,68
28	734	20261	27,60
29	423	11382	26,89
30	379	12627	33,28
:	:	:	:
:	:	:	:
:	:	:	:
37	613	14300	23,31

Lampiran 3.Statistika Deskriptif Data Laju Pemakaian Klaim

Descriptive Statistics

Statistic	Value
Sample Size	37
Range	97,4
Mean	32,797
Variance	347,19
Std. Deviation	18,633
Coef. of Variation	0,56812
Std. Error	3,0632
Skewness	1,8532
Excess Kurtosis	5,9258

Percentile	Value
Min	9,73
5%	11,125
10%	11,88
25% (Q1)	20
50% (Median)	31
75% (Q3)	40,375
90%	58,108
95%	66,423
Max	107,13

Lampiran 4. Statistika Deskriptif Biaya Garansi

Descriptive Statistics

Statistic	Value
Sample Size	37
Range	1,8700E+5
Mean	1,3045E+5
Variance	3,2906E+9
Std. Deviation	57364,0
Coef. of Variation	0,43975
Std. Error	9430,6
Skewness	0,4178
Excess Kurtosis	-1,1605

Percentile	Value
Min	58000
5%	62500,0
10%	68200,0
25% (Q1)	78500
50% (Median)	1,3900E+5
75% (Q3)	1,7600E+5
90%	2,1800E+5
95%	2,3780E+5
Max	2,4500E+5

Lampiran 5. Hasil *Output* Penduga Distribusi Weibull

Goodness of Fit - Summary

Weibull [#59]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size Statistic P-Value Rank	74 0,1028 0,38843 7				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,12247	0,13993	0,15544	0,17382	0,1865
Reject?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Sample Size Statistic Rank	74 1,3731 13				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Reject?	No	No	No	No	No
Chi-Squared					
Deg. of freedom Statistic P-Value Rank	6 6,4305 0,37673 4				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	8,5581	10,645	12,592	15,033	16,812
Reject?	No	No	No	No	No

Lampiran 6. Nilai Parameter Distribusi Weibull

Fitting Results

#	Distribution	Parameters
59	Weibull	α=3,0422 β=36,043

Lampiran 7. Proses Penduga Parameter

> restart;

>

> initial value;

> $a = 0.00000001$

> $b = 0.000000001$

> $c = 0.000000001$

>

> $f := \left(g(r)\cdot\exp\left(-\left(a\cdot K + \frac{b}{2}\cdot K^2 + \frac{c\cdot r}{2}\cdot K^2\right)\right)\right)$

$$f := g(r)\,\mathrm{e}^{-a\,K - \frac{1}{2}\,b\,K^2 - \frac{1}{2}\,c\,r\,K^2}$$

>

> $h := (Int(f, r = 0..28.77))$

$$h := \int_0^{28.77} g(r)\,\mathrm{e}^{-a\,K - \frac{1}{2}\,b\,K^2 - \frac{1}{2}\,c\,r\,K^2}\,\mathrm{d}r$$

> $j := g(r)\cdot\exp\left(-\left(a\cdot\left(\frac{L}{r}\right) + \left(\frac{b\cdot L^2}{2\cdot r^2}\right) + \left(\frac{c\cdot L^2}{2\cdot r}\right)\right)\right)$

$$j := g(r)\,\mathrm{e}^{-\frac{a\,L}{r} - \frac{1}{2}\,\frac{b\,L^2}{r^2} - \frac{1}{2}\,\frac{c\,L^2}{r}}$$

>

> $k := \int j\,\mathrm{d}r$

$$k := \int g(r)\,\mathrm{e}^{-\frac{a\,L}{r} - \frac{1}{2}\,\frac{b\,L^2}{r^2} - \frac{1}{2}\,\frac{c\,L^2}{r}}\,\mathrm{d}r$$

>

$$Ln := \sum_{i=1}^{N_i}\left\{\ln\left(a + b\cdot t_i + c\cdot r_i\cdot t_i\right) - \left[-\left(\left(a\cdot t_i + \frac{b}{2}\cdot t_i^2\right) + \frac{(c\cdot r_i)}{2}\cdot t_i^2\right)\right]\right\} + \sum_{i=N_{i+1}}^{N}\ln(h+k)$$

$$Ln := \left\{N_i \left(\ln\left(c\, r_i\, t_i + b\, t_i + a\right) + \left[a\, t_i + \frac{1}{2}\, b\, t_i^2 + \frac{1}{2}\, c\, r_i\, t_i^2\right]\right)\right\} + \left(N - 1.\, N_{i+1} + 1.\right) \ln\left(\int_{0.}^{28.77000000} g(r)\, \mathrm{e}^{-1.\, a\, K - 0.5000000000\, b\, K^2 - 0.5000000000\, c\, r\, K^2}\, \mathrm{d}r + \int g(r)\, \mathrm{e}^{-\frac{1.\, a\, L}{r} - \frac{0.5000000000\, b\, L^2}{r^2} - \frac{0.5000000000\, c\, L^2}{r}}\, \mathrm{d}r\right)$$

