

Analisis Perbandingan Metode *Mack Chain-Ladder* dan *Bornhutter Ferguson* dalam Estimasi Cadangan Klaim untuk Mendukung Perencanaan Ekonomi Wilayah

Nicea Roona Paranoan^{1*}, Rita Raya², Ayub Sahala Gultom³, Abraham⁴

^{1,2}Program Studi Statistika, Universitas Cenderawasih, Indonesia

³Program Studi Planologi, Universitas Cenderawasih, Indonesia

⁴Program Studi Matematika, Universitas Cenderawasih, Indonesia

E-mail: nicearoonal2@gmail.com



©2026 J-HEST FDI DPD Sulawesi Barat. Ini adalah artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY-NC-4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

ABSTRACT

Claims reserve estimation is a fundamental aspect of the insurance industry for maintaining financial stability and supporting effective risk management. In addition, claim reserve estimates can serve as an important indicator for regional economic planning, particularly in anticipating economic uncertainty and potential losses caused by disasters. This study aims to compare the performance of the Mack Chain-Ladder and Bornhuetter-Ferguson methods in estimating claims reserves and to examine their implications for regional economic planning. A comparative quantitative approach was employed using historical claims data. Both methods were applied to evaluate estimation accuracy and stability under different data characteristics. The results indicate that the Mack Chain-Ladder method performs better when claim development patterns are stable and well established, whereas the Bornhuetter-Ferguson method provides more reliable estimates under conditions of high uncertainty or limited historical information. These findings suggest that the selection of an appropriate claims reserve estimation method should be based on the characteristics of the available data to improve estimation accuracy. In the context of regional economic planning, reliable claims reserve estimates can support decision-making related to risk mitigation, resource allocation, and the formulation of sustainable and risk-based development policies.

Keywords: *Bornhuetter-Ferguson, Claims Reserving, Claims Reserves, Mack Chain-Ladder, Run-off Triangle.*

ABSTRAK

Perhitungan cadangan klaim merupakan aspek penting dalam industri asuransi untuk menjaga stabilitas keuangan perusahaan serta mendukung pengelolaan risiko. Selain itu, estimasi cadangan klaim dapat menjadi salah satu indikator dalam perencanaan ekonomi daerah, khususnya dalam mengantisipasi dampak ketidakpastian ekonomi dan potensi kerugian akibat bencana. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja metode Mack Chain-Ladder dan Bornhuetter-Ferguson dalam mengestimasi cadangan klaim serta menganalisis implikasinya terhadap perencanaan ekonomi daerah. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif dengan memanfaatkan data klaim historis. Kedua metode diterapkan untuk mengevaluasi hasil estimasi berdasarkan tingkat akurasi dan stabilitas pada karakteristik data yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Mack Chain-Ladder menghasilkan estimasi yang lebih sesuai pada data dengan pola perkembangan klaim yang stabil, sedangkan metode Bornhuetter-Ferguson memberikan estimasi yang lebih andal pada data yang memiliki tingkat ketidakpastian tinggi atau informasi historis yang terbatas. Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan metode estimasi cadangan klaim perlu disesuaikan dengan karakteristik data agar menghasilkan estimasi yang lebih akurat. Dalam konteks perencanaan ekonomi daerah, estimasi cadangan klaim yang andal dapat mendukung pengambilan keputusan dalam mitigasi risiko, alokasi sumber daya, serta penyusunan kebijakan pembangunan yang berkelanjutan dan berbasis risiko.

Kata kunci: Cadangan Klaim, Bornhuetter-Ferguson, Mack Chain-Ladder, Reserving Klaim, Segitiga Klaim.

PENDAHULUAN

Cadangan klaim merupakan salah satu komponen utama dalam industri asuransi karena mencerminkan estimasi kewajiban perusahaan terhadap klaim yang belum diselesaikan (*outstanding claims*). Estimasi cadangan klaim yang akurat berperan penting dalam menjaga solvabilitas perusahaan, memenuhi ketentuan regulasi, serta mendukung pengelolaan risiko secara berkelanjutan (Wüthrich & Merz, 2023; England & Verrall, 2022). Kesalahan dalam estimasi cadangan klaim dapat menyebabkan kekurangan dana (*under-reserving*) maupun kelebihan pencadangan (*over-reserving*), yang keduanya berpotensi menimbulkan kerugian finansial dan mengganggu stabilitas perusahaan asuransi (Avanzi et al., 2021).

