

## MODEL STOKASTIK DENGAN PENDEKATAN *GENERALIZED LINEAR MODEL* UNTUK MENGESTIMASI CADANGAN KLAIM *INCURRED BUT NOT REPORTED*

### *Stochastic Model with A Generalized Linear Model Approach to Estimate Claim Reserve Incurred But Not Reported*

Feby Seru<sup>1\*</sup>, Azizah<sup>2</sup>, Agung Dwi Saputro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Prodi Matematika, FMIPA, Universitas Cenderawasih

<sup>3</sup> Prodi Sistem Informasi, FMIPA, Universitas Cenderawasih  
Kampus Baru Jl. Kamp Wolker Waena, Jayapura, 99351, Indonesia

<sup>2</sup> Prodi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Malang  
Jl. Semarang no 5 Lowokwaru, Malang, 65145, Indonesia

Corresponding author e-mail: <sup>1\*</sup> [febyseru.math@gmail.com](mailto:febyseru.math@gmail.com)

#### Abstrak

Salah satu hal yang krusial pada bisnis asuransi adalah menentukan besar cadangan klaim IBNR. Besarnya cadangan klaim IBNR merupakan suatu ketidakpastian sehingga perlu dilakukan estimasi seakurat mungkin. Hasil estimasi cadangan klaim IBNR akan mempengaruhi solvabilitas serta kelangsungan perusahaan tersebut. Untuk menghitung estimasi cadangan klaim IBNR, beberapa pendekatan dilakukan baik secara deterministik maupun stokastik. Penelitian ini menggunakan model stokastik dengan pendekatan GLM untuk data yang diasumsikan berdistribusi ODP. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan 2 metode yang berbeda untuk menghitung estimasi parameter pada model tersebut, yaitu dengan melakukan transformasi parameter dan menggunakan algoritma verbeek. Penelitian ini akan membandingkan hasil estimasi cadangan klaim IBNR yang diperoleh menggunakan kedua metode tersebut dalam mengestimasi parameter pada model. Hasil estimasi yang diperoleh menunjukkan bahwa besarnya nilai cadangan klaim IBNR adalah sama. Kelebihan algoritma verbeek adalah nilai parameter yang dihasilkan memiliki interpretasi.

**Kata Kunci :** ODP, GLM, IBNR, Algoritma Verbeek.

#### Abstract

One of the crucial things in the insurance business is determining the amount of IBNR claim reserves. The amount of IBNR's claim reserves is uncertain so it is necessary to estimate as accurately as possible. The estimation results of IBNR's claim reserves will affect the solvency and sustainability of the company. To calculate the estimated IBNR claim reserves, several approaches are used both deterministically and stochastically. This study uses a stochastic model with the GLM approach for data that is assumed to have an ODP distribution. Besides, this study also uses 2 different methods to calculate parameter estimates in the model, namely by performing parameter transformations and using the Verbeek algorithm. This study will compare the results of the IBNR claim reserve estimation obtained using these two methods in estimating the parameters in the model. The estimation results obtained indicate that the value of the IBNR claim reserves is the same. The advantage of the Verbeek algorithm is that the resulting parameter values have interpretations.

**Keywords:** ODP, GLM, IBNR, Verbeek Algorithm.

#### Article info:

Submitted: 21<sup>st</sup> April 2021

Accepted: 15<sup>th</sup> October 2021

#### How to cite this article:

F. Seru, Azizah, and A. D. Saputro, "MODEL STOKASTIK DENGAN PENDEKATAN *GENERALIZED LINEAR MODEL* UNTUK MENGESTIMASI CADANGAN KLAIM *INCURRED BUT NOT REPORTED*", *BAREKENG: J. Il. Mat. & Ter.*, vol. 15, no. 04, pp. 607-614, Dec., 2021.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).  
Copyright © 2021 Feby Seru, Azizah, Agung Dwi Saputro

