

MODEL REDUKSI BIAYA GARANSI DUA DIMENSI DENGAN STRATEGI PENGGANTIAN MELALUI PEUBAH ACAK SKALA MULTIPLIKATIF

Lauria Ineke Putri¹⁾, Leopoldus Ricky Sasongko²⁾, Lilik Linawati³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Matematika,

Universitas Kristen Satya Wacana

Jl. Diponegoro 52-60, Salatiga 50711, Jawa Tengah

Email: lauriainekeputri01@gmail.com, leopoldus.sasongko@staff.uksw.edu,
lilik.linawati@staff.uksw.edu

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh model reduksi biaya garansi dua dimensi menjadi satu dimensi dengan strategi penggantian melalui peubah acak skala multiplikatif dan memperoleh pendekatan hasil model biaya yang tereduksi tersebut dengan yang tidak direduksi. Data yang digunakan dalam penelitian ini berkaitan dengan penggantian komponen oil filter mobil pada brand tertentu di suatu dealer mobil. Metode yang digunakan untuk memperoleh ekspektasi banyak kegagalan komponen oil filter mobil adalah metode MeVTI (Mean Value Theorem for Integrals), yang kemudian estimasi biaya garansi dapat diperoleh. Melalui penghitungan taksiran parameter MLE dan tes uji Kologorov-Smirnov, maka hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model distribusi Burr merupakan model distribusi yang memiliki p -value terbesar dibanding dengan model-model distribusi yang lain, artinya model distribusi tersebut dapat memiliki pendekatan terbaik terhadap perilaku data, sehingga model distribusi Burr adalah model yang terpilih, sedangkan melalui penghitungan MSE (Mean Square Error) terhadap ekspektasi banyak kegagalan diperoleh error terkecil adalah model distribusi Lognormal.

Kata Kunci: Garansi Dua Dimensi; MeVTI; MSE; Penggantian; Reduksi; Satu Dimensi; Skala Multiplikatif

1. PENDAHULUAN

Garansi adalah bentuk jaminan yang diberikan produsen kepada konsumen, guna produsen melakukan perbaikan atau penggantian untuk kegagalan produk atau komponen dalam masa garansi. Pemberian garansi pada suatu produk menyebabkan tambahan biaya yang ditanggung oleh produsen, dimana tambahan biaya tersebut ditambahkan pada biaya produksi satu produk yang selanjutnya menjadi harga jual produk yang ditawarkan oleh konsumen (disebut biaya garansi) (Blischke, dkk, 2011; Sasongko, dkk, 2014; Greselda, dkk, 2015). Dalam pemberian garansi produsen perlu memperhatikan faktor-faktor penting seperti, polis dan masa garansi, strategi pembetulan (*rectification*) yang diterapkan pada komponen, ekspektasi banyak kegagalan, serta estimasi biaya pembetulan tiap kegagalan komponen dalam masa garansi (Sasongko, 2014).

Dalam beberapa penelitian seperti pada (Baik dkk, 2004) telah membahas model biaya garansi polis FRW strategi penggantian dan dibahas juga model kegagalan garansi dua dimensi dengan perbaikan minimum yang melibatkan

distribusi bivariat Weibull dan pada (Rohman dkk, 2018) telah membahas model biaya garansi dua dimensi polis FRW, dengan strategi penggantian pada komponen oil filter mobil, yang mana model biaya tersebut melibatkan copula. Salah satu penerapan garansi dua dimensi yaitu pada produk otomotif, contohnya pada suatu komponen mobil. Model biaya garansi dua dimensi melibatkan distribusi bivariat dalam penghitungannya dan untuk memperolehnya sangat rumit, disertai analisis yang sulit pada banyak pilihan model distribusi peluang bivariat (Sasongko, 2014), sehingga diperlukan metode alternatif untuk pendekatan model dalam penghitungan biaya garansi dua dimensi. Tujuan pada penelitian ini untuk memperoleh model biaya garansi dengan strategi penggantian hasil reduksi dua dimensi menjadi satu dimensi melalui peubah acak skala multiplikatif dan memperoleh pendekatan hasil penghitungan biaya garansi melalui model itu dengan model yang tidak direduksi pada data komponen *oil filter* mobil.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh langsung di salah satu *dealer* mobil dan data sekunder yang diperoleh dari penelitian (Rohman dkk, 2018), kedua data tersebut merupakan data komponen *oil filter* mobil.