Pada asuransi kesehatan, proses estimasi cadangan klaim menjadi lebih kompleks dibandingkan jenis asuransi lainnya karena dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti perubahan pola penyakit, perkembangan teknologi medis, inflasi biaya kesehatan, perubahan demografi, serta meningkatnya frekuensi penggunaan layanan kesehatan (WHO, 2023; Jakovljevic et al., 2020). Kondisi tersebut menyebabkan perkembangan klaim (*claim development*) menjadi lebih dinamis sehingga metode estimasi yang digunakan harus mampu menghasilkan cadangan yang akurat pada berbagai karakteristik data.

Berbagai metode aktuaria telah dikembangkan untuk mengestimasi cadangan klaim, di antaranya metode Mack Chain-Ladder dan Bornhuetter-Ferguson. Metode Mack Chain-Ladder merupakan pengembangan dari metode Chain-Ladder klasik yang menyediakan estimasi cadangan sekaligus ukuran ketidakpastian melalui pendekatan stokastik tanpa mengasumsikan distribusi probabilitas tertentu (Mack, 1993; Wüthrich & Merz, 2023). Metode ini banyak digunakan karena sederhana dan efektif ketika pola perkembangan klaim bersifat stabil. Namun, akurasi dapat menurun apabila terjadi perubahan pola klaim akibat faktor eksternal, seperti pandemi, perubahan regulasi, atau perubahan karakteristik portofolio (Richman & Wüthrich, 2021).

Sebaliknya, metode Bornhuetter-Ferguson mengombinasikan pengalaman historis dengan estimasi awal (*a priori estimate*) sehingga lebih

toleran terhadap data yang belum berkembang sepenuhnya (*immature claims*) maupun kondisi data yang memiliki tingkat volatilitas tinggi (England & Verrall, 2022; Alai et al., 2020). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode ini cenderung menghasilkan estimasi yang lebih stabil dibandingkan metode Chain-Ladder pada kondisi data yang tidak lengkap atau memiliki fluktuasi besar (Antonio & Plat, 2021).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas penerapan kedua metode tersebut pada berbagai jenis asuransi. Namun, sebagian besar penelitian hanya berfokus pada evaluasi hasil estimasi cadangan tanpa melakukan analisis komparatif yang mendalam terhadap karakteristik data yang memengaruhi kinerja masing-masing metode, khususnya pada data klaim asuransi kesehatan. Selain itu, perkembangan kondisi klaim pascapandemi dan meningkatnya volatilitas biaya kesehatan menuntut evaluasi kembali terhadap metode reserving yang selama ini digunakan dalam praktik aktuaria. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang membandingkan kedua metode tersebut pada karakteristik data yang berbeda sehingga dapat memberikan dasar pemilihan metode yang lebih tepat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja metode Mack Chain-Ladder dan Bornhuetter-Ferguson dalam mengestimasi cadangan klaim pada asuransi kesehatan. Perbandingan dilakukan berdasarkan hasil estimasi cadangan dan karakteristik data klaim yang dihadapi. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu aktuaria, khususnya dalam pemilihan metode reserving yang sesuai dengan kondisi data, serta menjadi referensi bagi perusahaan asuransi dalam meningkatkan akurasi estimasi cadangan klaim dan mendukung pengelolaan risiko yang lebih efektif.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode komparatif untuk membandingkan hasil estimasi cadangan klaim menggunakan metode Mack Chain-Ladder dan Bornhuetter-Ferguson. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa data historis klaim dan premi asuransi yang disusun dalam bentuk run-off triangle. Pengambilan sampel dilakukan secara

acak (*random sampling*) menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk memperoleh data yang representatif dan meminimalkan bias.