## 1. PENDAHULUAN

Permasalahan yang sering ditemui dalam manajemen asuransi adalah menetapkan besarnya total cadangan klaim. Cadangan klaim adalah sejumlah dana yang harus disiapkan oleh perusahaan asuransi untuk membayar klaim-klaim yang terjadi di masa akan datang. Umumnya, pihak perusahaan asuransi telah mengetahui secara pasti nominal klaim yang telah dilaporkan oleh pihak tertanggung, namun berbeda dengan cadangan klaim untuk kasus *Incurred But Not Reported* (IBNR). IBNR adalah suatu kondisi dimana kejadian yang mengakibatkan klaim sudah terjadi, tetapi pihak tertanggung belum melaporkan kejadian tersebut kepada pihak perusahaan asuransi. Hal ini mengakibatkan besarnya nominal klaim IBNR tidak diketahui secara pasti, sehingga pihak perusahaan asuransi harus mengestimasi besarnya nominal klaim tersebut. Keakuratan dalam mengestimasi cadangan klaim sangat penting bagi perusahaan asuransi karena berpengaruh secara langsung terhadap tiga aspek penting di dalam perusahaan asuransi, yaitu: manajemen internal, investor, dan regulator [1].

Salah satu metode yang sering digunakan untuk mengestimasi cadangan klaim IBNR adalah chain ladder. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Mack pada tahun 1993 [2]. Asumsi sederhana yang digunakan pada metode chain ladder adalah bahwa pembayaran klaim akan muncul dengan cara yang sama di setiap *accident year*, yaitu proporsinya meningkat untuk setiap *development year* [3]. Metode chain ladder merupakan metode deterministik sehingga tidak dapat mengukur variabilitas cadangan klaim. Bagi perusahaan asuransi, penting untuk mengetahui variabilitas cadangan klaim sehingga perusahaan dapat mengetahui kemungkinan kecukupan cadangan klaim dengan selang tertentu untuk tingkat keyakinan tertentu. Dengan adanya informasi tambahan tersebut, perusahaan asuransi dapat mengambil kebijakan-kebijakan dengan lebih baik terkait urusan keuangan perusahaan.

Model stokastik menjadi alternatif yang digunakan oleh para aktuaris untuk mengatasi kekurangan dari metode deterministik [4]. Langkah awal yang dilakukan untuk menghitung estimasi cadangan klaim IBNR adalah dengan membangun suatu model yang menghasilkan estimasi terbaik menurut para aktuaris, kemudian menggunakan model tersebut untuk mengestimasi *prediction error* dari model [3]. Model stokastik untuk cadangan klaim IBNR pertamakali diperkenalkan oleh Kremer pada tahun 1982 menggunakan pendekatan *Generalized Linear Model* (GLM) dengan mengasumsikan data berdistribusi Log Normal [5], kemudian dikembangkan oleh Renshaw dan Verall menggunakan distribusi *Over-Dispersed Poisson* (ODP) [6]. Model stokastik dengan pendekatan GLM untuk menghitung cadangan klaim IBNR muncul dan semakin banyak dikembangkan oleh beberapa peneliti diantaranya: Mack dan Venter membandingkan model stokastik untuk data yang diasumsikan berdistribusi ODP dengan metode chain ladder [7], England dan Verral memberikan beberapa model stokastik yang digunakan dalam asuransi umum termasuk model yang menghasilkan estimasi cadangan klaim yang sama dengan chain ladder [8], Taylor mencoba menurunkan volatilitas GLM untuk data yang diasumsikan berdistribusi ODP [9], dan Rahmawati mencari estimasi cadangan klaim IBNR terbaik dengan pendekatan GLM untuk data yang diasumsikan berasal dari distribusi keluarga tweedie, dan diperoleh estimasi terbaik adalah dengan menggunakan model ODP [1].

Pada model stokastik dengan pendekatan GLM untuk data yang diasumsikan berdistribusi ODP, memiliki parameter mean yang bersifat nonlinear sehingga diperlukan teknik-teknik khusus untuk mengestimasi parameter-parameter tersebut. Untuk mengatasi ini, Renshaw dan Verrall melakukan transformasi parameter pada model menggunakan fungsi logaritma sebagai fungsi link sehingga mean memiliki bentuk yang linear [6]. Akan tetapi, kekurangan dari transformasi parameter adalah sulit untuk menginterpretasikan nilai parameter-parameter tersebut [8]. Hal ini menyebabkan perusahaan asuransi kurang dapat menarik informasi penting lainnya. Untuk mengatasi hal ini, Kaas pada tahun 2008 menggunakan metode total marginal dan suatu rumus rekursif berupa algoritma verbeek untuk menghitung estimasi dari parameter tersebut [10].

