

## **PENERAPAN MODEL KREDIBILITAS BÜHLMANN PADA DATA FREKUENSI KLAIM ASURANSI KENDARAAN BERMOTOR DI INDONESIA YANG BERDISTRIBUSI POISSON-AMARENDRA**

**Aliya Maharani<sup>1\*</sup>, Aceng Komarudin Mutaqin<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia

**\*e-mail** corresponding author: maharanialiya31@gmail.com

---

### **Abstract**

*In determining fair premiums for motor vehicle insurance, accounting for claim frequency overdispersion is crucial. Estimating credibility values requires claim frequency data, which often exhibits overdispersion and must be modeled appropriately. This study aims to model overdispersed claim frequency data using the Poisson–Amarendra distribution and apply the Bühlmann credibility approach to improve the accuracy of premium estimation. Parameter estimation for the Poisson–Amarendra distribution is conducted using the Maximum Likelihood Estimation (MLE) method, and model suitability is evaluated using the Chi-square goodness-of-fit test. The research uses motor vehicle insurance data from PT. X in Indonesia for the year 2019, categorized into eight vehicle types and three regions. The results show that the Poisson–Amarendra distribution fits the claim frequency data for Category 2 in Region 1 and Category 6 in Region 3. The corresponding Bühlmann credibility factors are 0.0029 and 0.0101, respectively. The estimated average claim frequencies for the following period are 0.0029 for Category 2 in Region 1 and 0.0102 for Category 6 in Region 3, equivalent to approximately 46 and 44 expected partial loss claims if the number of policyholders remains constant. It can be seen that both categories have credibility factor values less than 1, indicating a relatively low level of confidence in estimating the average future claim frequency. Therefore, the estimation cannot be entirely based on 2019 data, and additional information is required.*

**Keywords:** Credibility Theory, Bühlmann Credibility, Poisson-Amarendra Distribution

---

### **1. PENDAHULUAN**

Industri otomotif di Indonesia berkembang pesat seiring dengan meningkatnya aktivitas ekonomi dan kepemilikan kendaraan, menjadikannya sektor yang sangat menonjol. Data Korps Lalu Lintas Polri pada Februari 2024 mencatat 160,652,675 unit kendaraan terdaftar, yang menyoroti tingginya ketergantungan mobilitas dan potensi risiko kemacetan serta lingkungan, sepeda motor mendominasi jumlah tersebut dengan 134,181,607 unit, diikuti mobil pribadi sebanyak 19,906,353 unit [1].

Peningkatan jumlah dan keragaman kendaraan bermotor di Indonesia, yang tercatat mencapai ratusan juta unit, secara langsung meningkatkan kepadatan dan potensi risiko fatalitas di jalan raya serta memicu berbagai kerugian finansial yang signifikan bagi pemilik kendaraan, mulai dari kerusakan, kehilangan, hingga biaya yang timbul akibat kecelakaan. Regulasi Otoritas Jasa Keuangan secara eksplisit mewajibkan perusahaan asuransi menggunakan data klaim dan kerugian (risiko) historis sebagai pertimbangan utama dalam menentukan tarif premi [2]. Asuransi kendaraan bermotor berfungsi sebagai instrumen krusial untuk mentransfer risiko dan memberikan perlindungan finansial bagi pemilik kendaraan.

Istilah asuransi dalam bahasa Inggris berasal dari kata “*Insurance*” yang artinya jaminan kerugian yang terjadi dan “*Assurance*” yang artinya menanggung sesuatu yang terjadi [3]. Asuransi kendaraan bermotor diklasifikasikan sebagai asuransi kerugian, yang memberikan tanggungan dan ganti rugi finansial kepada pemilik polis terhadap kerusakan, kehilangan, atau risiko lain pada kendaraan. Pemilik polis berkewajiban membayar sejumlah premi kepada perusahaan asuransi untuk mendapatkan perlindungan tersebut. Namun, penentuan premi yang akurat merupakan masalah krusial bagi perusahaan asuransi. Oleh karena itu, perhitungan premi harus dilakukan secara teliti untuk meminimalkan risiko kerugian perusahaan.

Salah satu pendekatan aktuaria untuk menentukan premi adalah Teori Kredibilitas. Teori kredibilitas pertama kali diusulkan oleh Mowbray pada tahun 1914. Teori ini digunakan untuk memprediksi besarnya premi yang akan diterapkan di masa depan, berdasarkan data pengalaman di masa lalu [4]. Selain itu, teori ini dapat digunakan untuk menghitung premi berdasarkan risiko individual pemegang polis [5]. Dalam teori kredibilitas terdapat pendekatan Akurasi Terbesar (*Greatest Accuracy Credibility*). Salah satu model utama dari pendekatan ini yaitu Model Kredibilitas Bühlmann [6]. Model kredibilitas Bühlmann dapat digunakan untuk memprediksi frekuensi klaim pemegang polis dengan memberikan bobot pada estimasi pengalaman pemegang polis [7].

Model kredibilitas Bühlmann terus dikembangkan dan disempurnakan untuk menghadapi tantangan data klaim modern, terutama masalah overdispersi dan asumsi independensi risiko yang sering dilanggar. Pengembangan terbaru menunjukkan bahwa Model Bühlmann dimodifikasi dengan asumsi distribusi yang lebih fleksibel, seperti yang terlihat dalam studi yang mengasumsikan distribusi Binomial Negatif-Lindley [8] dan asumsi Weibull Count Heterogen [9] keduanya dipilih karena kemampuannya mengatasi overdispersi atau variansi yang tidak seimbang. Penelitian lain menunjukkan bahwa estimator Bühlmann perlu disesuaikan untuk memperhitungkan dependensi risiko antar individu atau Risiko Bersama [10], demi menghasilkan estimasi premi yang lebih baik dan akurat. Oleh karena itu, Model Kredibilitas Bühlmann yang dikembangkan dengan asumsi yang lebih tepat terbukti memberikan akurasi estimasi yang jauh lebih tinggi dan prediksi yang lebih stabil terhadap frekuensi klaim, dibandingkan dengan model yang lebih sederhana.

Pada umumnya, data frekuensi klaim tersebar secara berlebihan atau overdispersi, yaitu kondisi yang memiliki nilai variansi atau ragam yang lebih besar dari nilai rata-rata. Frekuensi klaim yang memiliki masalah overdispersi dapat dimodelkan dengan distribusi campuran. Salah satu contoh distribusi campuran adalah Distribusi Poisson-Amarendra. Distribusi Poisson-Amarendra mempunyai tingkat kecocokan yang lebih baik dalam mengatasi data overdispersi dibandingkan distribusi Poisson, distribusi Poisson-Lindley dan distribusi Poisson-Sujatha [11]. Distribusi Poisson-Amarendra telah diaplikasikan dan menunjukkan tingkat kecocokan model yang baik pada data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor di Indonesia [12].