>

> $o := diff(Ln, a)$

$$o := \left\{N_i \left(\frac{1}{c\, r_i\, t_i + b\, t_i + a} + \left[t_i\right]\right)\right\} + \left(\left(N - 1.\, N_{i+1} + 1.\right) \left(\int_{0.}^{28.77000000} \left(-1.\, g(r)\, K\, \mathrm{e}^{-1.\, a\, K - 0.5000000000\, b\, K^2 - 0.5000000000\, c\, r\, K^2}\right) \mathrm{d}r + \int \left(-\frac{1.\, g(r)\, L\, \mathrm{e}^{-\frac{1.\, a\, L}{r} - \frac{0.5000000000\, b\, L^2}{r^2} - \frac{0.5000000000\, c\, L^2}{r}}}{r}\right) \mathrm{d}r\right)\right) \Big/ \left(\int_{0.}^{28.77000000} g(r)\, \mathrm{e}^{-1.\, a\, K - 0.5000000000\, b\, K^2 - 0.5000000000\, c\, r\, K^2}\, \mathrm{d}r + \int g(r)\, \mathrm{e}^{-\frac{1.\, a\, L}{r} - \frac{0.5000000000\, b\, L^2}{r^2} - \frac{0.5000000000\, c\, L^2}{r}}\, \mathrm{d}r\right)$$

> $p := diff(Ln, b)$

$$p := \left\{ N_i \left(\frac{t_i}{c\,r_i\,t_i + b\,t_i + a} + \left[\frac{1}{2}\,t_i^2 \right] \right) \right\} + \left(\left(N - 1.\,N_{i+1} + 1. \right) \left(\int_{0.}^{28.77000000} \left(-0.5000000000\,g(r)\,K^2\,e^{-1.\,a\,K - 0.5000000000\,b\,K^2 - 0.5000000000\,c\,r\,K^2} \right) \mathrm{d}r + \int \left(-\frac{0.5000000000\,g(r)\,L^2\,e^{-\frac{1.\,a\,L}{r} - \frac{0.5000000000\,b\,L^2}{r^2} - \frac{0.5000000000\,c\,L^2}{r}}}{r^2} \right) \mathrm{d}r \right) \right) \Bigg/ \left(\int_{0.}^{28.77000000} g(r)\,e^{-1.\,a\,K - 0.5000000000\,b\,K^2 - 0.5000000000\,c\,r\,K^2}\,\mathrm{d}r + \int g(r)\,e^{-\frac{1.\,a\,L}{r} - \frac{0.5000000000\,b\,L^2}{r^2} - \frac{0.5000000000\,c\,L^2}{r}}\,\mathrm{d}r \right)$$

$> q := diff(Ln, c)$

$$q := \left\{N_i \left(\frac{r_i t_i}{c r_i t_i + b t_i + a} + \left[\frac{1}{2} r_i t_i^2 \right] \right) \right\} + \left(\left(N - 1.\, N_{i+1} + 1.\right) \left(\int_{0.}^{28.77000000} \left(-0.5000000000\, g(r)\, r K^2\, \mathrm{e}^{-1.\, a K - 0.5000000000\, b K^2 - 0.5000000000\, c r K^2} \right) \mathrm{d}r + \int \left(- \frac{0.5000000000\, g(r)\, L^2\, \mathrm{e}^{-\frac{1.\, a L}{r} - \frac{0.5000000000\, b L^2}{r^2} - \frac{0.5000000000\, c L^2}{r}}}{r} \right) \mathrm{d}r \right) \right) \Big/ \left(\int_{0.}^{28.77000000} g(r)\, \mathrm{e}^{-1.\, a K - 0.5000000000\, b K^2 - 0.5000000000\, c r K^2}\, \mathrm{d}r + \int g(r)\, \mathrm{e}^{-\frac{1.\, a L}{r} - \frac{0.5000000000\, b L^2}{r^2} - \frac{0.5000000000\, c L^2}{r}}\, \mathrm{d}r \right)$$