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung estimasi cadangan klaim IBNR menggunakan model stokastik dengan pendekatan GLM, untuk data yang diasumsikan berdistribusi ODP. Perhitungan estimasi parameter pada model dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu dengan melakukan transformasi parameter dan menggunakan algoritma verbeek, kemudian membandingkan hasil estimasi cadangan klaim IBNR yang diperoleh dari kedua metode tersebut.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Segitiga *Run-Off* dan Cadangan Klaim

Untuk menghitung cadangan klaim, data observasi disajikan dalam bentuk segitiga *run-off*. Data tersebut berupa data *aggregate* baik dalam bentuk data inkremental maupun kumulatif. Misalkan data inkremental besar klaim yang terjadi pada *accident year i* dan dibayarkan pada *development year j*, dinotasikan sebagai  $Y_{i,j}$  dengan  $1 \leq i \leq n$ , dan  $1 \leq j \leq n$ . Nilai  $Y_{i,j}$  untuk  $i + j \leq n + 1$  merupakan data pada segitiga *run-off* yang diketahui, sedangkan untuk  $i + j > n + 1$  merupakan data *future claims* (nilai besar klaim di masa akan datang) yang akan diestimasi.

Tabel 1. Segitiga *run-off* untuk Data Inkremental

Accident Year	Development Year						
	1	2	...	$j$	...	$n - 1$	$n$
1	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	...	$Y_{1,j}$	...	$Y_{1,n-1}$	$Y_{1,n}$
2	$Y_{2,1}$	$Y_{2,2}$	...	$Y_{2,j}$	...	$Y_{2,n-1}$	
...	...	...	...	...	...		
$i$	$Y_{i,1}$	$Y_{i,2}$	...	$Y_{i,j}$			
...	...	...	...				
$n - 1$	$Y_{n-1,1}$	$Y_{n-1,2}$					
$n$	$Y_{n,1}$						

Data kumulatif pada segitiga *run-off* dapat dibentuk dari data inkremental. Misalkan data kumulatif dinotasikan dengan  $C_{i,j}$ , maka:

$$C_{i,j} = \sum_{k=1}^j Y_{i,k} \quad (1)$$

Jadi,  $C_{i,j}$  merupakan besar klaim yang terjadi pada *accident year i* dan telah dibayarkan sampai dengan *development year j*. Data  $C_{i,n}$  disebut juga dengan *ultimate claim*. Sisa utang klaim yang belum dibayarkan (*outstanding claim reserve*) untuk *accident year i* di notasikan dengan  $R_i$  dan definisikan sebagai:

$$R_i = C_{i,n} - C_{i,n+1-i}, \quad 2 \leq i \leq n \quad (2)$$

Total cadangan klaim IBNR untuk semua *accident year i* didefinisikan sebagai:

$$R = \sum_{i=1}^n R_i \quad (3)$$

### 2.2 Generalized Linear Model (GLM) untuk Cadangan Klaim

*Generalized linier model* (GLM) merupakan perluasan dari model regresi linier. Pada GLM, distribusi yang digunakan pada variabel respon tidak hanya berasal distribusi Normal melainkan seluruh distribusi yang termasuk ke dalam distribusi keluarga eksponensial (Binomial, Poisson, Binomial Negatif, Normal, Inverse Gaussian, dan Gamma). Selain itu, transformasi mean dari variabel respon adalah linear terhadap variabel prediktor. GLM penting dalam menganalisis data asuransi karena pada data asuransi, distribusi Normal seringkali tidak terpenuhi [11]. Terdapat tiga komponen utama dalam GLM yaitu [12]:

1. Komponen Stokastik, komponen ini menyatakan bahwa variabel respon merupakan suatu variabel acak yang diasumsikan saling bebas dan berasal dari distribusi keluarga eksponensial dengan  $E(Y_{ij}) = \mu_{ij}$ .
2. Komponen Sistematis, komponen ini merupakan kombinasi linear dari variabel  $X_i$  dengan parameter  $\beta$ :

$$\eta_i = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_n x_{in} \quad (4)$$

3. Fungsi link  $g(\cdot)$ , merupakan suatu fungsi yang menghubungkan nilai ekspektasi dari variabel respon dengan  $\eta_i$ .

$$g(\mu_{ij}) = \eta_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_n x_{in} \quad (5)$$

Model stokastik dengan pendekatan GLM yang digunakan untuk menghitung estimasi cadangan klaim IBNR adalah [13]:

(a) Data inkremental  $Y_{i,j}$  saling bebas dan berdistribusi *Over Dispersed Poisson* (6)

(b)  $E(Y_{i,j}) = \mu_{i,j} = \alpha_i \beta_j$ , dengan  $\sum_{j=1}^n \beta_j = 1$  (7)

Parameter  $\alpha_i$  dan  $\beta_j$  merupakan parameter yang tidak diketahui. Parameter  $\alpha_i$  menyatakan *ultimate claims* pada *accident year i* dan  $\beta_j$  menyatakan proporsi dari *ultimate claims* pada *development year j*.

Untuk mengestimasi parameter pada persamaan (7), maka Renshaw dan Verrall melakukan transformasi menggunakan fungsi logaritma sebagai fungsi link dengan prediktor linear sebagai berikut [6]:

$$\eta_{ij} = c + a_i + b_j \quad (8)$$

Sehingga persamaan (5) menjadi:

$$\log \mu_{i,j} = c + a_i + b_j \quad (9)$$

atau

$$\mu_{i,j} = \exp(c + a_i + b_j) \quad (10)$$

Parameter  $c$  merupakan parameter *intercept* sedangkan parameter  $a_i$  dan  $b_j$  merupakan faktor efek yang mempengaruhi hasil estimasi cadangan klaim dengan  $a_1 = b_1 = 0$ . Parameter-parameter tersebut diestimasi menggunakan metode maksimum likelihood. Estimasi *outstanding claim reserve* untuk setiap *accident year i* adalah:

$$\hat{R}_i = \sum_{j=n+2-i}^n \hat{\mu}_{i,j}, \quad 2 \leq i \leq n \quad (11)$$

Kaas memperkenalkan suatu metode yang berbeda dengan Renshaw dan Verrall dalam mengestimasi parameter pada persamaan (7). Menurut Kaas, jika  $Y_{i,j} \sim \text{Poisson}(\alpha_i \beta_j)$ , maka estimasi parameter  $\alpha_i$  dan  $\beta_j$  menggunakan metode maksimum likelihood menghasilkan nilai yang sama dengan estimasi parameter menggunakan metode total marginal [10]. Pada metode total marginal, jumlahan baris dan jumlahan kolom dari data observasi  $Y_{i,j}$  sama dengan estimasi  $\sum_j \hat{\alpha}_i \hat{\beta}_j$  dan  $\sum_i \hat{\alpha}_i \hat{\beta}_j$ , yaitu:

$$\sum_j \hat{\alpha}_i \hat{\beta}_j = \sum_j Y_{i,j} \quad \text{dan} \quad \sum_i \hat{\alpha}_i \hat{\beta}_j = \sum_i Y_{i,j} \quad (12)$$

Hasil estimasi maksimum likelihood dari parameter  $\alpha_i$  dan  $\beta_j$  dihitung menggunakan algoritma Verbeek dengan langkah sebagai berikut:

**Tabel 2. Total Marginal pada Segitiga Run-off**

Accident Year	Development Year						Total Baris
	1	2	...	l	...	n	
1	$\hat{\alpha}_1 \hat{\beta}_1$	$\hat{\alpha}_1 \hat{\beta}_2$	...	$\hat{\alpha}_1 \hat{\beta}_l$	...	$\hat{\alpha}_1 \hat{\beta}_n$	$B_1$
2	$\hat{\alpha}_2 \hat{\beta}_1$	$\hat{\alpha}_2 \hat{\beta}_2$	...	$\hat{\alpha}_2 \hat{\beta}_l$	...		$B_2$
⋮	⋮	⋮					⋮
l	$\hat{\alpha}_l \hat{\beta}_1$	$\hat{\alpha}_l \hat{\beta}_2$					$B_l$
⋮	⋮						⋮
n	$\hat{\alpha}_n \hat{\beta}_1$						$B_n$
Total Kolom	$K_1$	$K_2$	...	$K_l$	...	$K_n$	

- Berdasarkan baris pertama yaitu  $\sum_{j=1}^n \hat{\alpha}_1 \hat{\beta}_j = B_1$  maka diperoleh  $\hat{\alpha}_1 = B_1$ , karena  $\sum_{j=1}^n \hat{\beta}_j = 1$ . Selanjutnya dari kolom terakhir yaitu  $\hat{\alpha}_1 \hat{\beta}_n = K_n$  diperoleh  $\hat{\beta}_n = \frac{K_n}{B_1}$ .
- Asumsikan bahwa, untuk  $l < n$ , terdapat  $\hat{\beta}_{n-l+2}, \dots, \hat{\beta}_n$  dan  $\hat{\alpha}_i, \dots, \hat{\alpha}_l$  sehingga:

$$\sum_{j=1}^{n-l+1} \hat{\alpha}_l \hat{\beta}_j = B_l \quad \text{atau} \quad \hat{\alpha}_l = \frac{B_l}{1 - \sum_{j=n-l+2}^n \hat{\beta}_j} \quad (13)$$

dan

$$\sum_{i=1}^l \hat{\alpha}_i \hat{\beta}_{n-l+1} = K_{n-l+1} \quad \text{atau} \quad \hat{\beta}_{n-l+1} = \frac{K_{n-l+1}}{\sum_{i=1}^l \hat{\alpha}_i} \quad (14)$$

- Ulangi langkah 2 untuk  $l = 2, \dots, n - 1$

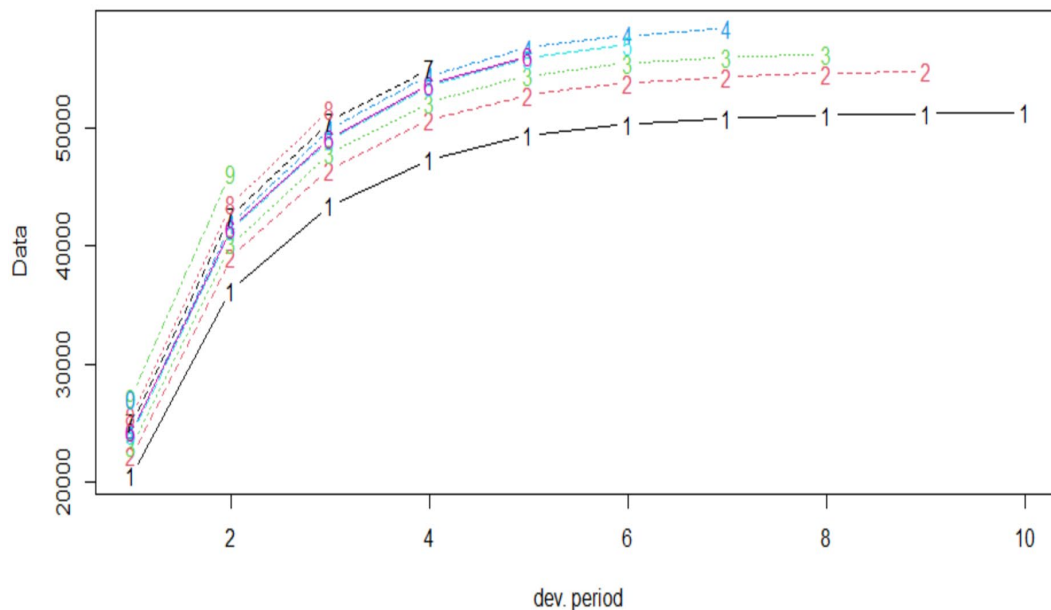
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan data *paid claims* dari seluruh asuransi umum kendaraan pribadi (*private passenger auto liability/medical*) di Amerika Serikat pada tahun 1999-2008 yang digunakan oleh Triana, dkk [14]. Pembayaran klaim dinyatakan dalam USD (000).

