

## PERBANDINGAN METODE BENKTANDER DAN MUNICH CHAIN LADDER DALAM MENGESTIMASI CADANGAN KLAIM ASURANSI COMMERCIAL MULTI-PERIL

**Rinda Ariyanti**

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia  
e-mail: rindaariyanti.21004@mhs.unesa.ac.id

**Affiati Oktaviarina**

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia  
e-mail: affiatioktaviarina@unesa.ac.id\*

### Abstrak

Sebagai salah satu manajemen risiko bagi perusahaan asuransi, perhitungan estimasi cadangan klaim diperlukan untuk mengetahui dana yang harus disiapkan untuk membayar klaim di masa depan. Perhitungan estimasi cadangan klaim harus dilakukan secara akurat dengan metode yang tepat agar tidak menyebabkan kerugian bahkan kebangkrutan bagi perusahaan asuransi apabila hasil estimasi yang diperoleh sangat jauh dari nilai aktual. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode *Benktander* dan *Munich Chain Ladder* dalam mengestimasi cadangan klaim asuransi *commercial multi-peril* berdasarkan nilai *prediction error* yang diperoleh. *Prediction error* yang digunakan adalah MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan MSE (*Mean Square Error*). Data yang digunakan berupa data sekunder yang bersumber dari laporan tahunan salah satu perusahaan asuransi di Amerika Serikat. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa metode *Munich Chain Ladder* memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Benktander* dalam mengestimasi cadangan klaim asuransi *commercial multi-peril* karena memiliki nilai MAPE dan MSE yang lebih kecil.

**Kata Kunci:** Cadangan Klaim, *Benktander*, *Munich Chain Ladder*, Asuransi *Commercial Multi-Peril*.

### Abstract

As a part of risk management for insurance companies, the estimation of claim reserves is essential to determine the funds that must be allocated for future claim payments. The estimation process must be conducted accurately using an appropriate method to prevent financial losses or even bankruptcy if the estimated results significantly deviate from the actual values. This study aims to compare the *Benktander* and *Munich Chain Ladder* methods in estimating claim reserves for commercial multi-peril insurance based on the obtained prediction error values. The prediction errors used in this study are MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) and MSE (*Mean Square Error*). The data utilized consists of secondary data sourced from the annual report of an insurance company in the United States. Based on the research findings, it can be concluded that the *Munich Chain Ladder* method performs better than the *Benktander* method in estimating claim reserves for commercial multi-peril insurance, as it yields lower MAPE and MSE values.

**Keywords:** Claim Reserves, *Benktander*, *Munich Chain Ladder*, Commercial Multi-Peril Insurance.

## PENDAHULUAN

Asuransi merupakan suatu perjanjian antara dua pihak sebagai salah satu manajemen risiko dengan tujuan untuk melindungi individu atau perusahaan dari kerugian finansial yang tidak terduga. Menurut Otoritas Jasa Keuangan (2018), dengan adanya asuransi, individu atau perusahaan dapat mengalihkan risiko yang mungkin terjadi di masa depan kepada perusahaan asuransi sesuai dengan pembayaran premi yang telah dilakukan.

Dalam konteks bisnis, salah satu produk asuransi yang banyak digunakan untuk melindungi bisnis dari risiko-risiko yang tidak terduga adalah asuransi *commercial multi-peril*. Menurut The Travelers Companies (2022), asuransi ini merupakan kombinasi perlindungan properti dan kewajiban umum.

Sebagai salah satu manajemen risiko bagi perusahaan asuransi, perhitungan estimasi cadangan klaim diperlukan untuk mengetahui dana yang harus disiapkan untuk membayar klaim di masa depan, serta memberikan indikasi mengenai kemampuan

perusahaan asuransi dalam memenuhi kewajiban klaim di waktu mendatang (Tee dkk., 2017). Namun, tidak semua perusahaan asuransi memiliki ahli internal untuk menghitung estimasi cadangan klaim. Oleh karena itu, perlu adanya pemahaman mengenai perhitungan estimasi cadangan klaim bagi perusahaan asuransi. Perhitungan estimasi cadangan klaim juga harus dilakukan secara akurat dengan metode yang tepat agar tidak menyebabkan kerugian bahkan kebangkrutan bagi perusahaan asuransi apabila hasil estimasi yang diperoleh sangat jauh dari nilai aktual (Yulita dan Effendie, 2022).

Dua metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi cadangan klaim yaitu metode *Benktander* dan *Munich Chain Ladder*. Metode *Benktander* merupakan gabungan dari metode *Chain Ladder* dan metode *Bornhuetter-Ferguson* dengan menggunakan faktor kredibilitas (Triana dkk., 2021). Metode *Munich Chain Ladder* (MCL) merupakan metode yang pertama kali dikembangkan oleh Quarg & Mack (2008) sebagai pengembangan dari metode *Chain Ladder* berdasarkan rasio kerugian yang dibayarkan dengan kerugian yang terjadi sehingga dapat meminimalkan selisih antara keduanya (Chan, 2024). Kedua metode tersebut merupakan metode berbeda yang dihasilkan dari pengembangan atau variasi dari metode *Chain Ladder* dengan kekurangan dan kelebihan masing-masing dalam mengestimasi cadangan klaim.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas metode-metode ini. Penelitian yang dilakukan oleh Triana, Novita, dan Sari (2021) dengan judul "*The Benktander Claim Reserving Method, Combining Chain Ladder Method and Bornhuetter-Ferguson Method Using Optimal Credibility*" membahas mengenai perhitungan estimasi cadangan klaim dengan menggunakan metode *Benktander* dengan menggabungkan metode *Chain Ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson* dengan menggunakan faktor kredibilitas yang optimal. Hasil dan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah metode *Benktander* memberikan estimasi cadangan yang moderat dibandingkan dengan metode *Chain Ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson*.

Penelitian oleh Rachim Chan (2024) dengan judul "*Risk Management of Insurance Companies with the Implementation of the Munich Chain Ladder Method in Claim Reserve Estimation*" menggunakan metode *Chain Ladder* dan *Munich Chain Ladder* untuk

menghitung estimasi cadangan klaim. Hasil dan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah metode *Munich Chain Ladder* menghasilkan gap antara hasil proyeksi estimasi klaim yang dibayarkan dengan klaim yang dilaporkan lebih kecil dibandingkan dengan metode *Chain Ladder*.