2.2 Pengolahan Data

Setelah data diperoleh, dilakukan pengolahan data sebagai berikut:

- a. Menghitung umur (hari) dihitung dari tanggal saat reparasi dikurangi dengan reparasi sebelumnya atau dikurangi tanggal beli mobil jika reparasi pertama kali, dan menghitung penggunaan (kilometer) dihitung dari saat reparasi dikurangi dengan kilometer reparasi sebelumnya atau dikurangi kilometer 0 jika reparasi pertama kali komponen *oil filter* mobil.
- b. Transformasi data umur (hari) menjadi satuan tahun dengan membaginya terhadap 360 dan data penggunaan (kilometer) menjadi satuan 10000 kilometer dengan membaginya terhadap 10000 pada komponen *oil filter* mobil.

2.3 Analisis Data

Selanjutnya dilakukan analisis data yang terdiri dari:

- a. Estimasi parameter pada peubah acak skala multiplikatif berdasarkan (Rohman dkk, 2018),

Peubah Acak Skala Multiplikatif

Peubah acak skala multiplikatif dapat dinyatakan oleh

$$V = X_1^{1-a} Y_1^a \quad (1)$$

untuk $0 \leq a \leq 1$. Menurut (Duchesne dkk, 2000) peubah V pada (5) dapat menjadi '*good*' *time scale* dengan mengestimasi parameter a yang meminimumkan sampel koefisien variasinya (*coefficient of variation*; *c.v.*) atau kuadrat *c.v.* yang dinyatakan oleh

$$\widehat{CV}^2[V] = \frac{\widehat{Var}[V]}{\widehat{E}^2[V]} \tag{2}$$

Berdasarkan (Ahammed dkk, 2012) yang membahas model biaya garansi satu dimensi dan sebagai kelanjutan ekspektasi biaya garansi dengan masa garansi $[0, x) \times [0, y)$ seperti pada persamaan berikut

$$E[B(x, y)] = b E[N_2(x, y)] \tag{3}$$

Maka model biaya garansi yang tereduksi untuk masa garansi $[0, v)$.

- b. Estimasi distribusi probabilitas dari peubah acak skala multiplikatif yang diperoleh dengan parameter yang dihasilkan oleh 2.2.a.
- c. Menghitung ekspektasi banyak kegagalan untuk masa garansi $[0, v)$ pada persamaan

$$E[N(v)] = M_1(v) \tag{4}$$

dan

$$M_1(v) = F_V(v) + \int_0^v M_1(v-u) dF_V(u) \tag{5}$$

berdasarkan data (Rohman dkk, 2018), penghitungan ekspektasi pada persamaan (5) diselesaikan dengan menggunakan Metode *Mean Value Theorem For Integral* (MEVTI)

Metode Mean Value Theorem For Integral (MeVTI)

Dengan membagi interval $[0, v)$ sama panjang, yaitu $v_0 = 0 < v_1 < v_2 < \dots < v_n = v$, dimana $v_i = i\Delta v$ untuk $i = 1, 2, \dots, n$ dan $\Delta v = v/n$, dengan menerapkan metode MeVTI di ujung kiri, diperoleh

$$M_1(v) = \sum_{i=1}^n [1 + M_1(v_{i-1})][F_v(v - v_{i-1}) - F_v(v - v_i)] \tag{6}$$

Persamaan diatas digunakan untuk memperoleh ekspektasi banyak kegagalan komponen produk pada masa garansi $[0, v)$, dengan memperoleh satu demi satu $M_1(v_i)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n - 1$, yaitu dari persamaan

$$M_1(v_i) = \sum_{j=1}^i [1 + M_1(v_{j-1})][F_v(v_i - v_{j-1}) - F_v(v_i - v_j)] \tag{7}$$

- d. Membandingkan hasil penghitungan pada 2.2.c dengan yang diperoleh pada (Rohman dkk, 2018),
- e. Melakukan langkah pada 2.2.a sampai dengan 2.2.c untuk data komponen *oil filter*.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Penelitian pada (Rohman dkk, 2018)