Run-Off Triangle

Data historis klaim disusun dalam bentuk run-off triangle, yaitu penyajian data klaim berdasarkan

accident year dan development year. Data ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan cadangan klaim menggunakan metode Mack Chain-Ladder maupun Bornhuetter-Ferguson. Run-off triangle dapat disajikan dalam bentuk incremental maupun cumulative, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. *Run-off Triangle* dalam Bentuk *Incremental*

Accident Year	Development Year						
	0	1	...	<i>k</i>	...	<i>n - 1</i>	<i>n</i>
0	$S_{0,0}$	$S_{0,1}$	...	$S_{0,k}$	...	$S_{0,n-1}$	$S_{0,n}$
1	$S_{1,0}$	$S_{1,1}$	...	$S_{1,k}$	...	$S_{k,n-1}$	$S_{1,n}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<i>i</i>	$S_{i,0}$	$S_{i,1}$	...	$S_{i,k}$	...	$S_{i,n-1}$	$S_{i,n}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<i>n - 1</i>	$S_{n-1,0}$	$S_{n-1,1}$	...	$S_{n-1,k}$	...	$S_{n-1,n-1}$	$S_{n-1,n}$
<i>n</i>	$S_{n,0}$	$S_{n,1}$	...	$S_{n,k}$	...	$S_{n,n-1}$	$S_{n,n}$

Tabel 2. *Run-off Triangle* dalam Bentuk *Cumulative*

Accident Year	Development Year						
	0	1	...	<i>k</i>	...	<i>n - 1</i>	<i>n</i>
0	$C_{0,0}$	$C_{0,1}$	...	$C_{0,k}$	...	$C_{0,n-1}$	$C_{0,n}$
1	$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	...	$C_{1,k}$	...	$C_{k,n-1}$	$C_{1,n}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<i>i</i>	$C_{i,0}$	$C_{i,1}$	...	$C_{i,k}$	...	$C_{i,n-1}$	$C_{i,n}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<i>n - 1</i>	$C_{n-1,0}$	$C_{n-1,1}$	...	$C_{n-1,k}$	...	$C_{n-1,n-1}$	$C_{n-1,n}$
<i>n</i>	$C_{n,0}$	$C_{n,1}$	...	$C_{n,k}$	...	$C_{n,n-1}$	$C_{n,n}$

Run-off triangle bagian atas merepresentasikan data historis pembayaran klaim, sedangkan bagian bawah (*future triangle*) merupakan nilai klaim yang belum diketahui dan harus diproyeksikan. Metode Mack Chain-Ladder memanfaatkan pola perkembangan klaim historis pada run-off triangle, sedangkan metode Bornhuetter-Ferguson menggabungkan data historis dengan estimasi awal (*a priori estimate*) sehingga lebih stabil ketika data belum berkembang secara penuh.

Metode Mack Chain-Ladder

Metode Mack Chain-Ladder merupakan metode stokastik yang digunakan untuk mengestimasi cadangan klaim berdasarkan pola perkembangan klaim historis. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Menyusun data historis dalam bentuk run-off triangle.
2. Menghitung development factor menggunakan persamaan

$$f_j = \frac{\sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j+1}}{\sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j}}$$

Keterangan:

$C_{i,j}$ = nilai klaim kumulatif pada tahun kejadian ke-(*i*) dan periode perkembangan ke-(*j*);

f_i = faktor perkembangan pada periode ke-(*j*).

3. Mengestimasi klaim yang belum berkembang menggunakan persamaan

$$\hat{C}_{i,j} = \hat{C}_{i,j-1} \cdot f_j$$

Keterangan:

$C_{i,j}$ = estimasi klaim kumulatif.

f_i = *development factor*.

4. Menghitung variansi estimasi

$$Var(C_{i,j}) = \phi_j \cdot E(C_{i,j})$$

Keterangan:

ϕ_j = parameter variabilitas.

$E(C_{i,j})$ = nilai harapan klaim.

5. Mengestimasi parameter variabilitas

$$\phi_j = \frac{1}{n-j} \sum_{i=1}^{n-j} \left(\frac{C_{i,j+1} - C_{i,j} \cdot f_j}{C_{i,j}} \right)^2$$

6. Menghitung interval kepercayaan estimasi cadangan klaim

$$CI = \hat{R} \pm z \cdot \sqrt{Var(\hat{R})}$$

Metode Bornhuetter-Ferguson

Metode Bornhuetter-Ferguson mengombinasikan pengalaman historis dengan estimasi awal (*expected loss ratio*) sehingga sesuai digunakan pada data yang belum berkembang sepenuhnya. Cadangan klaim diestimasi menggunakan persamaan

$$\hat{R}_i = \hat{\mu}_i(1 - \hat{\beta}_{1-i})$$

Keterangan:

$\hat{\mu}_i$ = estimasi ultimate claim;

$\hat{\beta}_{1-i}$ = faktor perkembangan kumulatif.