Frekuensi klaim dengan distribusi Poisson-Amarendra belum pernah diterapkan pada Model Kredibilitas Bühlmann untuk mengatasi data yang mengalami overdispersi. Maka dari itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian ini. Tujuan dalam penelitian ini adalah menerapkan model kredibilitas Bühlmann pada data frekuensi klaim di Indonesia yang berdistribusi Poisson-Amarendra dan menghitung taksiran rata-rata frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor di Indonesia pada periode berikutnya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dengan memperluas aplikasi Model Bühlmann, serta relevansi praktis bagi praktisi aktuarial.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Distribusi Poisson

Distribusi Poisson sering diaplikasikan untuk menghitung peluang suatu kejadian yang diharapkan sangat jarang terjadi dalam waktu dan daerah tertentu [13]. Suatu peubah acak diskrit  $X$  disebut memiliki distribusi Poisson dengan parameter  $\theta$  apabila fungsi massa peluangnya sebagai berikut:

$$P(X = x|\theta) = p_x = \frac{e^{-\theta} \theta^x}{x!}; x = 0, 1, 2, \dots; \theta > 0 \quad (1)$$

Ekspektasi dan varians dari distribusi Poisson memiliki sifat ekuidispersi yaitu:

$$E(X) = \theta \quad (2)$$

$$V(X) = \theta \quad (3)$$

Melalui Persamaan (1) dapat dirumuskan taksiran parameter dari distribusi Poisson menggunakan metode kemungkinan maksimum. Berikut fungsi *log-likelihood* dari distribusi Poisson:

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n P(X = x_i|\theta) = \prod_{i=1}^n \frac{e^{-\theta} \theta^{x_i}}{x_i!} \\ l(\theta) = \ln L(\theta) = -n\theta + \sum_{i=1}^n x_i \ln(\theta) - \sum_{i=1}^n x_i \ln(x_i!) \quad (4)$$

Berdasarkan Persamaan (4) diperoleh penaksir kemungkinan maksimum untuk parameter  $\theta$  dari distribusi Poisson merupakan rata-rata sampelnya, yaitu:

$$\hat{\theta} = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

### 2.2 Distribusi Amarendra

Fungsi densitas peluang dari peubah acak  $X$  berdistribusi Amarendra adalah sebagai berikut [14]:

$$f(x; \alpha) = \frac{\alpha^4}{\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6} (1 + x + x^2 + x^3) e^{-\alpha x}; x > 0, \alpha > 0 \quad (6)$$

Ekspektasi dan varians dari distribusi Amarendra masing-masing adalah sebagai berikut:

$$E(X) = \frac{\alpha^3 + 2\alpha^2 + 6\alpha + 24}{\alpha(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)} \quad (7)$$

$$V(X) = \frac{\alpha^6 + 4\alpha^5 + 18\alpha^4 + 96\alpha^3 + 72\alpha^2 + 96\alpha + 144}{\alpha^2(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)^2} \quad (8)$$

## 2.3 Distribusi Poisson-Amarendra

Fungsi massa peluang marginal peubah acak  $X$  distribusi Poisson-Amarendra adalah:

$$p_x = P(X = x) = \int_0^\infty P(x|\theta) f(\theta; \alpha) d\theta = \int_0^\infty \frac{e^{-\theta} \theta^x}{x!} \cdot \frac{\alpha^4}{\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6} (1 + \theta + \theta^2 + \theta^3) e^{-\alpha\theta} d\theta$$

$$p_x = P(X = x) = \frac{\alpha^4}{\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6} \cdot \left[ \frac{[x^3 + (\alpha + 7)x^2 + (\alpha^2 + 5\alpha + 15)x + (\alpha^3 + 4\alpha^2 + 7\alpha + 10)]}{(\alpha + 1)^{x+4}} \right]$$

$$; x = 0, 1, 2, \dots; \alpha > 0$$
(9)

Rumus ekspektasi dan varians dari distribusi Poisson-Amarendra adalah sebagai berikut:

$$E(X) = \frac{\alpha^3 + 2\alpha^2 + 6\alpha + 24}{\alpha (\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)} \quad (10)$$

$$V(X) = \frac{\alpha^7 + 4\alpha^6 + 14\alpha^5 + 58\alpha^4 + 144\alpha^3 + 156\alpha^2 + 240\alpha + 144}{\alpha^2 (\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)^2} \quad (11)$$

## 2.4 Penaksiran Parameter Distribusi Poisson-Amarendra

Parameter yang ditaksir dalam distribusi Poisson-Amarendra adalah  $\alpha$ . Metode yang digunakan dalam menaksir parameter tersebut adalah metode kemungkinan maksimum. Fungsi *log-likelihood* dari distribusi Poisson-Amarendra:

$$l(\alpha) = \ln L(\alpha)$$

$$= \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{4\ln\alpha - \ln(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6) + \ln[x_i^3 + (\alpha + 7)x_i^2 + (\alpha^2 + 5\alpha + 15)x_i + (\alpha^3 + 4\alpha^2 + 7\alpha + 10)] - (x_i + 4)\ln(\alpha + 1)}{\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6} \right\}$$

$$= 4n\ln\alpha - n\ln(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6) + \sum_{i=1}^n \ln[x_i^3 + (\alpha + 7)x_i^2 + (\alpha^2 + 5\alpha + 15)x_i + (\alpha^3 + 4\alpha^2 + 7\alpha + 10)] - \ln(\alpha + 1) \sum_{i=1}^n (x_i + 4)$$

Pada metode kemungkinan maksimum tidak diperoleh solusi analitik untuk menaksir parameter  $\alpha$  dari distribusi campuran Poisson-Amarendra. Solusi lain dapat menggunakan metode iterasi Newton-Raphson. Untuk menjalankan persamaan iterasi diperlukan nilai awal dengan menggunakan nilai taksiran parameter  $\alpha$  yang diperoleh berikut:

$$E(X) = \frac{\alpha^3 + 2\alpha^2 + 6\alpha + 24}{\alpha (\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)} = \bar{x}$$

$$\bar{x}\alpha^4 + (\bar{x} - 1)\alpha^3 + 2(\bar{x} - 1)\alpha^2 + 6(\bar{x} - 1)\alpha - 24 = 0 \quad (12)$$

Persamaan tersebut dapat diselesaikan dalam persamaan kubik menggunakan bantuan software RStudio.