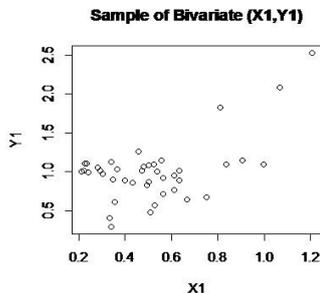
Menurut (Rohman dkk, 2018) data yang dimiliki berdistribusi

$$X_1 \sim Weibull (\hat{\alpha} = 2.6446, \hat{\beta}_1 = 0.5663)$$

dan marginal

$$Y_1 \sim Lognormal (\hat{\mu}_1 = -0.0636, \hat{\sigma}_2 = 0.3761)$$

Setelah dilakukan pengolahan data dan transformasi data maka *scatterplot* dari sampel tersebut disajikan pada Gambar 1.

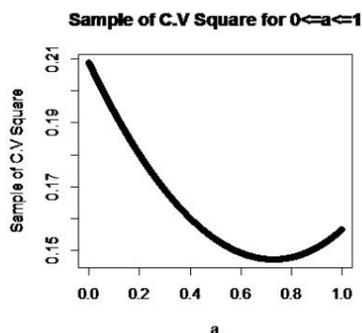


Gambar 1. *Scatterplot* Data (X_1, Y_1) pada (Rohman dkk, 2018)

Gambar 1 adalah *scatterplot* data bivariat (X_1, Y_1) , dimana X_1 menunjukkan umur (satuan tahun) dan Y_1 menunjukkan penggunaan (satuan 10000 kilometer) pada saat kegagalan komponen pertama *oil filter* mobil.

3.2 Estimasi Parameter Peubah Acak Skala Multiplikatif pada (Rohman dkk, 2018)

Estimasi parameter berdasarkan peubah acak skala multiplikatif ini bertujuan untuk mereduksi peubah acak bivariat (X_1, Y_1) menjadi peubah acak (univariat) skala multiplikatif.



Gambar 2. CV^2 dari Sampel V pada Data (Rohman dkk, 2018)

Gambar 2. merupakan CV^2 dari sampel V untuk $0 \leq a \leq 1$, sehingga didapatkan nilai dari estimasi \hat{a} yang meminimumkan CV^2 . Diperoleh \hat{a} dengan nilai 0.7287 dan minimum CV^2 dengan nilai 0.1472.

3.3 Estimasi Distribusi Peubah Acak Skala Multiplikatif dengan MLE dan Uji Kolmogorov-Smirnov Berdasarkan Data (Rohman dkk, 2018)

Pada tahap ini penghitungan dilakukan dengan menggunakan bantuan Program *Easyfit*, beberapa diantara kategori distribusi parametrik tersebut dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Estimasi Parameter dan Uji Kecocokan Kolmogorov-Smirnov berdasarkan Data (Rohman dkk, 2018)

Distribusi Parametrik	Peubah Acak V	
	Parameter	p-value
Burr	$k = 0.6980$	0.5107
	$\alpha = 7.1398$	
	$\beta = 0.7162$	
Gamma	$\alpha = 6.7897$	0.0739
	$\beta = 0.1215$	
Weibull	$\alpha = 3.6259$	0.2409
	$\beta = 0.8829$	
Lognormal	$\sigma = 0.3310$	0.1765
	$\mu = -0.25$	

Berdasarkan Tabel 1, model distribusi Burr adalah model yang memiliki *p-value* terbesar, artinya model distribusi tersebut memiliki pendekatan terbaik sehingga distribusi burr adalah model yang terpilih.