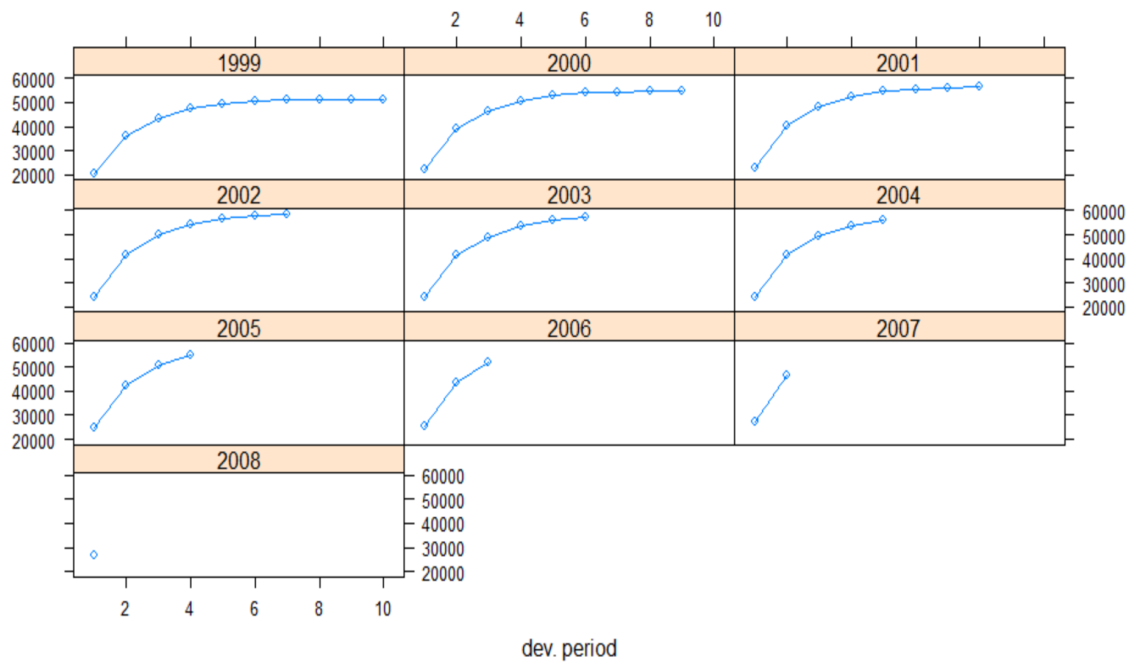
**Tabel 3. Segitiga *run-off* untuk Data Inkremental**

<i>Accident Year</i>	<i>Development Year</i>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20.506	36.268	43.467	47.392	49.454	50.411	50.879	51.146	51.266	51.366
2	22.180	39.076	46.521	50.711	52.888	53.901	54.443	54.709	54.871	
3	23.047	40.194	47.894	52.215	54.512	55.553	56.057	56.331		
4	24.131	41.878	49.966	54.469	56.889	57.955	58.479			
5	24.107	41.413	49.126	53.626	56.002	57.147				
6	24.368	41.512	49.207	53.794	56.143					
7	25.051	42.608	50.571	55.112						
8	25.583	43.589	51.659							
9	27.198	46.283								
10	26.977									

Plot untuk data inkremental pada Tabel 3 dapat dilihat pada Gambar 1, berikut:



**(a) Seluruh *accident year***

(b) Masing-masing *accident year*

Gambar 1. Plot Data Besar Klaim Inkremental

Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa data besar klaim inkremental memiliki *trend* meningkat untuk setiap *development year*. Langkah pertama yang dilakukan untuk mengestimasi cadangan klaim IBNR adalah mengasumsikan data pada Tabel 3 memiliki model seperti pada persamaan (6) dan (7). Untuk menghitung estimasi parameter pada model dilakukan transformasi parameter, sehingga mean pada persamaan (7) ditransformasi menjadi persamaan (10). Perhitungan estimasi parameter dilakukan menggunakan bantuan *software R* [15] dan hasilnya disajikan pada Tabel 4, berikut:

Tabel 4. Hasil Estimasi Parameter

<i>Parameter</i>	Estimasi	Std. Error	<i>Parameter</i>	Estimasi	Std. Error
$\hat{c}$	9,956158	0,003289			
$\hat{a}_2$	0,068721	0,002620	$\hat{b}_2$	0,545029	0,003225
$\hat{a}_3$	0,098700	0,002737	$\hat{b}_3$	0,719248	0,003255
$\hat{a}_4$	0,141332	0,002857	$\hat{b}_4$	0,806909	0,003324
$\hat{a}_5$	0,127858	0,003051	$\hat{b}_5$	0,850550	0,003429
$\hat{a}_6$	0,131418	0,003293	$\hat{b}_6$	0,870238	0,003577
$\hat{a}_7$	0,158312	0,003618	$\hat{b}_7$	0,879780	0,003791
$\hat{a}_8$	0,182063	0,004152	$\hat{b}_8$	0,885074	0,004132
$\hat{a}_9$	0,246282	0,005101	$\hat{b}_9$	0,888231	0,004732
$\hat{a}_{10}$	0,246582	0,007973	$b_{10}$	0,890574	0,006207

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa parameter yang diestimasi berbeda dengan parameter pada persamaan (7) sehingga nilai parameter yang dihasilkan tidak memiliki interpretasi [8]. Estimasi *outstanding claim reserve* untuk setiap *accident year* diperoleh dengan menggunakan persamaan (11) dan hasilnya disajikan pada Tabel 5, berikut:

Tabel 5. Hasil Estimasi *Outstanding Claim Reserve*

<i>Accident Year i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_i$	-	55.020	113.256	177.028	232.404	290.634	356.372	421.615	504.943	551.621

Total estimasi cadangan klaim IBNR diperoleh dengan menggunakan persamaan (3) yaitu sebesar \$2.702.892.000.

Selanjutnya mengestimasi cadangan klaim IBNR menggunakan model stokastik yang sama, tetapi dengan metode yang berbeda dalam mengestimasi parameter. Perhitungan estimasi parameter pada persamaan (7) dilakukan dengan menggunakan algoritma veerbeek dan hasilnya disajikan pada Tabel 6, berikut:

**Tabel 6. Hasil Estimasi Parameter**

$i$	$\hat{\alpha}_i$	$j$	$\hat{\beta}_j$
1	452.155	1	0,046625
2	484.320	2	0,080412
3	499.059	3	0,095716
4	520.795	4	0,104485
5	513.825	5	0,109146
6	515.658	6	0,111316
7	529.714	7	0,112383
8	542.446	8	0,112980
9	578.424	9	0,113337
10	578.598	10	0,113603

Saat menghitung estimasi parameter menggunakan algoritma veerbeek, tidak dilakukan transformasi parameter sehingga nilai parameter yang dihasilkan memiliki interpretasi. Misalkan untuk  $\hat{\alpha}_5$  dan  $\hat{\beta}_{10}$ , artinya sekitar 11,36% dari *ultimate claims* pada tahun 2003 (\$513.825 .000) yaitu \$58.372.000, dibayarkan pada tahun 2012. Berdasarkan Tabel 6, dapat dilihat bahwa proporsi dari *ultimate claims* yang dibayarkan tiap *development year* meningkat. Estimasi *outstanding claim reserve* untuk setiap *accident year* diperoleh dengan menggunakan persamaan (11) dan hasilnya disajikan pada Tabel 7, berikut:

**Tabel 7. Hasil Estimasi Outstanding Claim Reserve**

<i>Accident Year i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_i$	-	55.020	113.256	177.028	232.404	290.634	356.372	421.615	504.943	551.621

Selanjutnya, total estimasi cadangan klaim IBNR diperoleh dengan menggunakan persamaan (3), yaitu sebesar \$2.702.892.000.