## 2.5 Uji Kecocokan Chi-Kuadrat

Uji kecocokan distribusi merupakan suatu metode uji hipotesis statistik yang dipakai untuk menentukan apakah  $x_1, x_2, \dots, x_n$  yaitu termasuk nilai dari sampel acak  $X_1, X_2, \dots, X_n$  yang berasal dari distribusi dengan fungsi distribusi  $F(\cdot)$ . Hipotesis dari uji kecocokan distribusi adalah:

$H_0 : x_1, x_2, \dots, x_n$  ; nilai dari sampel acak berasal dari populasi yang mengikuti distribusi

tertentu dengan fungsi distribusi  $F(\cdot)$ .

$H_1 : x_1, x_2, \dots, x_n$  ; nilai dari sampel acak bukan berasal dari populasi yang mengikuti distribusi tertentu dengan fungsi distribusi  $F(\cdot)$ .

Rumus untuk menghitung statistik uji kecocokan chi-kuadrat yaitu sebagai berikut:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (13)$$

Nilai  $E_i$  dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$E_i = np_x ; x = 0,1,2, \dots; i = 1,2,3, \dots \quad (14)$$

Dengan taraf nyata  $\alpha$ , kriteria pengujiannya yaitu tolak  $H_0$  jika  $\chi^2 \geq \chi^2_{(k-r-1)(1-\alpha)}$ .

## 2.6 Model kredibilitas Bühlmann

Model kredibilitas adalah sebuah metode statistik yang dikembangkan pada awal abad kedua puluh untuk membantu memperbarui prediksi kerugian asuransi berdasarkan data klaim asuransi. Beberapa komponen yang diperlukan dalam menentukan model kredibilitas Bühlmann, adalah sebagai berikut:

1. *Hypothetical mean* dan nilai harapannya.

Rumus *hypothetical mean*  $\mu(\theta)$  dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\mu(\theta) = E(X|\theta), \quad (15)$$

Nilai harapan dari *hypothetical mean* ( $\mu$ ) adalah:

$$\mu = E(\mu(\theta)), \quad (16)$$

2. Varians dari *hypothetical mean* dinotasikan sebagai berikut:

$$a = \text{Var}(\mu(\theta)), \quad (17)$$

3. *Variance process* dan nilai harapannya

Rumus *variance process* dapat ditentukan sebagai berikut:

$$v(\theta) = \text{Var}(X|\theta), \quad (18)$$

Nilai harapan dari *variance process* adalah:

$$v = E(v(\theta)), \quad (19)$$

4. Koefisien kredibilitas Bühlmann dirumuskan sebagai berikut:

$$K = \frac{v}{a}, \quad (20)$$

5. Faktor kredibilitas Bühlmann yaitu :

$$Z = \frac{N}{N+K}, \quad (21)$$

dimana  $N$  merupakan banyaknya periode dari data yang digunakan dan nilai  $Z$  yaitu diantara 0 dan 1 atau  $0 < Z < 1$ .

6. Taksiran frekuensi klaim model kredibilitas Bühlmann dinotasikan sebagai berikut:

$$Pc = Z\bar{X} + (1 - Z)\mu \quad (22)$$

dimana  $\bar{X}$  adalah rata-rata data frekuensi klaim.

## 2.7 Model kredibilitas Bühlmann Poisson-Amarendra

Model kredibilitas Bühlmann menggunakan distribusi Poisson-Amarendra dilakukan untuk mengatasi data yang mengalami overdispersi. Overdispersi merupakan kondisi yang lazim terjadi pada model Poisson di mana varians data melebihi nilai rata-ratanya, menunjukkan heterogenitas risiko yang harus diatasi dalam pemodelan klaim [15]. Oleh karena itu, frekuensi klaim yang memiliki masalah overdispersi dapat dimodelkan dengan distribusi campuran. Distribusi Poisson-Amarendra adalah distribusi campuran dari distribusi Poisson dan Amarendra, dimana  $X|\Theta$  berdistribusi Poisson ( $\theta$ ) dan  $\Theta$  berdistribusi Amarendra ( $\alpha$ ), maka dapat dibuktikan bahwa  $X$  memiliki distribusi Poisson-Amarendra dengan parameter ( $\alpha$ ).

1. *Hypothetical mean* dan nilai harapannya untuk distribusi Poisson-Amarendra.

Karena  $X|\Theta$  berdistribusi Poisson ( $\theta$ ), maka diperoleh rumus *hypothetical mean* untuk distribusi Poisson-Amarendra berdasarkan Persamaan (15) sebagai berikut:

$$\mu(\theta) = E(X|\Theta = \theta) = \theta \quad (23)$$

Karena  $\Theta$  berdistribusi Amarendra ( $\alpha$ ) maka nilai harapan dari *hypothetical mean* ( $\mu$ ) berdasarkan Persamaan (16) dapat ditentukan dengan menggunakan nilai ekspektasi dari distribusi Amarendra sesuai Persamaan (7), yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mu &= E(\mu(\Theta)) = E(\Theta) \\ \mu &= \frac{\alpha^3 + 2\alpha^2 + 6\alpha + 24}{\alpha(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)} \end{aligned} \quad (24)$$

2. Varians dari *hypothetical mean* untuk distribusi Poisson-Amarendra

Untuk menentukan koefisien kredibilitas diperlukan estimasi nilai parameter  $a$  yaitu varians dari *hypothetical mean*. Karena  $\Theta$  berdistribusi Amarendra ( $\alpha$ ) maka rumus varians dari *hypothetical mean* berdasarkan Persamaan (17) dapat ditentukan dengan menggunakan varians dari distribusi Amarendra menurut Persamaan (8) diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a &= \text{Var}(\mu(\theta)) = \text{Var}(\Theta) = E(\Theta^2) - (E(\Theta))^2 \\ a &= \frac{2(\alpha^3 + 3\alpha^2 + 12\alpha + 60)}{\alpha^2(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)} - \left[ \frac{\alpha^3 + 2\alpha^2 + 6\alpha + 24}{\alpha(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)} \right]^2 \\ a &= \frac{\alpha^6 + 4\alpha^5 + 18\alpha^4 + 96\alpha^3 + 72\alpha^2 + 96\alpha + 144}{\alpha^2(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)^2} \end{aligned} \quad (25)$$