Estimasi total cadangan klaim dihitung menggunakan

$$\hat{R} = \sum_{i=1}^I \hat{R}_i$$

Estimasi ultimate claim diperoleh dari

$$\hat{\mu}_i^a = p_i \hat{\theta}_i$$

Keterangan:

p_i = earned premium

$\hat{\theta}_i$ = expected loss ratio.

Selanjutnya estimasi cadangan klaim dihitung menggunakan persamaan

$$\hat{C}_i = \text{Premi}_i \times \text{Expected Loss Ratio} - \text{Observed Claims}_i$$

Keterangan

\hat{C}_i = estimasi cadangan klaim.

Premi_i = premi yang diperoleh pada tahun ke-i.

Expected Loss Ratio = rasio kerugian yang diharapkan.

Observed Claims = klaim yang telah terjadi.

Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut.

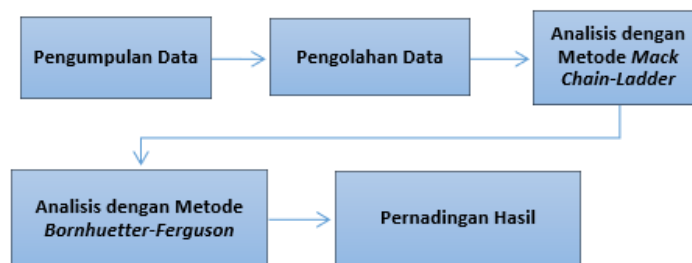
1. Menyusun data historis klaim dalam bentuk run-off triangle incremental.
2. Mengubah data incremental menjadi run-off triangle cumulative.
3. Menghitung development factor menggunakan metode Mack Chain-Ladder.
4. Mengestimasi ultimate claim dan claim reserve menggunakan metode Mack Chain-Ladder.
5. Menghitung expected loss ratio, BF factor, ultimate claim, dan claim reserve menggunakan metode Bornhuetter-Ferguson.
6. Membandingkan hasil estimasi cadangan klaim yang diperoleh dari kedua metode untuk mengetahui metode yang memberikan estimasi paling sesuai terhadap karakteristik data klaim.

Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian meliputi:

1. Pengumpulan data historis klaim dan earned premium.
2. Penyusunan data dalam bentuk run-off triangle.
3. Perhitungan cadangan klaim menggunakan metode Mack Chain-Ladder.
4. Perhitungan cadangan klaim menggunakan metode Bornhuetter-Ferguson.
5. Perbandingan hasil estimasi kedua metode.
6. Penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis.

Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Perhitungan Cadangan Klaim Menggunakan Metode Mack Chain-Ladder

Langkah awal dalam metode Mack Chain-Ladder adalah menyusun data historis pembayaran klaim

dalam bentuk run-off triangle incremental sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Selanjutnya, data incremental dikonversi menjadi run-off triangle cumulative untuk menggambarkan akumulasi pembayaran klaim pada setiap *development year* (Tabel 4).

Tabel 3. *Run-off Triangle Incremental*

Accident Year (i)	S_{i1}	S_{i2}	S_{i3}	S_{i4}	S_{i5}	S_{i6}
1	2.500.000	36.500.000	4.200.000	4.325.000	4.335.000	4.330.000
2	2.150.000	3.225.000	3.775.000	3.965.000	3.960.000	–
3	3.250.000	4.500.000	5.050.000	5.150.000	–	–
4	3.700.000	5.200.000	5.775.000	–	–	–
5	3.300.000	4.800.000	–	–	–	–
6	4.250.000	–	–	–	–	–

Tabel 4. *Run-off Triangle Cumulative*

Accident Year (i)	C_{i1}	C_{i2}	C_{i3}	C_{i4}	C_{i5}	C_{i6}
1	2.500.000	39.000.000	43.200.000	47.525.000	51.860.000	56.190.000
2	2.150.000	5.375.000	9.150.000	13.115.000	17.075.000	–
3	3.250.000	7.750.000	12.800.000	17.950.000	–	–
4	3.700.000	8.900.000	14.675.000	–	–	–
5	3.300.000	8.100.000	–	–	–	–
6	4.250.000	–	–	–	–	–

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa nilai klaim kumulatif pada setiap *accident year* mengalami peningkatan seiring bertambahnya *development year*. Misalnya, pada *accident year* pertama, nilai klaim kumulatif meningkat dari 2.500.000 pada triwulan pertama menjadi 56.190.000 pada triwulan keenam. Pola serupa juga terlihat pada *accident year* lainnya, yang menunjukkan bahwa

pembayaran klaim berkembang secara bertahap hingga mendekati nilai akhir (*ultimate claim*).