3.4 Ekspektasi Banyak Kegagalan pada Data (Rohman dkk, 2018)

Menurut (Rohman dkk, 2018) ekspektasi banyak kegagalan komponen *oil filter* mobil ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ekspektasi Banyak Kegagalan pada (Rohman dkk, 2018)

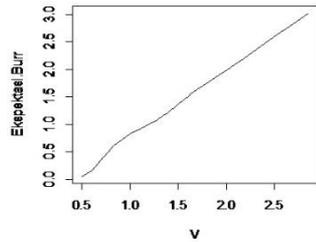
		Batas Penggunaan (10.000km)					
		0.5	1	1.5	2	2.5	3
Batas Umur (Tahun)	0.5	0.0322	0.3144	0.4744	0.5245	0.5391	0.5431
	1	0.0468	0.5662	0.9827	1.2612	1.4276	1.5064
	1.5	0.0471	0.5735	1.0548	1.5180	1.9063	2.1850
	2	0.0471	0.5736	1.0610	1.5541	2.0317	2.4715
	2.5	0.0471	0.5736	1.0610	1.5563	2.0490	2.5361

Selanjutnya, dimisalkan harga untuk komponen *oil filter* adalah Rp. 30.000, – maka Tabel 3 merupakan hasil ekspektasi banyak kegagalan model distribusi Burr dan estimasi biaya garansi pada data (Rohman dkk, 2018), yang mana menunjukkan bahwa ekspektasi banyak kegagalan dan estimasi biaya garansi pada model distribusi burr mengalami peningkatan pada masa garansi tertentu. Dimana, Gambar 3 menunjukkan ekspektasi banyak kegagalan model distribusi burr, sedangkan Gambar 4 merupakan perbandingan data hasil reduksi (garis lurus) dan data yang tidak direduksi (garis bulat). **Tabel 3.** Ekspektasi Banyak Kegagalan dan Estimasi Biaya Garansi

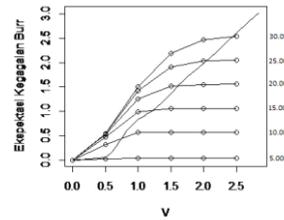
Distribusi Burr Berdasarkan *V* pada (Rohman dkk, 2018)

X_1	Y_1	V	$E[N_1(v)]$	$E[B(v)]$
0.5	0.5	0.5	0.0504	1512
1	0.5	0.6034	0.1641	4923
1.5	0.5	0.6736	0.2924	8772
2	0.5	0.7283	0.4090	1227
2.5	0.5	0.7737	0.5035	15105
0.5	1	0.8286	0.6082	18246
1	1	1	0.8315	24945
1.5	1	1.1163	0.9282	27846
2	1	1.2069	1.0044	30132
2.5	1	1.2822	1.0813	32439
0.5	1.5	1.1134	0.9258	27774
1	1.5	1.3437	1.1540	3462
1.5	1.5	1.5000	1.3726	41178
2	1.5	1.6218	1.5429	46287
2.5	1.5	1.7230	1.6723	50169
0.5	2	1.3731	1.1930	3579
1	2	1.6571	1.5902	47706
1.5	2	1.8498	1.8158	54474
2	2	2	1.9835	59505
2.5	2	2.1248	2.1312	63936

0.5	2.5	1.6155	1.5348	46044
1	2.5	1.9497	1.9259	57777
1.5	2.5	2.1765	2.1961	65883
2	2.5	2.3531	2.4218	72654
2.5	2.5	2.5	2.6040	7812
0.5	3	1.8451	1.8113	54339
1	3	2.2268	2.2596	67788
1.5	3	2.4857	2.5857	77571
2	3	2.6875	2.8267	84801
2.5	3	2.8552	3.0278	90834



Gambar 3. Ekspektasi Kegagalan Distribusi Burr Berdasarkan V pada (Rohman dkk, 2018)



Gambar 4. Perbandingan Data Hasil Reduksi pada Distribusi Burr dengan Hasil yang Tidak Direduksi

Gambar 3 merupakan ekspektasi banyak kegagalan distribusi Burr berdasarkan peubah acak skala multiplikatif, dapat dilihat bahwa ekspektasi tersebut meningkat, sedangkan Gambar 4 merupakan perbandingan data hasil reduksi (garis lurus) dan data yang tidak direduksi (garis bulat). Berdasarkan grafik tersebut terdapat perpotongan pada titik tertentu, sehingga eskpektasi banyak kegagalan setelah direduksi lebih kecil dari yang tidak direduksi pada penggunaan pada kilometer tertentu.