3. *Variance process* dan nilai harapannya untuk distribusi Poisson-Amarendra

Karena  $X|\Theta$  berdistribusi Poisson ( $\theta$ ), maka diperoleh rumus *variance process* berdasarkan Persamaan (18) sebagai berikut:

$$v(\theta) = \text{Var}(X|\Theta = \theta) = \theta \quad (26)$$

Karena  $\Theta$  berdistribusi Amarendra ( $\alpha$ ), maka nilai harapan dari *variance process* berdasarkan persamaan (19) dapat ditentukan dengan menggunakan nilai ekspektasi dari distribusi Amarendra sesuai Persamaan (7), yaitu sebagai berikut:

$$v = E(v(\Theta)) = E(\Theta) \quad (27)$$

$$v = \frac{\alpha^3 + 2\alpha^2 + 6\alpha + 24}{\alpha(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)}$$

#### 4. Koefisien kredibilitas Bühlmann untuk distribusi Poisson-Amarendra

$$K = \frac{v}{a} = \frac{\left[ \frac{\alpha^3 + 2\alpha^2 + 6\alpha + 24}{\alpha(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)} \right]}{\left[ \frac{\alpha^6 + 4\alpha^5 + 18\alpha^4 + 96\alpha^3 + 72\alpha^2 + 96\alpha + 144}{\alpha^2(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)^2} \right]} = \frac{\alpha^7 + 3\alpha^6 + 10\alpha^5 + 40\alpha^4 + 48\alpha^3 + 84\alpha^2 + 144\alpha}{\alpha^6 + 4\alpha^5 + 18\alpha^4 + 96\alpha^3 + 72\alpha^2 + 96\alpha + 144} \quad (28)$$

#### 5. Faktor kredibilitas Bühlmann untuk distribusi Poisson-Amarendra

$$Z = \frac{N}{N+K} = \frac{N}{N + \frac{\alpha^7 + 3\alpha^6 + 10\alpha^5 + 40\alpha^4 + 48\alpha^3 + 84\alpha^2 + 144\alpha}{\alpha^6 + 4\alpha^5 + 18\alpha^4 + 96\alpha^3 + 72\alpha^2 + 96\alpha + 144}} \quad (29)$$

#### 6. Taksiran frekuensi klaim model kredibilitas Bühlmann untuk distribusi Poisson-Amarendra

$$Pc = Z\bar{X} + (1-Z)\mu = \left[ \frac{N}{N + \frac{\alpha^7 + 3\alpha^6 + 10\alpha^5 + 40\alpha^4 + 48\alpha^3 + 84\alpha^2 + 144\alpha}{\alpha^6 + 4\alpha^5 + 18\alpha^4 + 96\alpha^3 + 72\alpha^2 + 96\alpha + 144}} \right] \bar{X} + \left( 1 - \left[ \frac{N}{N + \frac{\alpha^7 + 3\alpha^6 + 10\alpha^5 + 40\alpha^4 + 48\alpha^3 + 84\alpha^2 + 144\alpha}{\alpha^6 + 4\alpha^5 + 18\alpha^4 + 96\alpha^3 + 72\alpha^2 + 96\alpha + 144}} \right] \right) \left[ \frac{\alpha^3 + 2\alpha^2 + 6\alpha + 24}{\alpha(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)} \right] \quad (30)$$

### 3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan untuk penelitian ini merupakan data sekunder hasil pencatatan yang diperoleh dari PT. X pada tahun 2019 yaitu data frekuensi klaim dari pemegang polis kendaraan bermotor untuk semua kategori yang terdiri dari 8 kategori dan semua wilayah yang masing-masing terdiri dari 3 wilayah. Sehingga, total data set yang akan digunakan berjumlah 24 data set. Tabel 1 menyajikan salah satu contoh data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor Partial Loss untuk kategori kendaraan 6 pada wilayah 3.

**Tabel 1.** Data Frekuensi Klaim Asuransi Kendaraan Bermotor Kategori 6 Wilayah 3.

| Frekuensi Klaim | Jumlah Polis |
|-----------------|--------------|
| 0               | 4.271        |
| 1               | 40           |
| 2               | 2            |
| <b>Jumlah</b>   | <b>4.313</b> |

Sumber : PT. X tahun 2019

#### a) Menghitung rata-rata dan varians

Menghitung rata-rata dan varians data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor di Indonesia tahun 2019 untuk melihat data yang mengalami overdispersi kondisi dimana varians dalam frekuensi klaim melebihi nilai rata-ratanya.

#### b) Uji Kecocokan Distribusi Poisson

##### 1. Merumuskan hipotesis pengujian kecocokan distribusi Poisson.

$H_0$ : Data frekuensi klaim berasal dari populasi yang berdistribusi Poisson.

$H_1$ : Data frekuensi klaim bukan berasal dari populasi yang berdistribusi Poisson.

##### 2. Menghitung taksiran peluang untuk setiap kemungkinan frekuensi klaim.

##### 3. Menghitung nilai harapan untuk setiap kategori frekuensi klaim.

##### 4. Menghitung nilai statistik uji Chi-Kuadrat.

5. Menghitung nilai kuantil dari distribusi chi-kuadrat pada taraf nyata  $\alpha$  dan derajat bebas  $k - p - 1$ .
  6. Memutuskan hasil pengujian kecocokan apakah hipotesis  $H_0$  ditolak atau diterima dengan membandingkan nilai statistik uji Chi-Kuadrat dengan nilai kuantil. Jika nilai statistik uji Chi-Kuadrat lebih kecil dari nilai kuantil maka  $H_0$  diterima, lainnya  $H_0$  ditolak.
- c) Penaksiran Parameter Distribusi Poisson-Amarendra
1. Menentukan nilai awal yaitu nilai taksiran parameter  $\alpha$  menggunakan metode momen melalui bantuan *software* RStudio.
  2. Menaksir parameter distribusi Poisson-Amarendra menggunakan metode numerik iterasi Newton-Raphson melalui bantuan *software* Rstudio.
- d) Uji Kecocokan Distribusi Poisson-Amarendra
1. Merumuskan hipotesis pengujian kecocokan distribusi Poisson-Amarendra  
 $H_0$  : Data frekuensi klaim berasal dari populasi yang berdistribusi Poisson-Amarendra.  
 $H_1$  : Data frekuensi klaim bukan berasal dari populasi yang berdistribusi Poisson-Amarendra.
  2. Menghitung taksiran peluang untuk setiap kemungkinan frekuensi klaim
  3. Menghitung nilai harapan untuk setiap kategori frekuensi klaim.
  4. Menghitung nilai statistik uji Chi-Kuadrat.
  5. Menghitung nilai kuantil dari distribusi Chi-Kuadrat pada taraf nyata  $\alpha$  dan derajat bebas  $k - p - 1$ . Membandingkan nilai statistik uji Chi-Kuadrat dengan nilai kuantil. Memutuskan hasil pengujian kecocokan jika nilai statistik uji.
- e) Model Kredibilitas Bühlmann Frekuensi Klaim Poisson-Amarendra
1. Merumuskan persamaan *hypothetical mean* dan menghitung nilai harapan dari *hypothetical mean* untuk distribusi Poisson-Amarendra.
  2. Menghitung nilai varians dari *hypothetical mean* untuk model kredibilitas Bühlmann berdistribusi Poisson-Amarendra.
  3. Menghitung nilai harapan dari *variance process* untuk model kredibilitas Bühlmann berdistribusi Poisson-Amarendra.
  4. Menghitung nilai koefisien kredibilitas Bühlmann.
  5. Menghitung nilai faktor kredibilitas Bühlmann.
  6. Menghitung nilai taksiran frekuensi klaim kredibilitas Bühlmann menggunakan Persamaan.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Perhitungan Rata-Rata dan Varians Frekuensi Klaim