Tahap berikutnya adalah menghitung *development factor* sebagai dasar proyeksi perkembangan klaim. Nilai *development factor* yang diperoleh disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. *Development Factor*

Triwulan Klaim	Estimasi Faktor Perkembangan					
	C_{i2}	C_{i2}	C_{i3}	C_{i4}	C_{i5}	C_{i6}
<i>Average</i>	4.639	1.308	1.206	1.137	1.083	1.000
3-Qth	2.415	1.663	1.206	1.137	1.083	1.000
2-Qth	2.429	1.650	1.415	1.137	1.083	1.000
<i>Selected</i>	2.429	1.650	1.415	1.137	1.083	1.000
<i>Ultimate</i>	6.983	2.875	1.742	1.231	1.083	1.000

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa faktor perkembangan mengalami penurunan dari periode awal menuju periode akhir. Nilai *selected development factor* berturut-turut adalah 2,429; 1,650; 1,415; 1,137; 1,083; dan 1,000. Nilai *ultimate factor* juga menurun dari 6,983 pada periode pertama menjadi 1,000 pada periode

terakhir. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk mengestimasi klaim yang belum berkembang pada setiap *accident year*.

Berdasarkan *development factor* yang diperoleh, dilakukan estimasi *ultimate claim* dan *claim*

reserve menggunakan metode Mack Chain-Ladder. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Cadangan *Claim* Metode *Mack Chain-Ladder*

Triwulan Klaim	<i>Paid to Date</i>	<i>Rasio Ultimate</i>	<i>Ultimate Claim</i>	<i>Claim Reserve</i>
1	56,190,000	1.000	56,190,000	0
2	17,075,000	1.083	18,492,225	1,417,225
3	17,950,000	1.231	22,103,109	4,153,109
4	14,675,000	1.742	25,569,573	10,894,573
5	8,100,000	2.875	23,287,042	15,187,042
6	4,250,000	6.983	29,678,760	25,428,760
Total	118,240,000	14.915	175,320,709	57,080,709

Tabel 6 menunjukkan bahwa estimasi claim reserve meningkat seiring bertambahnya periode perkembangan klaim. Pada triwulan pertama tidak diperlukan cadangan klaim karena seluruh klaim telah berkembang hingga nilai ultimate. Selanjutnya, nilai cadangan klaim bertambah dari 1.417.225 pada triwulan kedua menjadi 25.428.760 pada triwulan keenam. Total cadangan klaim yang dihasilkan metode Mack Chain-Ladder adalah sebesar 57.080.709.

Perhitungan Cadangan Klaim Menggunakan Metode Bornhuetter-Ferguson

Perhitungan cadangan klaim dengan metode Bornhuetter-Ferguson diawali dengan menentukan BF factor, yang dihitung berdasarkan faktor perkembangan klaim. Hasil perhitungan BF factor disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Faktor BF

Triwulan Klaim	Estimasi Faktor Perkembangan					
	(2/1)	(3/2)	(4/3)	(5/4)	(6/5)	(7/6)
<i>Average</i>	4.639	1.308	1.206	1.137	1.083	1.000
3-Qth	2.415	1.663	1.206	1.137	1.083	1.000
2-Qth	2.429	1.650	1.415	1.137	1.083	1.000
<i>Selected</i>	2.429	1.650	1.415	1.137	1.083	1.000
<i>Ultimate</i>	6.983	2.875	1.742	1.231	1.083	1.000
BF Faktor	0.857	0.652	0.426	0.188	0.077	0.000

Nilai BF factor menunjukkan kecenderungan menurun dari 0,857 pada triwulan pertama menjadi 0,000 pada triwulan terakhir. Penurunan tersebut menunjukkan semakin kecilnya proporsi klaim yang diperkirakan belum berkembang pada setiap periode.