#### 4. KESIMPULAN

Pada perhitungan estimasi cadangan klaim IBNR menggunakan model stokastik dengan pendekatan GLM, estimasi parameter yang diperoleh baik menggunakan metode transformasi parameter maupun algoritma verbeek menghasilkan besar cadangan klaim yang sama, yaitu sebesar \$2.702.892.000. Perhitungan estimasi parameter menggunakan algoritma verbeek memiliki kelebihan yaitu nilai parameter yang dihasilkan memiliki interpretasi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Cenderawasih yang telah mendanai penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Rahmawati, I. Darti, dan M. Marjono, "Pencadangan Klaim IBNR dengan Pendekatan Distribusi Keluarga Tweedie pada Generalized Linear Model," *Limits J. Math. Its Appl.*, vol. 16, no. 1, hal. 11, Agu 2019, doi: 10.12962/limits.v16i1.5075.

- [2] T. Mack, "Distribution-free Calculation of the Standard Error of Chain Ladder Reserve Estimates," *ASTIN Bull.*, vol. 23, no. 2, hal. 213–225, Nov 1993, doi: 10.2143/ast.23.2.2005092.
- [3] L. Tee, M. Käärik, dan R. Viin, "On Comparison of Stochastic Reserving Methods with Bootstrapping," *Risks*, vol. 5, no. 1, hal. 2, Jan 2017, doi: 10.3390/risks5010002.
- [4] S. Tuysuz dan P. Pekel, "A Comparison of Stochastic Claims Reserving Methods," *Eur. J. Bus. Manag. Res.*, vol. 4, no. 4, hal. 1–13, 2019, doi: 10.24018/ejbmr.2019.4.4.43.
- [5] E. Kremer, "IBNR-claims and the two-way model of anova," *Scand. Actuar. J.*, vol. 1982, no. 1, hal. 47–55, 1982, doi: 10.1080/03461238.1982.10405432.
- [6] A. E. Renshaw dan R. J. Verrall, "A Stochastic Model Underlying the Chain-Ladder Technique," *Br. Actuar. J.*, vol. 4, no. 4, hal. 903–923, Okt 1998, doi: 10.1017/s1357321700000222.
- [7] T. Mack dan G. Venter, "A comparison of stochastic models that reproduce chain ladder reserve estimates," *Insur. Math. Econ.*, vol. 26, no. 1, hal. 101–107, Feb 2000, doi: 10.1016/S0167-6687(99)00039-6.
- [8] P. D. England dan R. J. Verrall, "Stochastic Claims Reserving in General Insurance," *Br. Actuar. J.*, vol. 8, no. 3, hal. 443–518, Agu 2002, doi: 10.1017/s1357321700003809.
- [9] G. Taylor dan G. McGuire, *Stochastic Loss Reserving Using Generalized Linear Models*, no. 3. CAS MONOGRAPH SERIES, 2016.
- [10] R. Kaas, M. Goovaerts, J. Dhaene, dan M. Denuit, *Modern Actuarial Risk Theory: Using R*, Second. London: New York: Springer, 2008.
- [11] P. De Jong dan G. Z. Heller, *Generalized linear models for insurance data*. Cambridge University Press, 2008.
- [12] Y. Wilandari, S. H. Kartiko, dan A. R. Effendie, "Estimasi Cadangan Klaim Menggunakan Generalized Linear Model (GLM) dan Copula," *J. Gaussian*, vol. 9, no. 4, hal. 411–420, 2020.
- [13] M. V. Wüthrich dan M. Merz, *Stochastic Claims Reserving Methods in Insurance*, 1 ed. Chichester: Wiley, 2008.
- [14] S. Triana, M. Novita, dan S. F. Sari, "The Benktander claim reserving method, combining chain ladder method and Bornhuetter-Ferguson method using optimal credibility," in *Journal of Physics: Conference Series*, Jan 2021, vol. 1725, no. 1, doi: 10.1088/1742-6596/1725/1/012087.
- [15] A. Carrato, F. Concina, M. Gesmann, D. Murphy, M. Wüthrich, dan W. Zhang, "Claims reserving with R: ChainLadder-0.2.11 Package Vignette," hal. 1–60, 2020.