Tabel 4. Hasil MSE berdasarkan Ekspektasi Distribusi Burr dan Ekspektasi pada (Rohman dkk, 2018)

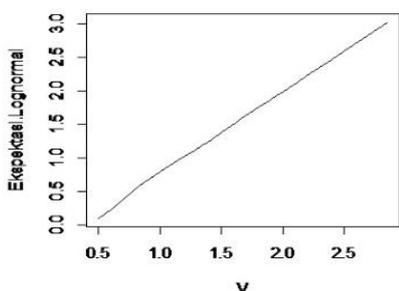
X_1	Y_1	V	$E[(N_2(X_1, Y_1))]$	$E[N_1(v)]$	SE
0.5	0.5	0.5	0.0322	0.0504	0.0003
1	1	1	0.5662	0.8315	0.0704
1.5	1.5	1.5	1.0548	1.3726	0.1010
2	2	2	1.5541	1.9835	0.1844
2.5	2.5	2.5	2.0490	2.6040	0.1844
				MSE	0.1328

Tabel 5. Ekspektasi Banyak Kegagalan dan Estimasi Biaya Garansi Distribusi Lognormal Berdasarkan V pada (Rohman dkk, 2018)

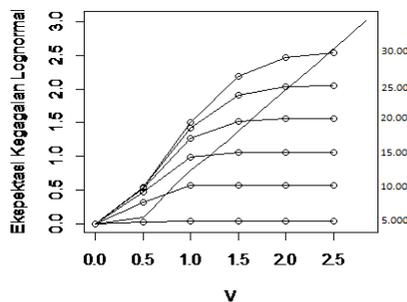
X_1	Y_1	V	$E[N_1(v)]$	$E[B(v)]$
0.5	0.5	0.5	0.0903	2709
1	0.5	0.6034	0.2198	6594
1.5	0.5	0.6736	0.3297	9891
2	0.5	0.7283	0.4197	12591
2.5	0.5	0.7737	0.4920	1476
0.5	1	0.8286	0.5760	1728
1	1	1	0.7983	23949
1.5	1	1.1163	0.9252	27756
2	1	1.2069	1.0229	30687
2.5	1	1.2822	1.1090	3327
0.5	1.5	1.1134	0.9220	2766
1	1.5	1.3437	1.1811	35433
1.5	1.5	1.5000	1.3757	41271
2	1.5	1.6218	1.5280	4584
2.5	1.5	1.7230	1.6543	49629
0.5	2	1.3731	1.2174	36522
1	2	1.6571	1.5729	47187

1.5	2	1.8498	1.8072	54216
2	2	2	1.9884	59652
2.5	2	2.1248	2.1379	64137
0.5	2.5	1.6155	1.5205	45615
1	2.5	1.9497	1.9272	57816
1.5	2.5	2.1765	2.2009	66027
2	2.5	2.3531	2.4165	72495
2.5	2.5	2.5	2.5957	77871
0.5	3	1.8451	1.8024	54072
1	3	2.2268	2.2617	67851
1.5	3	2.4857	2.5775	77325
2	3	2.6875	2.8230	8469
2.5	3	2.8552	3.0268	90804

Berdasarkan Tabel 5, ekpektasi banyak kegagalan dan estimasi biaya garansi pada distribusi Lognormal mengalami peningkatan pada masa garansi tertentu.



Gambar 5. Ekspektasi Kegagalan Distribusi Lognormal Berdasarkan V pada (Rohman dkk, 2018)



Gambar 6. Perbandingan Data Hasil Reduksi pada Distribusi Lognormal dengan Hasil yang Tidak Direduksi

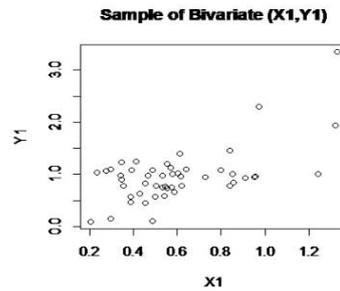
Gambar 5 merupakan ekspektasi kegagalan distribusi Lognormal berdasarkan peubah acak skala multiplikatif, dapat dilihat bahwa ekspektasi tersebut meningkat, sedangkan Gambar 6 merupakan perbandingan data hasil reduksi (garis lurus) dan data yang tidak direduksi (garis bulat). Berdasarkan grafik tersebut terdapat perpotongan pada titik tertentu, sehingga eskpektasi banyak kegagalan setelah direduksi lebih kecil dari yang tidak direduksi pada penggunaan pada kilometer tertentu.