Penelitian oleh Haxhi dan Baholli (2015) dengan judul "*Application Of Munich Chain Ladder For An Albanian DMTPL Portfolio*" membahas mengenai perhitungan estimasi cadangan klaim dengan menggunakan metode *Standard Chain-Ladder* dan *Munich Chain Ladder* serta membandingkan hasil estimasi cadangan klaim dari kedua metode tersebut. Hasil dan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah metode *Standard Chain Ladder* tidak mempertimbangkan adanya korelasi antara klaim yang dibayarkan dan klaim yang terjadi. Dengan demikian, metode MCL digunakan untuk mengatasi selisih dari hasil estimasi klaim yang dibayarkan dan klaim yang terjadi.

Penelitian yang membahas mengenai perbandingan metode *Benktander* dan *Munich Chain Ladder* masih terbatas, khususnya pada produk asuransi *commercial multi-peril*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kedua metode tersebut dalam mengestimasi cadangan klaim asuransi *commercial multi-peril* berdasarkan nilai *prediction error* yang diperoleh. *Prediction error* yang digunakan adalah MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan MSE (*Mean Square Error*).

Berdasarkan ketersediaan dan kelengkapan data yang ada, maka data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari laporan tahunan salah satu perusahaan asuransi di Amerika. Data yang digunakan yaitu berada pada bagian asuransi *commercial multi-peril* periode 2013 – 2017. Data yang digunakan merupakan data historis klaim asuransi *commercial multi-peril* yang terdiri dari data *paid claims* (klaim yang telah dibayar), *incurred claims* (klaim yang terjadi), dan *earned premiums* (premi yang diperoleh perusahaan asuransi). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perusahaan asuransi dalam memilih metode yang lebih baik untuk melakukan estimasi cadangan klaim sehingga dapat mengambil keputusan yang lebih tepat mengenai urusan keuangan.

## KAJIAN TEORI

### CADANGAN KLAIM

Cadangan klaim merupakan banyaknya uang yang harus disiapkan oleh perusahaan asuransi untuk menyelesaikan pembayaran klaim-klaim yang telah terjadi namun belum terselesaikan (Majid dkk., 2018). Terdapat dua tipe cadangan klaim yaitu cadangan klaim yang sudah dilaporkan kepada perusahaan asuransi namun belum terselesaikan atau *Reported, But Not Settled* (RBNS), serta cadangan klaim yang sudah terjadi tetapi belum dilaporkan kepada perusahaan asuransi atau *Incurred, But Not Reported* (IBNR) (Marco & Suardi, 2024).

### RUN-OFF TRIANGLE

Menurut Antonio dkk. (2006) yang tertulis dalam penelitian yang dilakukan oleh Mutaqin dkk. (2008), *run-off triangle data* merupakan suatu data yang menyajikan informasi mengenai gambaran klaim secara keseluruhan, serta merupakan suatu ringkasan dari data set klaim. Data yang ada pada *run-off triangle data* biasanya tersaji dalam bentuk klaim inkremental atau kumulatif. Menurut Mutaqin dkk. (2023), klaim inkremental adalah besarnya klaim yang dilaporkan dengan keterlambatan pelaporan pada tahun  $j$  dan tahun terjadinya adalah  $i$ .

Misalkan  $C_{i,j}$  menyatakan besarnya klaim inkremental yang terjadi pada periode kejadian  $i$  dan dibayarkan atau dilaporkan pada periode penundaan  $j$ , dengan  $1 \leq i \leq n$  dan  $1 \leq j \leq n$ .  $n$  merupakan jumlah periode waktu dari data klaim historis yang digunakan untuk mengestimasi cadangan klaim. Sedangkan klaim kumulatif  $D_{i,j}$  menyatakan besarnya klaim kumulatif untuk klaim-klaim yang terjadi pada periode kejadian  $i$  dan dibayarkan hingga periode penundaan  $j$  (Mutaqin dkk., 2008).

Tabel 1 menyajikan mengenai *run-off triangle data* dan *future triangle data* dalam bentuk klaim inkremental. Baris pada tabel tersebut menunjukkan periode kejadian dan kolom menunjukkan periode penundaan. Sel-sel  $C_{i,j}$  dengan  $i + j \leq n + 1$  (sel berwarna putih) merupakan *run-off triangle data*, sedangkan sel-sel  $C_{i,j}$  dengan  $i + j > n + 1$  (sel berwarna kuning) merupakan *future triangle data*.

Tabel 1. *Run-off Triangle Data* dalam Bentuk Inkremental

Periode Kejadian (i)	Periode Penundaan (j)				
	1	2	...	$n - 1$	$n$
1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$
2	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	...	$C_{2,n-1}$	$C_{2,n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$n - 1$	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}$	...	$C_{n-1,n-1}$	$C_{n-1,n}$
$n$	$C_{n,1}$	$C_{n,2}$	...	$C_{n,n-1}$	$C_{n,n}$

Klaim kumulatif dapat diperoleh dengan menggunakan klaim inkremental melalui persamaan berikut:

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

*Run-off triangle data* dalam bentuk klaim kumulatif disajikan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. *Run-off Triangle Data* dalam Bentuk Kumulatif

Periode Kejadian (i)	Periode Penundaan (j)				
	1	2	...	$n - 1$	$n$
1	$D_{1,1}$	$D_{1,2}$	...	$D_{1,n-1}$	$D_{1,n}$
2	$D_{2,1}$	$D_{2,2}$	...	$D_{2,n-1}$	$D_{2,n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$n - 1$	$D_{n-1,1}$	$D_{n-1,2}$	...	$D_{n-1,n-1}$	$D_{n-1,n}$
$n$	$D_{n,1}$	$D_{n,2}$	...	$D_{n,n-1}$	$D_{n,n}$