> $subs(g(r) = 0.0322, o)$

$$\left\{ N_i \left(\frac{1}{c\, r_i\, t_i + b\, t_i + a} + [t_i] \right) \right\} + \left(\left(N - 1.\, N_{i+1} + 1. \right) \left(\int_{0.}^{28.77000000} \left(-0.0322\, K\, \mathrm{e}^{-1.\, a\, K - 0.5000000000\, b\, K^2 - 0.5000000000\, c\, r\, K^2} \right) \mathrm{d}r + \int \left(-\frac{0.0322\, L\, \mathrm{e}^{-\frac{1.\, a\, L}{r} - \frac{0.5000000000\, b\, L^2}{r^2} - \frac{0.5000000000\, c\, L^2}{r}}}{r} \right) \mathrm{d}r \right) \right) \Bigg/ \left(\int_{0.}^{28.77000000} 0.0322\, \mathrm{e}^{-1.\, a\, K - 0.5000000000\, b\, K^2 - 0.5000000000\, c\, r\, K^2}\, \mathrm{d}r + \int 0.0322\, \mathrm{e}^{-\frac{1.\, a\, L}{r} - \frac{0.5000000000\, b\, L^2}{r^2} - \frac{0.5000000000\, c\, L^2}{r}}\, \mathrm{d}r \right)$$

> $o = 0.0000000194$

>

> $subs(g(r) = 0.0322, p)$

$$\left\{N_i\left(\frac{t_i}{c\,r_i\,t_i+b\,t_i+a}+\left[\frac{1}{2}\,t_i^2\right]\right)\right\}+\left(\left(N-1.\,N_{i+1}+1.\right)\left(\int_{0.}^{28.77000000}\left(-0.01610000000\,K^2\,\mathrm{e}^{-1.\,a\,K-0.5000000000\,b\,K^2-0.5000000000\,c\,r\,K^2}\right)\mathrm{d}r+\int\left(-\frac{0.01610000000\,L^2\,\mathrm{e}^{-\frac{1.\,a\,L}{r}-\frac{0.5000000000\,b\,L^2}{r^2}-\frac{0.5000000000\,c\,L^2}{r}}}{r^2}\right)\mathrm{d}r\right)\right)\Bigg/\left(\int_{0.}^{28.77000000}0.0322\,\mathrm{e}^{-1.\,a\,K-0.5000000000\,b\,K^2-0.5000000000\,c\,r\,K^2}\,\mathrm{d}r+\int 0.0322\,\mathrm{e}^{-\frac{1.\,a\,L}{r}-\frac{0.5000000000\,b\,L^2}{r^2}-\frac{0.5000000000\,c\,L^2}{r}}\,\mathrm{d}r\right)$$

> $p = 0.00000000168$

>

> $subs(g(r) = 0.0322, q)$

$$\left\{N_i\left(\frac{r_i t_i}{c\, r_i t_i + b\, t_i + a} + \left[\frac{1}{2}\, r_i t_i^2\right]\right)\right\} + \left(\left(N - 1.\, N_{i+1} + 1.\right)\left(\int_{0.}^{28.77000000}\left(\right.\right.\right.$$

$$\left.-0.01610000000\, r\, K^2\, \mathrm{e}^{-1.\, a\, K - 0.5000000000\, b\, K^2 - 0.5000000000\, c\, r\, K^2}\right)\mathrm{d}r + \int\left(\right.$$

$$\left.\left.\left.-\frac{0.01610000000\, L^2\, \mathrm{e}^{-\frac{1.\, a\, L}{r} - \frac{0.5000000000\, b\, L^2}{r^2} - \frac{0.5000000000\, c\, L^2}{r}}}{r}\right)\mathrm{d}r\right)\right) \Big/ \left(\right.$$

$$\int_{0.}^{28.77000000} 0.0322\, \mathrm{e}^{-1.\, a\, K - 0.5000000000\, b\, K^2 - 0.5000000000\, c\, r\, K^2}\,\mathrm{d}r +$$

$$\left.\int 0.0322\, \mathrm{e}^{-\frac{1.\, a\, L}{r} - \frac{0.5000000000\, b\, L^2}{r^2} - \frac{0.5000000000\, c\, L^2}{r}}\,\mathrm{d}r\right)$$

> $q = 0.0000000065$