Tabel 6. Hasil MSE berdasarkan Ekspektasi Distribusi Lognormal dan Ekspektasi pada (Rohman dkk, 2018)

X_1	Y_1	V	$E[(N_2(X_1, Y_1))]$	$E[N_1(v)]$	SE
0.5	0.5	0.5	0.0322	0.0903	0.0034
1	1	1	0.5662	0.7983	0.0539
1.5	1.5	1.5	1.0548	1.3757	0.1030
2	2	2	1.5541	1.9884	0.1886
2.5	2.5	2.5	2.0490	2.5957	0.2989
				MSE	0.1295

3. 5. Data Komponen Oil Filter Mobil

Dalam penelitian ini data yang digunakan yaitu data penggantian *oil filter* mobil.

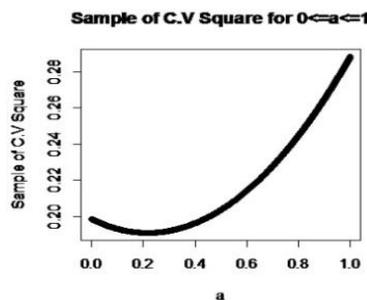


Gambar 7. Scatterplot Data (X_1, Y_1)

Gambar 7 adalah *scatterplot* data bivariat (X_1, Y_1) , dimana X_1 menunjukkan umur (satuan tahun) dan Y_1 menunjukkan penggunaan (satuan 10000 kilometer) pada saat kegagalan komponen pertama *oil filter* mobil.

3. 6. Estimasi Parameter pada Peubah Acak Skala Multiplikatif Komponen Oil Filter Mobil

Estimasi parameter berdasarkan peubah acak skala multiplikatif ini bertujuan untuk mereduksi peubah acak bivariat (X_1, Y_1) menjadi peubah acak (univariat) skala multiplikatif.



Gambar 8. CV^2 dari Sampel V untuk $0 \leq a \leq 1$

Berdasarkan Gambar 8, didapatkan nilai dari estimasi \hat{a} yang meminimumkan CV^2 . Diperoleh \hat{a} dengan nilai 0.2160 dan minimum CV^2 dengan nilai 0.1909.

3. 7. Estimasi Distribusi Peubah Acak Skala Multiplikatif dengan MLE dan Uji Kolmogorov-Smirnov Komponen Oil Filter Mobil

Estimasi distribusi peubah acak skala multiplikatif melalui MLE dan uji Kolmogorov-Smirnov ditampilkan pada Tabel 7

Tabel 7. Hasil Estimasi Parameter dan Uji Kecocokan Kolmogorov-Smirnov

Distribusi Parametrik	Peubah Acak V	
	Parameter	p-value
Burr	$k = 0.9642$	0.9892
	$\alpha = 4.3950$	
	$\beta = 0.5902$	
Lognormal	$\alpha = 0.4183$	0.9121
	$\beta = -0.5138$	
Gamma	$\alpha = 5.2358$	0.6556
	$\beta = 0.1245$	
Weibull	$\sigma = 2.8632$	0.5548
	$\mu = 0.7093$	

Berdasarkan Tabel 7 diatas, model distribusi Burr merupakan model distribusi yang memiliki *p-value* terbesarnya model distribusi tersebut dapat memiliki pendekatan terbaik terhadap perilaku data sehingga distribusi tersebut terpilih.

3. 8. Ekspektasi Banyak Kegagalan dan Estimasi Biaya Garansi

Tahap selanjutnya adalah menghitung ekspektasi banyak kegagalan komponen *oil filter* mobil untuk masa garansi $[0, v]$. Dimisalkan harga untuk komponen *oil filter* adalah Rp. 30.000, – sehingga Tabel 8 merupakan ekspektasi banyak kegagalan dan estimasi biaya garansi untuk masa garansi $[0, v]$ pada distribusi Burr.