### METODE BENKTANDER

Metode *Benktander* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk perhitungan estimasi cadangan klaim yang dihasilkan dari kombinasi antara metode *Chain Ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson* dengan menggunakan faktor kredibilitas (Triana dkk., 2021). Faktor kredibilitas yang digunakan adalah kredibilitas yang optimal yang bertujuan untuk meminimumkan prediction error dan variansi dari hasil estimasi cadangan klaim menggunakan metode *Benktander* (Novita dkk., 2018). Faktor kredibilitas ini akan digunakan untuk memberikan

bobot pada hasil estimasi cadangan klaim untuk metode *Chain Ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson*.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam mengestimasi cadangan klaim menggunakan metode *Benktander* adalah sebagai berikut:

1. Mengubah data *incremental run-off triangle paid claim* dan *incurred claim* menjadi *cumulative run-off triangle paid claim* dan *incurred claim*
2. Menghitung rasio kerugian dengan menggunakan persamaan berikut (Triana dkk., 2021).

$$m_j = \frac{\sum_{i=1}^{n+1-j} C_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n+1-j} v_i} \quad (2)$$

dengan  $m_j$  merupakan rasio kerugian pada periode penundaan ke- $j$  dan  $v_i$  menyatakan besarnya premi yang diperoleh oleh perusahaan asuransi pada periode kejadian klaim ke- $i$ .

3. Menghitung *Expected Loss Ratio* (ELR) atau rasio kerugian yang diharapkan dengan menggunakan persamaan berikut (Triana dkk., 2021).

$$ELR = \sum_{j=1}^n m_j \quad (3)$$

4. Menghitung *Burning Cost* atau jumlah uang yang diharapkan dapat digunakan oleh perusahaan asuransi untuk membayar kerugian berdasarkan premi yang diperoleh perusahaan dan ELR. Perhitungan tersebut dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut (Triana dkk., 2021).

$$U_i^{BC} = v_i \cdot ELR = v_i \sum_{j=1}^n m_j \quad (4)$$

dengan  $U_i^{BC}$  merupakan *Burning Cost* untuk periode kejadian ke- $i$ .

5. Menghitung faktor pembayaran berdasarkan rasio kerugian dengan menggunakan persamaan berikut (Triana dkk., 2021).

$$p_i = \frac{v_i \sum_{j=1}^{n+1-i} m_j}{U_i^{BC}} = \frac{\sum_{j=1}^{n+1-i} m_j}{\sum_{j=1}^n m_j} \quad (5)$$

dengan  $p_i$  merupakan faktor pembayaran berdasarkan rasio kerugian untuk periode kejadian ke- $i$ .

6. Menghitung faktor cadangan berdasarkan rasio kerugian dengan menggunakan persamaan berikut (Triana dkk., 2021).

$$q_i = 1 - p_i = \frac{\sum_{j=n-i+2}^n m_j}{\sum_{j=1}^n m_j} \quad (6)$$

dengan  $q_i$  merupakan faktor cadangan berdasarkan rasio kerugian untuk periode kejadian ke- $i$ .

7. Menghitung hasil estimasi cadangan klaim untuk metode *Chain Ladder* yang dimodifikasi dengan menggunakan persamaan berikut (Triana dkk., 2021).

$$\widehat{R}_i^{CL} = \frac{q_i}{p_i} D_{i,n+1-i}, i = 2, \dots, n \quad (7)$$

dengan  $\widehat{R}_i^{CL}$  merupakan total estimasi cadangan klaim untuk periode kejadian ke- $i$  untuk metode *Chain Ladder*.

8. Menghitung hasil estimasi cadangan klaim untuk metode *Bornhuetter-Ferguson* yang dimodifikasi dengan menggunakan persamaan berikut (Triana dkk., 2021).

$$\widehat{R}_i^{BF} = q_i \times v_i \times ELR, i = 2, \dots, n \quad (8)$$

dengan  $\widehat{R}_i^{BF}$  merupakan total estimasi cadangan klaim untuk periode kejadian ke- $i$  untuk metode *Bornhuetter-Ferguson*.

9. Menghitung faktor kredibilitas dengan menggunakan persamaan berikut (Triana dkk., 2021).

$$c_i = \frac{p_i}{p_i + \sqrt{p_i}} \quad (9)$$

dengan  $c_i$  menyatakan faktor kredibilitas untuk periode kejadian ke- $i$ .

10. Menghitung hasil estimasi cadangan klaim untuk metode *Benktander* dengan menggunakan persamaan berikut (Triana dkk., 2021).

$$\widehat{R}_i^{GB} = c_i \widehat{R}_i^{CL} + (1 - c_i) \widehat{R}_i^{BF}, i = 2, \dots, n \quad (10)$$

dengan  $\widehat{R}_i^{GB}$  merupakan total estimasi cadangan klaim untuk periode kejadian ke- $i$  untuk metode *Benktander*.

11. Menghitung total hasil estimasi cadangan klaim untuk seluruh periode kejadian dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\widehat{R}^{GB} = \sum_{i=2}^n \widehat{R}_i^{GB} \quad (11)$$

#### METODE MUNICH CHAIN LADDER

Menurut Quarg & Mack (2008) yang dituliskan dalam penelitian oleh Chan (2024), metode *Munich Chain Ladder* merupakan metode yang digunakan untuk estimasi cadangan klaim berdasarkan rasio antara kerugian yang dibayarkan dengan kerugian yang terjadi. Metode ini memberikan estimasi terpisah untuk klaim yang dibayar dan klaim yang

terjadi, namun hasilnya lebih mendekati satu sama lain (Haxhi dan Baholli, 2015).

Langkah-langkah yang dilakukan dalam mengestimasi cadangan klaim menggunakan metode *Munich Chain Ladder* adalah sebagai berikut:

1. Menghitung faktor pengembangan dengan menggunakan persamaan berikut (Chan, 2024).

$$f_{s \rightarrow j}^P = \frac{\sum_{i=1}^{n-s} C_{i,j}^P}{\sum_{i=1}^{n-s} C_{i,s}^P}, s = 1, 2, \dots, n-1 \quad (12)$$

$$f_{s \rightarrow j}^I = \frac{\sum_{i=1}^{n-s} C_{i,j}^I}{\sum_{i=1}^{n-s} C_{i,s}^I}, s = 1, 2, \dots, n-1 \quad (13)$$

dengan  $f_{s \rightarrow j}^P$  merupakan faktor pengembangan untuk kerugian yang dibayarkan dari periode penundaan ke-s hingga periode penundaan ke-j. Sedangkan  $f_{s \rightarrow j}^I$  merupakan faktor pengembangan untuk kerugian yang terjadi dari periode penundaan ke-s hingga periode penundaan ke-j.