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan nilai rata-rata dan varians dari data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor berdasarkan setiap kategori kendaraan dari kategori 1 sampai kategori 8 dan seluruh wilayah dari wilayah 1 sampai wilayah 3 di PT. X tahun

2019 dengan jenis perlindungan *Partial Loss* dan pertanggungan *comprehensive* untuk mengetahui data yang diduga mengalami overdispersi.

**Tabel 2.** Hasil perhitungan rata-rata dan varians frekuensi klaim

| Kategori | Wilayah | Rata-Rata | Varians | Keterangan   |
|----------|---------|-----------|---------|--------------|
| 1        | 1       | 0.00223   | 0.00223 | Tidak        |
| 1        | 2       | 0.00189   | 0.00196 | Overdispersi |
| 1        | 3       | 0.00176   | 0.00189 | Overdispersi |
| 2        | 1       | 0.00289   | 0.00301 | Overdispersi |
| 2        | 2       | 0.00366   | 0.00364 | Tidak        |
| 2        | 3       | 0.00203   | 0.00202 | Tidak        |
| 3        | 1       | 0.004     | 0.00398 | Tidak        |
| 3        | 2       | 0.00593   | 0.00589 | Tidak        |
| 3        | 3       | 0.00308   | 0.00306 | Tidak        |
| 4        | 1       | 0.00539   | 0.00537 | Tidak        |
| 4        | 2       | 0.00671   | 0.00767 | Overdispersi |
| 4        | 3       | 0.00740   | 0.00735 | Tidak        |
| 5        | 1       | 0         | 0       | Tidak        |
| 5        | 2       | 0.00238   | 0.00238 | Tidak        |
| 5        | 3       | 0         | 0       | Tidak        |
| 6        | 1       | 0.00411   | 0.00409 | Tidak        |
| 6        | 2       | 0.01217   | 0.01339 | Overdispersi |
| 6        | 3       | 0.01020   | 0.01103 | Overdispersi |
| 7        | 1       | 0         | 0       | Tidak        |
| 7        | 2       | 0.01332   | 0.01315 | Tidak        |
| 7        | 3       | 0.00733   | 0.00729 | Tidak        |
| 8        | 1       | 0         | 0       | Tidak        |
| 8        | 2       | 0         | 0       | Tidak        |
| 8        | 3       | 0         | 0       | Tidak        |

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh bahwa ada 4 kategori dan wilayah yang diduga mengalami overdispersi. Kategori dan wilayah tersebut yaitu kategori 1 wilayah 2 dan wilayah 3, kategori 2 wilayah 1, kategori 4 wilayah 2, kategori 6 wilayah 2 dan wilayah 3.

#### 4.2. Uji Kecocokan Distribusi Poisson

Hipotesis dari pengujian tersebut adalah:

$H_0$  : Data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor kategori  $m$  wilayah  $n$  di Indonesia pada PT. X tahun 2019 berdistribusi Poisson standar terpenuhi, dimana  $m = 1,2,3,4,5,6,7,8$  dan  $n = 1,2,3$ .

$H_1$  : Data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor kategori  $m$  wilayah  $n$  di Indonesia pada PT. X tahun 2019 berdistribusi Poisson standar tidak terpenuhi karena adanya overdispersi, dimana  $m = 1,2,3,4,5,6,7,8$  dan  $n = 1,2,3$ .

Terdapat beberapa kategori dan wilayah dalam data frekuensi klaim yang memiliki derajat bebas kurang dari 1 sehingga uji kecocokan tidak dapat dilakukan pada kategori kendaraan dan wilayah tersebut. Penaksiran parameter untuk distribusi Poisson menggunakan Persamaan (5) dengan menghitung nilai rata-ratanya.

**Tabel 3.** Nilai taksiran parameter distribusi Poisson setiap kategori dan wilayah

| Kategori | Wilayah | Taksiran Parameter $\hat{\theta}$ |
|----------|---------|-----------------------------------|
| 1        | 2       | 0.00189                           |
| 1        | 3       | 0.00176                           |

| Kategori | Wilayah | Taksiran Parameter $\hat{\theta}$ |
|----------|---------|-----------------------------------|
| 2        | 1       | 0.00289                           |
| 4        | 2       | 0.00671                           |
| 6        | 2       | 0.01217                           |
| 6        | 3       | 0.01020                           |

Nilai taksiran peluang untuk setiap frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor menggunakan Persamaan (1). Setelah memperoleh hasil nilai taksiran peluang frekuensi klaim, maka selanjutnya akan menghitung nilai harapan untuk setiap kategori frekuensi klaim menggunakan Persamaan (14).