Tabel 8. Ekspektasi Banyak Kegagalan dan Estimasi Biaya Garansi Distribusi Burr Berdasarkan V

X_1	Y_1	V	$E[N_1(v)]$	$E[B(v)]$
0.5	0.5	0.5	0.3175	9525
1	0.5	0.8609	0.9267	27801
1.5	0.5	1.1831	1.4118	42354
2	0.5	1.4825	1.8730	56190
2.5	0.5	1.7659	2.3048	69144
0.5	1	0.5808	0.4742	14226
1	1	1	1.1285	33855
1.5	1	1.3742	1.7085	51255
2	1	1.7219	2.2373	67119
2.5	1	2.0511	2.7427	82281
0.5	1.5	0.6339	0.5744	17232
1	1.5	1.0915	1.2676	38028
1.5	1.5	1.5	1.9003	57009
2	1.5	1.8795	2.4795	74385
2.5	1.5	2.2388	3.0284	90852
0.5	2	0.6746	0.6468	19404
1	2	1.1615	1.3772	41316
1.5	2	1.5962	2.0463	61389
2	2	2	2.6647	79941
2.5	2	2.3824	3.2484	97452
0.5	2.5	0.7079	0.7014	21042
1	2.5	1.2189	1.4667	44001
1.5	2.5	1.6750	2.1669	65007
2	2.5	2.0988	2.8145	84435
2.5	2.5	2.5	3.4288	102864
0.5	3	0.7363	0.7470	22410
1	3	1.2678	1.5433	46299
1.5	3	1.7423	2.2695	68085
2	3	2.1831	2.9443	88329
2.5	3	2.6004	3.5816	107448

Berdasarkan Tabel 8, ekspektasi banyak kegagalan dan estimasi biaya garansi pada distribusi Burr mengalami peningkatan pada masa garansi tertentu.

4 SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, didapat kesimpulan bahwa model distribusi Burr merupakan model distribusi yang terpilih sebagai model reduksi biaya garansi dua dimensi menjadi satu dimensi melalui peubah acak skala multiplikatif untuk data komponen *oil filter* mobil. Pendekatan model biaya garansi yang direduksi dengan yang tidak direduksi melalui peubah acak skala multiplikatif pada data (Rohman dkk, 2018) didapatkan model distribusi Burr, dimana pemilihan model distribusi dari kedua data tersebut berdasarkan *p-value* terbesar artinya model distribusi tersebut memiliki pendekatan terbaik terhadap

perilaku data, sedangkan pendekatan model biaya garansi dengan penghitungan MSE (*Mean Square Error*) didapatkan model distribusi Lognormal.

5 DAFTAR PUSTAKA

- Ahammed B, Alam MM. (2012). Forecasting Failure Number Using Warranty Claims in Multiplicative Composite Scale. *Proc Int Conf on Stat Dat Min for Bioinf Heal Argi and Envi*. ISBN:978-984-33-6876-9.
- Baik J, Murthy DNP, Jack N. (2004). Two-Dimensional Failure Modeling Minimal Repair. *Nav Res Log*; **51**:345-362.
- Blischke WR, Karim MR, Murthy DNP. (2011). *Warranty Data Collection and Analysis*. London: Springer.
- Duchesne T, Lawless J. (2000). Alternative Time Scale and Failure Time Models. *Lif Dat Anal*; **6**:157-179.
- Gertsbakh IB, Kordonsky KB. (1993). Choice of the Best Time Scale for System Reliability Analysis. *Eur Jour Op Res* ;**65**:235-246.
- Greselda E, Sasongko LR, Mahatma T. (2015). Model Biaya Garansi Satu Dimensi Polis FRW (*Non-Renewing free Replacement Warranty*). Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UNY. Hal: 223-232, ISBN 978-602-73403-0-5.
- Lawless J, Hu J, Cao J. (1995). Methods for the Estimation of Failure Distributions and Rates from Automobile Warranty Data. *Lif Dat Anal* ;**1**:227-240.
- Rohman N, Mahatma T, Sasongko LR. (2018). Pemodelan Biaya Garansi Dua Dimensi Polis FRW dengan Strategi Penggantian untuk Oil Filter Mobil, *Cartes*; **7**:1-7.
- Sasongko LR. (2014). Copula Untuk Memodelkan Kegagalan Dua Dimensi Pada Produk Bergaransi Dengan Strategi Penggantian. *Tesis*. ITB, Bandung-Indonesia.