2. Menghitung standar deviasi bersyarat dengan menggunakan persamaan berikut (Chan, 2024).

Untuk  $s = 1, 2, \dots, n-2$

$$(\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^P})^2 = \frac{1}{n-s-1} \sum_{i=1}^{n-s} C_{i,s}^P \left( \frac{C_{i,j}^P}{C_{i,s}^P} - f_{s \rightarrow j}^P \right)^2 \quad (14)$$

$$\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^P} = \sqrt{(\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^P})^2} \quad (15)$$

$$(\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^I})^2 = \frac{1}{n-s-1} \sum_{i=1}^{n-s} C_{i,s}^I \left( \frac{C_{i,j}^I}{C_{i,s}^I} - f_{s \rightarrow j}^I \right)^2 \quad (16)$$

$$\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^I} = \sqrt{(\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^I})^2} \quad (17)$$

dengan  $\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^P}$  merupakan standar deviasi bersyarat untuk kerugian yang terjadi dengan periode penundaan ke-s hingga periode penundaan ke-j. Sedangkan  $\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^I}$  merupakan standar deviasi bersyarat untuk kerugian yang terjadi dengan periode penundaan ke-s hingga periode penundaan ke-j.

3. Menghitung nilai harapan bersyarat dengan menggunakan persamaan berikut (Chan, 2024).

Untuk  $s = 1, 2, \dots, n-1$

$$\widehat{q}_s = \frac{\sum_{i=1}^{n-s+1} C_{i,s}^P}{\sum_{i=1}^{n-s+1} C_{i,s}^I} \quad (18)$$

$$\widehat{q}_s^{-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-s+1} C_{i,s}^I}{\sum_{i=1}^{n-s+1} C_{i,s}^P} \quad (19)$$

dengan  $\widehat{q}_s$  merupakan nilai harapan bersyarat untuk rasio (P/I) dan  $\widehat{q}_s^{-1}$  merupakan nilai harapan bersyarat untuk rasio (I/P) untuk periode penundaan ke-s.

4. Menghitung nilai variabilitas atau ketidakpastian relatif ( $\rho$ ) dengan menggunakan persamaan berikut (Chan, 2024).

Untuk  $s = 1, 2, \dots, n-1$

$$(\widehat{\rho_s^P})^2 = \frac{1}{n-s} \sum_{i=1}^{n-s+1} C_{i,s}^P \cdot (Q_{i,s}^{-1} - \widehat{q}_s^{-1})^2 \quad (20)$$

$$\widehat{\rho_s^P} = \sqrt{(\widehat{\rho_s^P})^2} \quad (21)$$

$$(\widehat{\rho_s^I})^2 = \frac{1}{n-s} \sum_{i=1}^{n-s+1} C_{i,s}^I \cdot (Q_{i,s} - \widehat{q}_s)^2 \quad (22)$$

$$\widehat{\rho_s^I} = \sqrt{(\widehat{\rho_s^I})^2} \quad (23)$$

dengan  $\widehat{\rho_s^P}$  merupakan nilai tingkat variabilitas atau ketidakpastian relatif dari klaim yang dibayarkan, sedangkan  $\widehat{\rho_s^I}$  merupakan nilai tingkat variabilitas atau ketidakpastian relatif dari klaim yang terjadi untuk periode penundaan ke-s.

5. Menghitung residual bersyarat dengan menggunakan persamaan berikut (Chan, 2024).

$$\widehat{res}(C_{i,j}^P) = \frac{\frac{C_{i,j}^P}{C_{i,s}^P} - f_{s \rightarrow j}^P}{\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^P}} \sqrt{C_{i,s}^P} \quad (24)$$

$$\widehat{res}(C_{i,j}^I) = \frac{\frac{C_{i,j}^I}{C_{i,s}^I} - f_{s \rightarrow j}^I}{\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^I}} \sqrt{C_{i,s}^I} \quad (25)$$

$$\widehat{res}(Q_{i,s}^{-1}) = \frac{Q_{i,s}^{-1} - \widehat{q}_s^{-1}}{\widehat{\rho_s^P}} \sqrt{C_{i,s}^P} \quad (26)$$

$$\widehat{res}(Q_{i,s}) = \frac{Q_{i,s} - \widehat{q}_s}{\widehat{\rho_s^I}} \sqrt{C_{i,s}^I} \quad (27)$$

dengan  $\widehat{res}(C_{i,j}^P)$  merupakan residual bersyarat dari rasio faktor pengembangan klaim yang dibayarkan,  $\widehat{res}(C_{i,j}^I)$  merupakan residual bersyarat dari rasio faktor pengembangan klaim yang terjadi,  $\widehat{res}(Q_{i,s}^{-1})$  merupakan residual bersyarat dari rasio (I/P), dan  $\widehat{res}(Q_{i,s})$  merupakan residual bersyarat dari rasio (P/I).

6. Menghitung koefisien korelasi dengan menggunakan persamaan berikut (Haxhi & Baholli, 2015).

$$\lambda^P = \text{corr}(\widehat{res}(Q_{i,s}^{-1}), \widehat{res}(C_{i,j}^P)) \quad (28)$$

$$\lambda^I = \text{corr}(\widehat{res}(Q_{i,s}), \widehat{res}(C_{i,j}^I)) \quad (29)$$

7. Menghitung hasil estimasi  $\widehat{C}_{i,j}^P$  dan  $\widehat{C}_{i,j}^I$  dengan menggunakan persamaan berikut (Chan, 2024).

$$\widehat{C}_{i,j}^P = \widehat{C}_{i,s}^P \left( f_{s \rightarrow j}^P + \lambda^P \frac{\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^P}}{\widehat{\rho_s^P}} \left( \frac{C_{i,j}^I}{\widehat{C}_{i,s}^I} - \widehat{q}_s^{-1} \right) \right) \quad (30)$$

$$\widehat{C}_{i,j}^I = \widehat{C}_{i,s}^I \left( f_{s \rightarrow j}^I + \lambda^I \frac{\widehat{\sigma}_{s \rightarrow j}^I}{\widehat{\rho}_s^I} \left( \frac{\widehat{C}_{i,s}^P}{\widehat{C}_{i,s}^I} - \widehat{q}_s \right) \right) \quad (31)$$

8. Mengubah hasil estimasi dalam bentuk incremental menjadi bentuk kumulatif.
9. Menghitung hasil estimasi cadangan klaim untuk setiap periode kejadian dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\widehat{R}_i^{MCL} = D_{i,n} - D_{i,n-i+1}, i = 2, \dots, n \quad (32)$$

dengan  $\widehat{R}_i^{MCL}$  merupakan total estimasi cadangan klaim untuk periode kejadian ke- $i$  untuk metode *Munich Chain Ladder*.