**Tabel 4.** Nilai statistik uji kecocokan distribusi poisson untuk kategori 1 wilayah 2.

| Jenis Klaim ( $i$ ) | Frekuensi Klaim ( $k$ ) | Jumlah Polis ( $O_i$ ) | Peluang Frekuensi Klaim ( $p_x$ ) | Nilai Harapan Frekuensi Klaim ( $E_i$ ) | $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ |
|---------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| 1                   | 0                       | 28.025                 | 0.9981                            | 28024.05                                | $3.2205 \times 10^{-5}$     |
| 2                   | 1                       | 51                     | 0.0018                            | 52.9                                    | 0.0682                      |
| 3                   | $\geq 2$                | 1                      | $1.7794 \times 10^{-6}$           | 0.05                                    | 18.0659                     |
| <b>Total</b>        |                         | 28.077                 | 1                                 | 28.077                                  | 18.1342                     |

Hasil perhitungan nilai statistik uji Chi-Kuadrat diperoleh 18.1342. Dengan taraf nyata sebesar 1% dan derajat bebas  $1 = (3-1-1)$  diperoleh nilai kuantil distribusi Chi-Kuadrat yaitu 6.635. Pemilihan taraf nyata 1% bertujuan untuk meminimalisir risiko Galat Tipe I dan memastikan bahwa penolakan  $H_0$  didukung bukti yang sangat signifikan sebab nilai kritis 6.635 pada 1% lebih tinggi daripada 3.841 pada 5% sehingga kesimpulan adanya overdispersi menjadi sangat terpercaya. Karena  $18.1342 > 6.635$  maka  $H_0$  ditolak diperoleh kesimpulan bahwa data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor kategori 1 wilayah 2 di Indonesia pada PT. X tahun 2019 berdistribusi Poisson standar tidak terpenuhi karena adanya overdispersi. Pada Tabel 5 menyajikan nilai statistik uji kecocokan distribusi Poisson untuk data lainya.

**Tabel 5.** Pengujian Kecocokan Chi-Kuadrat Distribusi Poisson.

| Kategori | Wilayah | Statistik Uji | Nilai Kritis | Kesimpulan  |
|----------|---------|---------------|--------------|-------------|
| 1        | 2       | 18.1342       | 6.635        | Tolak $H_0$ |
| 1        | 3       | 40.2860       | 6.635        | Tolak $H_0$ |
| 2        | 1       | 13.1791       | 6.635        | Tolak $H_0$ |
| 4        | 2       | 40.9592       | 6.635        | Tolak $H_0$ |
| 6        | 2       | 30.4996       | 6.635        | Tolak $H_0$ |
| 6        | 3       | 14.4575       | 6.635        | Tolak $H_0$ |

Dapat dilihat pada Tabel 5 bahwa nilai statistik uji Chi-Kuadrat untuk semua kategori dan wilayah lebih besar dari nilai kritisnya maka  $H_0$  ditolak. Dengan demikian disimpulkan bahwa data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor untuk semua kategori dan wilayah di Indonesia pada PT. X tahun 2019 berdistribusi Poisson standar tidak terpenuhi karena adanya overdispersi.

#### 4.3. Penaksiran Parameter Distribusi Poisson-Amarendra

Metode iterasi Newton-Raphson digunakan untuk memperoleh taksiran parameter dari distribusi Poisson-Amarendra. Dalam menghitung iterasi diperlukan nilai awal terlebih

dahulu yang diperoleh menggunakan metode momen pada Persamaan (12) dengan bantuan software Rstudio.

**Tabel 6.** Nilai awal parameter untuk setiap kategori dan wilayah

| Kategori | Wilayah | Nilai Awal $\alpha_0$ |
|----------|---------|-----------------------|
| 1        | 2       | 530.1043              |
| 1        | 3       | 569.1853              |
| 2        | 1       | 345.8334              |
| 4        | 2       | 150.0449              |
| 6        | 2       | 83.1943               |
| 6        | 3       | 99.0601               |

Nilai awal tersebut akan digunakan dalam perhitungan metode iterasi Newton Raphson dengan bantuan software Rstudio.

**Tabel 7** Hasil Iterasi Newton-Raphson untuk setiap kategori dan wilayah

| Kategori | Wilayah | Nilai Taksiran $\hat{\alpha}$ | Jumlah Iterasi |
|----------|---------|-------------------------------|----------------|
| 1        | 2       | 530.1043                      | 1              |
| 1        | 3       | 569.1853                      | 1              |
| 2        | 1       | 346.1824                      | 3              |
| 4        | 2       | 149.8934                      | 2              |
| 6        | 2       | 83.19001                      | 1              |
| 6        | 3       | 99.0601                       | 1              |

Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui bahwa jumlah iterasi yang dibutuhkan dalam menaksir parameter distribusi Poisson-Amarendra pada data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor Indonesia untuk semua kategori dan wilayah di PT. X tahun 2019 yaitu di bawah 10.

#### 4.4. Uji Kecocokan Distribusi Poisson-Amarendra

Karena distribusi Poisson tidak cocok untuk memodelkan data frekuensi klaim, maka dilakukan uji kecocokan distribusi campuran Poisson-Amarendra hipotesis dari pengujian tersebut:

$H_0$  : Data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor kategori  $m$  wilayah  $n$  di Indonesia pada PT. X tahun 2019 berasal dari populasi yang berdistribusi campuran Poisson-Amarendra, dimana  $(m,n) = (1,2), (1,3), (2,1), (4,2), (6,2), \text{ dan } (6,3)$

$H_1$  : Data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor kategori  $m$  wilayah  $n$  di Indonesia pada PT. X tahun 2019 bukan berasal dari populasi yang berdistribusi campuran Poisson-Amarendra, dimana  $(m,n) = (1,2), (1,3), (2,1), (4,2), (6,2), \text{ dan } (6,3)$

Selanjutnya menghitung nilai taksiran peluang menggunakan nilai taksiran parameter yang telah didapatkan untuk setiap kategori frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor dengan menyelesaikan solusi Persamaan (9). Setelah mendapatkan hasil nilai taksiran peluang frekuensi klaim pada setiap kategori, maka dilanjutkan menghitung nilai harapan untuk setiap kategori frekuensi klaim dengan menggunakan Persamaan (14).

**Tabel 8.** Nilai statistik uji kecocokan distribusi poisson-amarendra untuk kategori 1 wilayah 2.

| Jenis Klaim ( <i>i</i> ) | Frekuensi Klaim ( <i>k</i> ) | Jumlah Polis ( $O_i$ ) | Peluang Frekuensi Klaim ( $p_x$ ) | Nilai Harapan Frekuensi Klaim ( $E_i$ ) | $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ |
|--------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| 1                        | 0                            | 28.025                 | 0.9981                            | 28024.0346                              | $3.3259 \times 10^{-5}$     |
| 2                        | 1                            | 51                     | 0.0018                            | 52.8655                                 | 0.0658                      |
| 3                        | $\geq 2$                     | 1                      | $3.5586 \times 10^{-6}$           | 0.0999                                  | 8.1083                      |
| <b>Total</b>             |                              | 28.077                 | 1                                 | 28.077                                  | 8.1742                      |

Berdasarkan taraf nyata 1% dan derajat bebas sebesar 1 (3-1-1) maka diperoleh nilai kuantil distribusi Chi-Kuadrat yaitu 6.635. Dapat dilihat nilai statistik uji yang diperoleh yaitu 8.1742 lebih besar dari nilai kritisnya 6.635 maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  ditolak sehingga data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor kategori 1 wilayah 2 di Indonesia pada PT. X tahun 2019 bukan berasal dari populasi yang berdistribusi Poisson-Amarendra. Tabel 9 disajikan nilai statistik uji kecocokan distribusi Poisson-Amarendra untuk data setiap kategori dan wilayah lainnya.