Tahap selanjutnya adalah menghitung claim ratio berdasarkan earned premium dan estimasi ultimate claim. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. *Claim Rasio*

Triwulan Klaim	<i>Earned Premium</i>	<i>Paid to Date</i>	Faktor <i>Ultimate</i>	<i>Ultimate Claim</i>	<i>Claim Rasio</i>
1	5,000,000	56,190,000	1.000	56,190,000	1124%
2	5,500,000	17,075,000	1.083	18,492,225	336%
3	6,000,000	17,950,000	1.231	22,103,109	368%
4	7,000,000	14,675,000	1.742	25,569,573	365%
5	7,500,000	8,100,000	2.875	23,287,042	310%
6	8,000,000	4,250,000	6.983	29,678,760	371%
Total	39,000,000	118,240,000		175,320,709	479%

Berdasarkan Tabel 8 diperoleh total earned premium sebesar 39.000.000 dengan estimasi ultimate claim sebesar 175.320.709. Nilai claim ratio rata-rata yang diperoleh adalah sebesar 479%, yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan

cadangan klaim menggunakan metode Bornhuetter-Ferguson.

Hasil estimasi cadangan klaim menggunakan metode Bornhuetter-Ferguson disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Cadangan Claim Metode Bornhuetter-Ferguson

Triwulan Klaim	Earned Premium	Avg. Claim Rasio	Ultimate Claim	BF Faktor	Claim Reserve
1	5,000,000	479%	23,959,712	0.000	-
2	5,500,000	479%	26,355,683	0.077	2,019,872
3	6,000,000	479%	28,751,654	0.188	5,402,352
4	7,000,000	479%	33,543,597	0.426	14,292,110
5	7,500,000	479%	35,939,568	0.652	23,438,603
6	8,000,000	479%	38,335,539	0.857	32,845,888
Total	39,000,000				77,998,825

Tabel 9 menunjukkan bahwa estimasi claim reserve meningkat pada setiap triwulan, sejalan dengan meningkatnya nilai ultimate claim. Cadangan klaim sebesar 2.019.872 diperoleh pada triwulan kedua dan meningkat hingga 32.845.888 pada triwulan keenam. Secara keseluruhan, total

cadangan klaim yang dihasilkan metode Bornhuetter-Ferguson adalah sebesar 77.998.825.

Perbandingan Hasil Estimasi Cadangan Klaim
 Perbandingan hasil estimasi cadangan klaim menggunakan metode Mack Chain-Ladder dan Bornhuetter-Ferguson disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan Metode Mack Chain-Ladder dan Bornhuetter-Ferguson

Triwulan Klaim	Mack Chain-Ladder (Claim Reserve)	Bornhuetter-Ferguson (Claim Reserve)
1	0	0
2	1,417,225	2,019,872
3	4,153,109	5,402,352
4	10,894,573	14,292,110
5	15,187,042	23,438,603
6	25,428,760	32,845,888
Total	57,080,709	77,998,825

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa kedua metode menghasilkan pola peningkatan cadangan klaim pada setiap triwulan. Namun demikian, estimasi cadangan klaim yang dihasilkan metode Bornhuetter-Ferguson lebih besar dibandingkan metode Mack Chain-Ladder pada seluruh periode pengamatan. Total cadangan klaim yang diperoleh menggunakan metode Mack Chain-Ladder adalah sebesar 57.080.709, sedangkan metode Bornhuetter-Ferguson menghasilkan total cadangan klaim sebesar 77.998.825.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Mack Chain-Ladder menghasilkan estimasi total cadangan klaim sebesar 57.080.709, sedangkan metode Bornhuetter-Ferguson menghasilkan estimasi sebesar 77.998.825. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa kedua metode memiliki pendekatan yang berbeda dalam mengestimasi cadangan klaim. Metode Mack Chain-Ladder mengandalkan pola perkembangan klaim historis (*claim development pattern*), sehingga estimasi yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh konsistensi data historis. Sebaliknya, metode

Bornhuetter-Ferguson mengombinasikan pengalaman historis dengan estimasi awal (*a priori estimate*) melalui *expected loss ratio*, sehingga tidak sepenuhnya bergantung pada perkembangan klaim yang telah diamati.