10. Menghitung total hasil estimasi cadangan klaim untuk seluruh periode kejadian dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\widehat{R}^{MCL} = \sum_{i=2}^n \widehat{R}_i^{MCL} \quad (33)$$

#### PREDICTION ERROR

*Prediction Error* digunakan untuk mengevaluasi hasil estimasi yang telah diperoleh melalui tingkat keakuratan dari estimasi tersebut (Paramita dkk., 2018). Dua metode yang dapat digunakan sebagai *prediction error* adalah MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan MSE (*Mean Square Error*). MAPE merepresentasikan mengenai seberapa besar kesalahan estimasi yang telah diperoleh jika dibandingkan dengan nilai yang sebenarnya (Mack, 1993). Nilai MAPE yang lebih kecil menunjukkan bahwa metode yang digunakan untuk melakukan estimasi lebih baik (Chan, 2024). Nilai MSE merepresentasikan ukuran rata-rata kuadrat dari kesalahan (*error*) antara nilai aktual dengan nilai hasil prediksi. Metode yang terbaik merupakan metode yang menghasilkan nilai MSE yang paling kecil (Novita dkk., 2018). Nilai MAPE dan MSE dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{|A_t - F_t|}{A_t} \cdot 100\% \quad (34)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum (A_t - F_t)^2 \quad (35)$$

dengan,

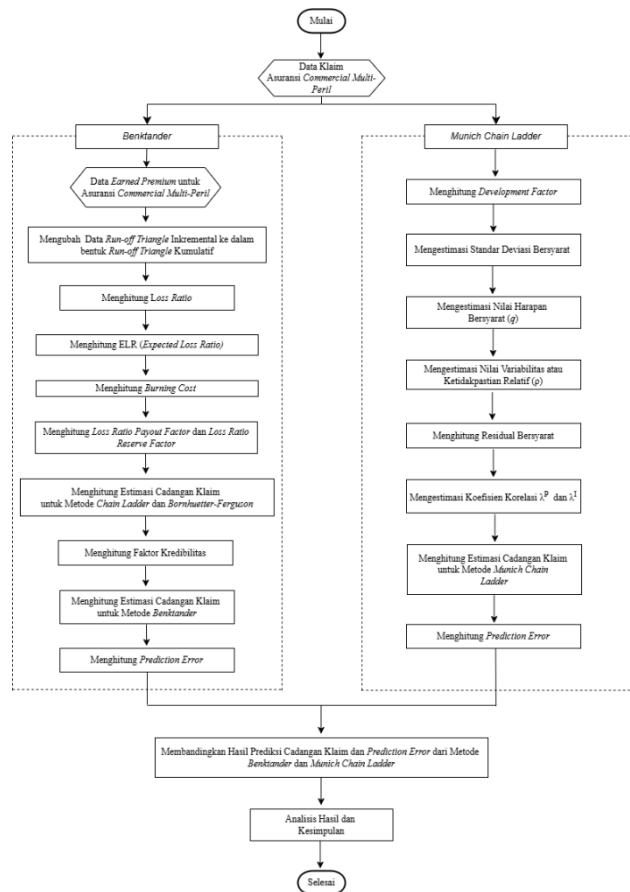
$A_t$  = nilai aktual

$F_t$  = nilai hasil estimasi

#### METODE

Jenis penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang melibatkan penggunaan data

historis klaim untuk melakukan perhitungan estimasi cadangan klaim dengan menggunakan metode *Benktander* dan *Munich Chain Ladder*. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data *paid claim*, *incurred claim*, dan *earned premium* periode 2013-2017 dari asuransi *commercial multi-peril*. Data yang digunakan bersumber dari laporan tahunan perusahaan asuransi di Amerika Serikat. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan mengumpulkan data historis dengan instrument penelitian berupa dokumentasi.



Gambar 1. Alur Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### DATA YANG DIGUNAKAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang berisikan data *paid claims*, *incurred claims*, dan *earned premium* dari asuransi *commercial multi-peril* periode 2013-2017. Data *paid claims* dan *incurred claims* yang diperoleh berbentuk *run-off triangle*. Berikut merupakan data yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3. Data Premi yang Diperoleh Perusahaan

Tahun	Earned Premium (dalam juta dolar)
2013	3093
2014	3071
2015	3133
2016	3148
2017	3198

Tabel 4. Data Paid Claims Periode 2013-2017 dalam Bentuk Incremental Run-Off Triangle

Perode Kejadian	Periode Penundaan				
	1	2	3	4	5
1	644	987	1167	1304	1410
2	628	956	1154	1328	
3	595	970	1144		
4	585	950			
5	716				

Tabel 5. Data Incurred Claims Periode 2013-2017 dalam Bentuk Incremental Run-Off Triangle

Perode Kejadian	Periode Penundaan				
	1	2	3	4	5
1	1615	1623	1620	1609	1591
2	1663	1627	1625	1617	
3	1568	1625	1593		
4	1662	1623			
5	1872				

#### ESTIMASI CADANGAN KLAIM MENGGUNAKAN METODE BENKTANDER

Misalkan  $C_{i,j}$  merupakan besarnya klaim inkremental dengan periode kejadian  $i$  dan periode penundaan  $j$ , dengan  $1 \leq i \leq 5$  dan  $1 \leq j \leq 5$ . Dengan menggunakan persamaan (1), maka akan diperoleh  $D_{i,j}$  yang menyatakan besarnya klaim kumulatif untuk klaim-klaim yang terjadi pada periode kejadian  $i$  dan dibayarkan hingga periode penundaan  $j$ .