**Tabel 9.** Pengujian Kecocokan Chi-Kuadrat Distribusi Poisson-Amarendra

| Kategori | Wilayah | Statistik Uji | Nilai Kritis | Kesimpulan   |
|----------|---------|---------------|--------------|--------------|
| 1        | 2       | 8.1742        | 6.635        | Tolak $H_0$  |
| 1        | 3       | 19.3069       | 6.635        | Tolak $H_0$  |
| 2        | 1       | 5.7457        | 6.635        | Terima $H_0$ |
| 4        | 2       | 19.0251       | 6.635        | Tolak $H_0$  |
| 6        | 2       | 12.3838       | 6.635        | Tolak $H_0$  |
| 6        | 3       | 5.7605        | 6.635        | Terima $H_0$ |

Dengan demikian disimpulkan hanya data frekuensi klaim kategori 2 wilayah 1 dan kategori 6 wilayah 3 berasal dari populasi Poisson-Amarendra.

#### 4.5. Perhitungan kredibilitas Bühlmann untuk Frekuensi Klaim Poisson-Amarendra

Nilai hypothetical mean untuk distribusi Poisson-Amarendra  $\mu(\theta) = E(X|\theta) = \theta$ . Dengan nilai taksiran parameter untuk data frekuensi klaim kategori 2 wilayah 1 yaitu  $\hat{\alpha} = 346.1824$  maka diperoleh nilai harapan dari *hypothetical mean* ( $\mu$ ) dihitung berdasarkan Persamaan (24) yaitu:

$$\mu = E(\mu(\theta)) = E(\theta) = \frac{\alpha^3 + 2\alpha^2 + 6\alpha + 24}{\alpha(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)}$$

$$\hat{\mu} = \frac{346.1824^3 + 2(346.1824)^2 + 6(346.1824) + 24}{346.1824((346.1824)^3 + (346.1824)^2 + 2(346.1824) + 6)} = 0.0029$$

Nilai varians dari *hypothetical mean* ( $a$ ) dihitung sesuai Persamaan (25) adalah:

$$a = \text{Var}(\mu(\theta)) = \text{Var}(\theta) = E(\theta^2) - (E(\theta))^2$$

$$a = \frac{2(\alpha^3 + 3\alpha^2 + 12\alpha + 60)}{\alpha^2(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)} - \left[ \frac{\alpha^3 + 2\alpha^2 + 6\alpha + 24}{\alpha(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)} \right]^2 = \frac{\alpha^6 + 4\alpha^5 + 18\alpha^4 + 96\alpha^3 + 72\alpha^2 + 96\alpha + 144}{\alpha^2(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)^2}$$

$$\hat{a} = \frac{346.1824^6 + 4(346.1824)^5 + 18(346.1824)^4 + 96(346.1824)^3 + 72(346.1824)^2 + 96(346.1824) + 144}{346.1824^2(346.1824^3 + 346.1824^2 + 2(346.1824) + 6)^2}$$

$$\hat{a} = 8.3931 \times 10^{-6}$$

Nilai *variance process*  $v(\theta) = \text{Var}(X|\theta) = \theta$ . Nilai harapan dari *variance process* ( $v$ ) menggunakan Persamaan (27) yaitu:

$$v = E(v(\Theta)) = E(\Theta) = \frac{\alpha^3 + 2\alpha^2 + 6\alpha + 24}{\alpha(\alpha^3 + \alpha^2 + 2\alpha + 6)}$$

$$\hat{v} = \frac{346.1824^3 + 2(346.1824)^2 + 6(346.1824) + 24}{346.1824((346.1824)^3 + (346.1824)^2 + 2(346.1824) + 6)} = 0.0029$$

Nilai  $K$  koefisien kredibilitas Bühlmann untuk data frekuensi klaim kategori 2 wilayah 1 menggunakan Persamaan (28) yaitu:

$$K = \frac{\alpha^7 + 3\alpha^6 + 10\alpha^5 + 40\alpha^4 + 48\alpha^3 + 84\alpha^2 + 144\alpha}{\alpha^6 + 4\alpha^5 + 18\alpha^4 + 96\alpha^3 + 72\alpha^2 + 96\alpha + 144}$$

$$\hat{K} = \frac{346.1824^7 + 3(346.1824)^6 + 10(346.1824)^5 + 40(346.1824)^4 + 48(346.1824)^3 + 84(346.1824)^2 + 144(346.1824)}{346.1824^6 + 4(346.1824)^5 + 18(346.1824)^4 + 9(346.1824)^3 + 72(346.1824)^2 + 96(346.1824) + 144}$$

$$\hat{K} = 345.1707$$

Nilai  $Z$  faktor kredibilitas Bühlmann untuk data yang digunakan 1 tahun maka  $N = 1$  dengan menggunakan Persamaan (29) adalah:

$$\hat{Z} = \frac{1}{1 + 345.1707} = 0.0029$$

Nilai  $P_c$  taksiran frekuensi klaim kredibilitas Bühlmann menggunakan Persamaan (30) untuk data frekuensi klaim kategori 2 wilayah 1 di periode berikutnya adalah:

$$P_c = Z\bar{X} + (1 - Z)\mu = 0.0029(0.00289) + (1 - 0.0029)0.0029 = 0.0029$$

Tabel 10 menyajikan hasil perhitungan estimasi kredibilitas Bühlmann untuk data frekuensi klaim kategori 6 wilayah 3 dengan menggunakan cara yang sama.