Estimasi cadangan klaim yang lebih rendah pada metode Mack Chain-Ladder menunjukkan bahwa pola perkembangan klaim pada data penelitian relatif stabil. Dalam kondisi seperti ini, metode Mack Chain-Ladder mampu menghasilkan estimasi yang efisien karena faktor perkembangan (*development factor*) diperoleh langsung dari data historis. Temuan ini sejalan dengan penelitian Mack (1993) yang menyatakan bahwa metode Chain-Ladder memberikan hasil yang baik apabila pola perkembangan klaim bersifat konsisten dari waktu ke waktu. Pendapat serupa juga dikemukakan oleh Wüthrich dan Merz (2023), yang menjelaskan bahwa metode Mack Chain-Ladder merupakan pengembangan stokastik dari metode Chain-Ladder sehingga mampu menghasilkan estimasi cadangan beserta ukuran ketidakpastiannya tanpa memerlukan asumsi distribusi tertentu.

Di sisi lain, metode Bornhuetter-Ferguson menghasilkan estimasi cadangan klaim yang lebih besar dibandingkan metode Mack Chain-Ladder. Hal tersebut terjadi karena metode Bornhuetter-Ferguson memperhitungkan *expected loss ratio* sebagai informasi awal dalam proses estimasi, sehingga bagian klaim yang belum berkembang (*unreported claims*) tetap memperoleh alokasi cadangan meskipun data historis pada periode tertentu belum lengkap. Pendekatan ini menyebabkan estimasi cadangan cenderung lebih konservatif, terutama pada *accident year* yang masih berada pada tahap awal perkembangan klaim. Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat England dan Verrall (2022) yang menyatakan bahwa metode Bornhuetter-Ferguson lebih sesuai digunakan ketika data klaim belum berkembang sepenuhnya atau memiliki tingkat ketidakpastian yang tinggi.

Perbedaan hasil estimasi antara kedua metode menunjukkan bahwa karakteristik data memiliki pengaruh yang besar terhadap besarnya cadangan klaim yang dihasilkan. Pada data yang memiliki pola perkembangan stabil dan konsisten, metode Mack Chain-Ladder cenderung menghasilkan estimasi yang lebih efisien karena seluruh

perhitungan didasarkan pada pengalaman historis. Sebaliknya, apabila data mengalami fluktuasi tinggi, jumlah observasi terbatas, atau terdapat perubahan pola perkembangan klaim, metode Bornhuetter-Ferguson dapat memberikan estimasi yang lebih stabil karena tidak hanya bergantung pada data historis, tetapi juga mempertimbangkan estimasi awal yang berasal dari rasio kerugian yang diharapkan (*expected loss ratio*). Temuan ini mendukung penelitian Alai et al. (2020) dan Antonio dan Plat (2021), yang menyatakan bahwa metode Bornhuetter-Ferguson memiliki tingkat kestabilan yang lebih baik pada data dengan volatilitas tinggi dibandingkan metode Chain-Ladder.

Berdasarkan hasil penelitian, tidak terdapat satu metode yang selalu menghasilkan estimasi terbaik untuk seluruh kondisi data. Pemilihan metode estimasi cadangan klaim perlu disesuaikan dengan karakteristik portofolio dan kualitas data yang tersedia. Apabila pola perkembangan klaim relatif stabil dan data historis memadai, metode Mack Chain-Ladder dapat menjadi pilihan karena menghasilkan estimasi yang lebih sederhana dan efisien. Sebaliknya, apabila data klaim masih belum berkembang secara penuh atau memiliki tingkat ketidakpastian yang tinggi, metode Bornhuetter-Ferguson lebih tepat digunakan karena mampu mengurangi risiko kesalahan estimasi melalui pemanfaatan informasi awal. Oleh karena itu, pemilihan metode reserving sebaiknya mempertimbangkan karakteristik data klaim, sehingga estimasi cadangan yang dihasilkan dapat mendukung pengelolaan risiko dan menjaga stabilitas keuangan perusahaan asuransi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa metode Mack Chain-Ladder dan Bornhuetter-Ferguson menghasilkan estimasi cadangan klaim yang berbeda secara signifikan, di mana metode Bornhuetter-Ferguson cenderung memberikan estimasi yang lebih tinggi dan konservatif dibandingkan metode Mack Chain-Ladder. Perbedaan ini dipengaruhi oleh karakteristik metode, khususnya dalam hal ketergantungan pada data historis dan penggunaan estimasi awal. Faktor-faktor yang memengaruhi keakuratan estimasi meliputi kualitas dan kelengkapan data historis, stabilitas pola

perkembangan klaim, serta asumsi yang digunakan dalam masing-masing metode. Selain itu, faktor eksternal seperti perubahan kebijakan kesehatan, inflasi biaya medis, serta dinamika ekonomi wilayah juga turut memengaruhi hasil estimasi.