Tabel 6. Data Run-Off Triangle Paid Claims dalam Bentuk Kumulatif

Perode Kejadian	Periode Penundaan				
	1	2	3	4	5
1	644	1631	2798	4102	5512
2	628	1584	2738	4066	
3	595	1565	2709		
4	585	1535			
5	716				

Tabel 7. Data Run-Off Triangle Incurred Claims dalam Bentuk Kumulatif

Perode Kejadian	Periode Penundaan				
	1	2	3	4	5
1	1615	3238	4858	6467	8058
2	1663	3290	4915	6532	
3	1568	3193	4786		
4	1662	3285			
5	1872				

Selanjutnya, akan dihitung rasio kerugian setiap periode penundaan yang diperoleh dengan membagi total klaim inkremental dengan total premi yang diterima. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai ELR sebesar 1,768 untuk kerugian yang dibayar dan 2,616 untuk kerugian yang terjadi dengan nilai rasio kerugian yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 8. Rasio Kerugian

$j$	1	2	3	4	5
$m_{j\_P}$	0,203	0,310	0,373	0,427	0,456
$m_{j\_I}$	0,536	0,522	0,520	0,523	0,514

dengan  $m_{j\_P}$  merupakan rasio kerugian untuk kerugian yang dibayar dan  $m_{j\_I}$  merupakan rasio kerugian untuk kerugian yang terjadi.

Nilai ELR yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung *burning cost* yang diperoleh dengan mengalikan nilai ELR dengan premi yang diperoleh. Selanjutnya akan dihitung nilai faktor pembayaran dan faktor cadangan berdasarkan rasio kerugian yang akan digunakan dalam perhitungan estimasi cadangan klaim untuk metode *Chain Ladder* dan

*Bornhuetter-Ferguson* yang telah dimodifikasi. Setelah diperoleh hasil estimasi untuk kedua metode tersebut, kemudian akan dihitung nilai faktor kredibilitas untuk setiap periode kejadian yang akan digunakan untuk memperoleh hasil estimasi cadangan klaim untuk metode *Benktander*. Berikut merupakan nilai-nilai yang telah diperoleh.

Tabel 9. Nilai  $U_i^{BC}$ ,  $p_i$ ,  $q_i$  dan  $c_i$ 

$i$	1	2	3	4	5
<i>Paid</i>					
$U_i^{BC}$	5470	5431	5541	5567	5656
$p_i$	1,000	0,742	0,501	0,290	0,115
$q_i$	0,000	0,258	0,499	0,710	0,885
$c_i$	0,500	0,463	0,414	0,350	0,253
<i>Incurred</i>					
$U_i^{BC}$	8091	8034	8196	8235	8366
$p_i$	1,000	0,803	0,603	0,404	0,205
$q_i$	0,000	0,197	0,397	0,596	0,795
$c_i$	0,500	0,473	0,437	0,389	0,312

Nilai-nilai yang telah diperoleh dalam tabel di atas akan digunakan untuk memperoleh hasil estimasi cadangan klaim yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 10. Hasil Estimasi Cadangan Klaim Menggunakan Metode *Benktander*

Tahun	2013	2014	2015	2016	2017
<i>Paid</i>					
$\widehat{R}_t^{CL}$	0	1412	2701	3757	5536
$\widehat{R}_t^{BF}$	0	1400	2766	3953	5008
$\widehat{R}_t^{GB}$	0	1406	2739	3884	5142
<i>Incurred</i>					
$\widehat{R}_t^{CL}$	0	1599	3147	4839	7269
$\widehat{R}_t^{BF}$	0	1580	3251	4905	6653
$\widehat{R}_t^{GB}$	0	1589	3206	4879	6845

Dari hasil perhitungan tersebut, maka diperoleh total hasil estimasi cadangan klaim untuk seluruh

periode kejadian menggunakan metode *Benktander* untuk kerugian yang dibayar adalah 13170 juta dolar dan untuk kerugian yang terjadi adalah 16518 juta dolar.

#### ESTIMASI CADANGAN KLAIM MENGGUNAKAN METODE MUNICH CHAIN LADDER

Data klaim yang digunakan dalam menghitung estimasi cadangan klaim menggunakan metode Munich Chain Ladder adalah data klaim dalam bentuk inkremental. Langkah awal yang dilakukan adalah menghitung nilai faktor pengembangan untuk kerugian yang dibayar dan kerugian yang terjadi. Nilai faktor pengembangan yang telah diperoleh selanjutnya akan digunakan untuk menghitung nilai standar deviasi bersyarat. Nilai-nilai tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel 11. Nilai Faktor Pengembangan dan Standar Deviasi Bersyarat

$s \rightarrow j$	1 → 2	2 → 3	3 → 4	4 → 5
$f_{s \rightarrow j}^P$	1,5754	1,1895	1,1340	1,0813
$f_{s \rightarrow j}^I$	0,9985	0,9924	0,9941	0,9888
$(\sigma_{s \rightarrow j}^P)^2$	2,0395	0,2230	0,6467	0,0000
$(\sigma_{s \rightarrow j}^I)^2$	0,4739	0,0510	0,0005	0,0000
$\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^P}$	1,4281	0,4723	0,8042	0,0000
$\widehat{\sigma_{s \rightarrow j}^I}$	0,6884	0,2259	0,0217	0,0000

Dengan menggunakan data klaim yang digunakan, akan dihitung nilai harapan bersyarat untuk rasio (I/P) dan (P/I). Nilai harapan bersyarat yang telah diperoleh akan digunakan untuk menghitung nilai tingkat variabilitas atau ketidakpastian relatif untuk klaim yang dibayar dan klaim yang terjadi. Nilai-nilai yang diperoleh tersebut disajikan pada tabel berikut.