**Tabel 10.** Hasil Perhitungan Komponen Kredibilitas Bühlmann

| Estimasi Parameter | Kategori 2 Wilayah 1    | Kategori 6 Wilayah 3 |
|--------------------|-------------------------|----------------------|
| $\hat{\mu}$        | 0.0029                  | 0.0102               |
| $\hat{a}$          | $8.3931 \times 10^{-6}$ | 0.0001               |
| $\hat{v}$          | 0.0029                  | 0.0102               |
| $\hat{K}$          | 345.1707                | 98.0177              |
| $\hat{Z}$          | 0.0029                  | 0.0101               |
| $P_c$              | 0.0029                  | 0.0102               |

Diperoleh nilai faktor kredibilitas sebesar 0.0029 untuk kategori 2 wilayah 1 dan 0.0101 untuk kategori 6 wilayah 3. Taksiran rata-rata frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor di periode berikutnya untuk kategori 2 wilayah 1 sebesar 0.0029. Artinya, jika pada tahun 2020 jumlah pemegang polis asuransi sama dengan tahun 2019 sebanyak 15.878, maka diperkirakan akan terjadi klaim partial loss sebanyak 46 klaim. Taksiran rata-rata frekuensi klaim untuk kategori 6 wilayah 3 sebesar 0.0102 diperkirakan pada tahun 2020 akan terjadi klaim partial loss sebanyak 44 klaim, jika jumlah pemegang polis tahun 2020 sama dengan tahun 2019 sebanyak 4.313.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penerapan model kredibilitas Bühlmann dengan asumsi data frekuensi klaim berdistribusi Poisson-Amarendra dapat disimpulkan:

1. Distribusi Poisson-Amarendra cocok untuk data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor di PT. X tahun 2019 pada kategori 2 wilayah 1 dan kategori 6 wilayah 3.

Berdasarkan hasil penerapan model kredibilitas Bühlmann pada data frekuensi klaim di atas diperoleh nilai faktor kredibilitas sebesar 0.0029 untuk kategori 2 wilayah 1 dan 0.0101 untuk kategori 6 wilayah 3. Terlihat bahwa keduanya memiliki nilai faktor kredibilitas kurang dari 1, sehingga tingkat kepercayaannya tidak begitu besar dalam menaksir rata-rata frekuensi klaim di masa datang, dan tidak bisa sepenuhnya didasarkan pada data tahun 2019, diperlukan informasi tambahan lainnya.

2. Taksiran rata-rata frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor di periode berikutnya untuk kategori 2 wilayah 1 sebesar 0.0029. Artinya, jika pada tahun 2020 jumlah pemegang polis asuransi sama dengan tahun 2019 sebanyak 15.878, maka diperkirakan akan terjadi klaim partial loss sebanyak 46 klaim. Taksiran rata-rata frekuensi klaim untuk kategori 6 wilayah 3 sebesar 0.0102 yang berarti diperkirakan pada tahun 2020 akan terjadi klaim partial loss sebanyak 44 klaim, jika jumlah pemegang polis tahun 2020 sama dengan tahun 2019 sebanyak 4.313.

Saran dari peneliti dalam penelitian ini untuk selanjutnya dapat menggunakan lebih banyak data pengalaman klaim pemegang polis dari tahun sebelumnya dalam menerapkan model kredibilitas Bühlmann.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Inilah jumlah kendaraan di Indonesia dua bulan pertama 2024," Otodriver, 2024. [Online]. Available: <https://otodriver.com/berita/2024/inilah-jumlah-kendaraan-di-indonesia-dua-bulan-pertama-2024-iniddjba024>.
- [2] Otoritas Jasa Keuangan, *Surat Edaran Otoritas Jasa Keuangan Nomor 6/SEOJK.05/2017: Tentang Penetapan Tarif Premi atau Kontribusi pada Lini Usaha Asuransi Harta Benda dan Asuransi Kendaraan Bermotor Tahun 2017*, Jakarta, 2017.
- [3] Afrita, I. and Arifalina, W., "Tanggung jawab hukum perusahaan asuransi jiwa terhadap tertanggung dalam pembayaran klaim asuransi," *Jurnal Hukum Respublica*, 2021..
- [4] Klugman, S. A., Panjer, H. H., and Willmot, G. E., *Loss Models: From Data to Decisions*. Wiley Interscience, New York, 2012.
- [5] Mikosch, T., *Non-Life Insurance Mathematics: An Introduction with Stochastic Processes*. Springer-Verlag, 2006.
- [6] Satyahadewi, N., and Mara, M. N., "Karakteristik faktor kredibilitas pada model Buhlmann untuk menentukan premi," Universitas Tanjungpura, Pontianak, 2013.
- [7] Karina, T. M., Nurrohmah, S., and Fithriani, I., "Buhlmann credibility model in predicting claim frequency that follows heterogeneous Weibull count distribution," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1218, no. 1, p. 012041, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1218/1/012041.
- [8] I. Maulidi, U. Uswah, R. Oktavia, A. Misbullah, and V. Apriliani, "Model kredibilitas Bühlmann-Straub untuk frekuensi klaim berdistribusi Binomial Negatif-Lindley,"

*Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, vol. 20, no. 1, 2023. doi: <http://dx.doi.org/10.12962/limits.v20i1.12618>.

- [9] Setiono, C. A., and Qoyyimi, D. T., *Permodelan Teori Kredibilitas Bühlmann dengan Asumsi Distribusi Weibull Count Heterogen*, Skripsi, S1 Ilmu Aktuaria, 2024.
- [10] Saputra, M. I., Nurrohmah, S., and Fithriani, I., "Model kredibilitas Bühlmann dengan risiko bersama," *Jurnal Sains dan Aplikasi*, vol. 6, no. 1, Jun. 2022, doi: 10.21009/JSA.06107.
- [11] Shanker, R., "The discrete Poisson-Amarendra distribution," *International Journal of Statistical Distributions and Applications*, 2016.
- [12] Fahrizal, Y., and Mutaqin, A. K., "Pemodelan distribusi Poisson-Amarendra pada data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor di Indonesia," *Bandung Conference Series: Statistics*, vol. 3, no. 1, 2023, doi: 10.29313/bcss.v3i1.7033.
- [13] Alam M.R.N., and Mutaqin, A. K., "Pemodelan distribusi Poisson-Sujatha pada data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor di Indonesia," *Jurnal Riset Statistika (JRS)*, vol. 3, no. 1, pp. 71–78, Jul. 2023.
- [14] Shanker, R., "Amarendra Distribution and Its Applications," *American Journal of Mathematics and Statistics*, 2016.
- [15] Anisa, Nur, *Pemodelan Frekuensi Data Klaim pada Asuransi Kendaraan dengan Menggunakan Distribusi Poisson dan Binomial Negatif*, Skripsi, Universitas Hasanuddin, 2020.