Saran

Dari perspektif perencanaan ekonomi wilayah, pemilihan metode estimasi cadangan klaim memiliki implikasi strategis terhadap stabilitas sistem keuangan regional, alokasi investasi, serta keberlanjutan layanan kesehatan. Oleh karena itu, disarankan agar perusahaan asuransi tidak hanya berfokus pada satu metode, tetapi mengombinasikan metode Mack Chain-Ladder dan Bornhuetter-Ferguson untuk memperoleh estimasi yang lebih akurat dan adaptif terhadap kondisi data. Pendekatan kombinasi ini memungkinkan pemanfaatan keunggulan masing-masing metode, di mana Mack Chain-Ladder digunakan untuk kondisi data yang stabil, sementara Bornhuetter-Ferguson digunakan untuk mengantisipasi ketidakpastian dan risiko laten. Selain itu, integrasi hasil estimasi cadangan klaim dengan analisis ekonomi wilayah perlu dikembangkan lebih lanjut agar dapat mendukung perumusan kebijakan yang tidak hanya berorientasi pada stabilitas perusahaan asuransi, tetapi juga pada keberlanjutan pembangunan ekonomi regional secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Alai, D. H., Merz, M., & Wüthrich, M. V. (2020). Estimation of the Bornhuetter–Ferguson method. *ASTIN Bulletin*, 50(1), 1–26. <https://doi.org/10.1017/asb.2019.33>
- Antonio, K., & Plat, R. (2021). Micro-level stochastic loss reserving. *Scandinavian Actuarial Journal*, 2021(6), 1–23. <https://doi.org/10.1080/03461238.2020.1867234>
- Avanzi, B., Taylor, G., & Wong, B. (2021). Stochastic claims reserving methods. *Insurance: Mathematics and Economics*, 99, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2021.05.002>
- England, P. D., & Verrall, R. J. (2022). Stochastic claims reserving revisited. *British Actuarial Journal*, 27, e3. <https://doi.org/10.1017/S1357321721000114>
- European Insurance and Occupational Pensions Authority. (2022). *Solvency II annual report*. <https://doi.org/10.2854/46018>
- Jakovljevic, M., Timofeyev, Y., Ranabhat, C. L., Fernandes, P. O., Teixeira, J. P., Rancic, N., & Reshetnikov, V. (2020). Real GDP growth rates and healthcare spending: Evidence from the G7 countries. *Frontiers in Public Health*, 8, 558. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.558>
- Mack, T. (1993). Distribution-free calculation of the standard error of chain ladder reserve estimates. *ASTIN Bulletin*, 23(2), 213–225. <https://doi.org/10.2143/AST.23.2.2005092>
- Majid, A. B. F. A., Puspita, E., & Agustina, F. (2018). Penggunaan metode Bornhuetter–Ferguson pada peramalan besar cadangan klaim asuransi. *EurekaMatika*, 6(1), 54–61.
- Prastiwi, A. (2018). *Estimasi cadangan klaim incurred but not reported (IBNR) menggunakan metode chain-ladder dan pendekatan over-dispersed Poisson* (Skripsi).
- Richman, R., & Wüthrich, M. V. (2021). Machine learning in claims reserving. *European Actuarial Journal*, 11, 1–28. <https://doi.org/10.1007/s13385-020-00238-5>
- Saluz, A. (2015). *Dynamic financial analysis in insurance: Bayesian methods and applications*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21344-6>
- Surya, D., & Utami, W. (2019). Studi kasus perbandingan metode chain-ladder dan Bornhuetter–Ferguson untuk estimasi cadangan klaim asuransi umum. *Jurnal Aktuaria Indonesia*, 5(2), 133–140.
- Verbelen, R., Antonio, K., & Claeskens, G. (2022). Uncertainty in claims reserving. *Insurance: Mathematics and Economics*, 104, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2022.02.002>
- World Bank. (2022). *Global health expenditure database*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1846-6>

World Health Organization. (2023). *Global health expenditure report 2023*.

<https://doi.org/10.4060/cc3983en>

Wüthrich, M. V., & Merz, M. (2023). *Stochastic claims reserving methods in insurance* (2nd ed.). Springer.

<https://doi.org/10.1007/978-3-031-12469-9>