Tabel 12. Nilai Harapan Bersyarat dan Variabilitas atau Ketidakpastian Relatif

$s$	1	2	3	4
$\hat{q}_s$	0,3780	0,5945	0,7162	0,8159
$\hat{q}_s^{-1}$	2,6452	1,6821	1,3962	1,2257
$(\hat{\rho}_s^P)^2$	8,8338	0,8274	0,1278	0,1743
$(\hat{\rho}_s^I)^2$	0,4655	0,1751	0,0468	0,0946
$\hat{\rho}_s^P$	2,9722	0,9096	0,3575	0,4175
$\hat{\rho}_s^I$	0,6823	0,4185	0,2163	0,3076

Selanjutnya akan dihitung nilai residual bersyarat menggunakan nilai-nilai yang telah diperoleh pada perhitungan sebelumnya. Nilai residual bersyarat tersebut terdiri dari nilai residual bersyarat untuk faktor pengembangan kerugian yang dibayar dan kerugian yang terjadi yang dinotasikan dengan  $\widehat{res}(C_{i,j}^P)$  dan  $\widehat{res}(C_{i,j}^I)$ . Selain itu, terdapat nilai residual bersyarat untuk rasio (I/P) dan (P/I) yang dinotasikan dengan  $\widehat{res}(Q_{i,s}^{-1})$  dan  $\widehat{res}(Q_{i,s})$ . Nilai residual yang telah diperoleh disajikan pada tabel-tabel berikut.

Tabel 13. Nilai  $\widehat{res}(C_{i,j}^P)$ 

$\widehat{res}(C_{i,j}^P)$	1 → 2	2 → 3	3 → 4	4 → 5
1	-0,7613	-0,4740	-0,7051	
2	-0,9328	1,1535	0,7091	
3	0,9361	-0,6670		
4	0,8211			
5				

Tabel 14. Nilai  $\widehat{res}(C_{i,j}^I)$ 

$\widehat{res}(C_{i,j}^I)$	1 → 2	2 → 3	3 → 4	4 → 5
1	0,3789	1,0237	-1,7334	
2	-1,1914	1,1355	-3,4226	
3	2,1795	-2,1593		
4	-1,2987			
5				

Tabel 15. Nilai  $\widehat{res}(Q_{i,s}^{-1})$ 

	1	2	3	4	5
1	-1,1735	-1,3033	-0,7714	0,7103	
2	0,0243	0,6720	1,1305	-0,7039	
3	-0,0813	-0,2347	-0,3563		
4	1,5936	0,8915			
5	-0,2762				

Tabel 16. Nilai  $\widehat{res}(Q_{i,s})$ 

	1	2	3	4	5
1	1,2204	1,3134	0,7750	-0,7080	
2	-0,0246	-0,6657	-1,1277	0,7062	
3	0,0825	0,2343	0,3574		
4	-1,5570	-0,8814			
5	0,2813				

Nilai residual yang telah diperoleh akan digunakan untuk memperoleh nilai koefisien korelasi  $\lambda^P$  dan  $\lambda^I$ . Koefisien korelasi  $\lambda^P$  merupakan korelasi antara  $\widehat{res}(C_{i,j}^P)$  dan  $\widehat{res}(Q_{i,s}^{-1})$ , sedangkan  $\lambda^I$  merupakan korelasi antara  $\widehat{res}(C_{i,j}^I)$  dan  $\widehat{res}(Q_{i,s})$ . Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai  $\lambda^P = 0,7216$  dan  $\lambda^I = 0,3706$ .

Selanjutnya adalah menghitung hasil estimasi  $C_{i,j}^P$  dan  $C_{i,j}^I$  dengan menggunakan nilai-nilai yang telah diperoleh pada langkah sebelumnya. Hasil estimasi Hasil perhitungan tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel 17. Hasil Estimasi  $C_{i,j}^P$ 

$C_{i,j}^P$	1	2	3	4	5
1	644	987	1167	1304	1410
2	628	956	1154	1328	1436
3	595	970	1144	1290	1395
4	585	950	1139	1319	1427
5	716	1120	1328	1514	1638

Tabel 18. Hasil Estimasi  $C_{i,j}^I$ 

$C_{i,j}^I$	1	2	3	4	5
1	1615	1623	1620	1609	1591
2	1663	1627	1625	1617	1599
3	1568	1625	1593	1584	1566
4	1662	1623	1608	1598	1580
5	1872	1872	1859	1848	1828

Hasil estimasi cadangan klaim yang diperoleh tersebut dalam bentuk inkremental. Hasil estimasi tersebut akan diubah ke dalam bentuk kumulatif sehingga diperoleh hasil estimasi  $D_{i,j}^P$  dan  $D_{i,j}^I$  yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 19. Hasil Estimasi  $D_{i,j}^P$ 

$D_{i,j}^P$	1	2	3	4	5
1	644	1631	2798	4102	5512
2	628	1584	2738	4066	5502
3	595	1565	2709	3999	5394
4	585	1535	2674	3994	5420
5	716	1836	3164	4679	6316

Tabel 20. Hasil Estimasi  $D_{i,j}^I$ 

$D_{i,j}^I$	1	2	3	4	5
1	1615	3238	4858	6467	8058
2	1663	3290	4915	6532	8131
3	1568	3193	4786	6370	7936
4	1662	3285	4893	6491	8071
5	1872	3744	5604	7452	9280

Selanjutnya akan dihitung hasil estimasi cadangan klaim untuk setiap periode kejadian untuk kerugian yang dibayar dan kerugian yang terjadi. Hasil estimasi tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel 21. Hasil Estimasi Cadangan Klaim Menggunakan Metode *Munich Chain Ladder*

Tahun	<i>Munich Chain Ladder</i>	
	<i>Paid Claims</i>	<i>Incurred Claims</i>
2013	0	0
2014	1436	1599
2015	2685	3150
2016	3885	4786
2017	5600	7408
<b>Total</b>	<b>13607</b>	<b>16942</b>

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa total hasil estimasi cadangan klaim seluruh periode kejadian untuk klaim yang dibayar adalah 13607 juta dolar dan untuk klaim yang terjadi adalah 16942 juta dolar.

#### PREDICTION ERROR

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, diperoleh hasil estimasi cadangan klaim dengan menggunakan metode *Benktander* dan *Munich Chain Ladder* yang secara singkat disajikan pada tabel berikut.

Tabel 22. Hasil Estimasi Cadangan Klaim

Tahun	<i>Paid Claims</i>		<i>Incurred Claims</i>	
	<i>Benktander</i>	<i>Munich Chain Ladder</i>	<i>Benktander</i>	<i>Munich Chain Ladder</i>
2013	0	0	0	0
2014	1406	1436	1589	1599
2015	2739	2685	3206	3150
2016	3884	3885	4879	4786
2017	5142	5600	6845	7408
<b>Total</b>	<b>13170</b>	<b>13607</b>	<b>16518</b>	<b>16942</b>

Hasil estimasi ini selanjutnya dibandingkan dengan nilai actual untuk menghitung nilai prediction error, yaitu Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dan Mean Squared Error (MSE).

Berikut merupakan data aktual klaim yang dibayarkan dan klaim yang terjadi.

Tabel 23. Data Klaim Aktual

Tahun	Cadangan Klaim Aktual ( <i>Paid Claims</i> )	Cadangan Klaim Aktual ( <i>Incurred Claims</i> )
2013	0	0
2014	1448	1626
2015	2719	3203
2016	3784	4789
2017	5792	7738

Dengan menggunakan Persamaan (34) dan (35), akan diperoleh nilai MAPE dan MSE untuk masing-masing metode. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai MAPE dan MSE untuk masing-masing metode yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 24. Nilai MAPE dan MSE (*Paid*)

Metode	<i>Benktander</i>	<i>Munich Chain Ladder</i>
<i>Paid</i>		
MAPE	4,38%	2,01%
MSE	108817,898	12061,775
<i>Incurred</i>		
MAPE	3,95%	1,92%
MSE	201814,306	28119,876

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada tabel di atas, diperoleh bahwa metode *Munich Chain Ladder* memiliki nilai MAPE dan MSE yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai MAPE dan MSE metode *Benktander*.

## PENUTUP

## SIMPULAN

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, metode *Benktander* memiliki nilai MAPE 4,38% dan MSE 108817,8979 untuk hasil estimasi cadangan klaim yang dibayar, serta nilai MAPE 3,95% dan MSE

201814,3056 untuk hasil estimasi cadangan klaim yang terjadi. Metode *Munich Chain Ladder* memiliki nilai MAPE sebesar 2,01% dan MSE sebesar 12061,7747 untuk hasil estimasi cadangan klaim yang dibayar, serta memiliki nilai MAPE sebesar 1,92% dan MSE sebesar 28119,8755 untuk hasil estimasi cadangan klaim yang terjadi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa metode *Munich Chain Ladder* memiliki performa yang lebih baik dalam mengestimasi cadangan klaim asuransi *commercial multi-peril* daripada metode *Benktander* karena memiliki nilai MAPE dan MSE yang lebih kecil.

## SARAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini memiliki keterbatasan, karena hanya mencakup periode waktu selama 5 tahun. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat menggunakan data dengan rentang waktu yang lebih panjang untuk mengetahui performa metode *Benktander* dan *Munich Chain Ladder* dalam mengestimasi cadangan klaim asuransi *commercial multi-peril*. Selain itu, penelitian selanjutnya juga dapat mengeksplorasi metode lain dalam mengestimasi cadangan klaim untuk asuransi *commercial multi-peril*, sehingga memungkinkan perbandingan yang lebih luas dalam menilai efektivitas berbagai metode.

## DAFTAR PUSTAKA

- Haxhi, K., & Baholli, B. (2015). Application of Munich Chain Ladder for an Albanian DMTPL Portfolio. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, 2(7), 1843-1846.
- Majid, A. B. F. A., Puspita, E., & Agustina, F. (2018). Penggunaan Metode Bornhuetter-Ferguson pada Peramalan Besar Cadangan Claims Asuransi. *Eureka Matika*, 6(1), 54-61.
- Mack, T. (1993). Distribution-Free Calculation of the Standard Error of Chain Ladder Reserve Estimates. *ASTIN Bulletin*, 23(2), 213-225.
- Marco, F. A., & Suardi, L. (2024). Implementasi Metode Bornhuetter-Ferguson dan Benktander-Hovinen untuk Perhitungan Cadangan Klaim IBNR Kendaraan Bermotor PT. XYZ. *MATHunesa Jurnal Ilmiah Matematika*, 12(03), 615-521.
- Mutaqin, A. K., Tampubolon, D. R., & Darwis, S. (2008). Run-Off Triangle Data dan Permasalahannya. *Statistika*, 8(1), 55-59.

- Novita, M., Triana, S., & Sari, S. F. (2018). Mean Squared Error Metode Chain Ladder, Bornhuetter-Ferguson, dan Benktander dalam Prediksi Cadangan Klaim Asuransi Umum. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika*, 2(2), 93-100.
- Otoritas Jasa Keuangan (OJK). 2018. Mengenal Perusahaan Asuransi. [sikapiuangmu.ojk.go.id](http://sikapiuangmu.ojk.go.id)
- Paramita, R., Umbara, R., & Rohmawati, A. (2018). Pemodelan besar klaim asuransi menggunakan model exponential autoregressive conditional amount (EACA). *e-Proceeding of Engineering*, 5(2), 3783-3791.
- Rachim Chan dkk. (2024). Risk Management Of Insurance Companies With The Implementation Of The Munich Chain Ladder Method In Claim Reserve Estimation. *Journal Eduvest*. 4 (7): 6259-6276
- Tee, L., Käärik, M., & Viin, R. (2017). On Comparison of Stochastic Reserving Methods with Bootstrapping. *Risks*, 5(1), 2. <https://doi.org/10.3390/risks5010002>
- The Travelers Companies, Inc. (2022). 2022 Annual Report. <https://investor.travelers.com/financial-information/annual-reports/default.aspx>
- Triana, S., Novita, M., & Sari, S. F. (2021). The Benktander Claim Reserving Method, Combining Chain Ladder Method and Bornhuetter-Ferguson Method Using Optimal Credibility. *Journal of Physics: Conference Series*, 1725, 012087. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1725/1/012087>
- Yulita, T., & Effendie, A. (2022). Estimation of IBNR and RBNS Reserves Using RDC Method and Gamma Generalized Linear Model. *Media Statistika*, 15(1), 24-35. <https://doi.org/10.14710/medstat.15.1.24-35>