

MEAN SQUARED ERROR METODE CHAIN LADDER, BORNHUETTER-FERGUSON, DAN BENKTANDER DALAM PREDIKSI CADANGAN KLAIM ASURANSI UMUM

MILA NOVITA^{1*}, SHELly TRIANA², SUCI FRATAMA SARI³

^{1,2,3}Departemen Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia, Kampus UI Depok

*mila.novita@sci.ui.ac.id

ABSTRAK

Pada umumnya, cadangan klaim pada asuransi umum diprediksi dengan metode chain ladder yang dihitung berdasarkan pola dari klaim yang sudah dibayarkan. Metode lain yang sering digunakan juga adalah Bornhuetter-Ferguson yang dihitung berdasarkan pola klaim yang sudah dibayarkan dan premi. Pada penelitian ini, digunakan metode Benktander yang mengabungkan metode chain ladder dan metode Bornhuetter-Ferguson dengan kredibilitas optimal. Kredibilitas optimal diperoleh melalui minimum mean squared error dan variansi. Dengan demikian, diharapkan prediksi cadangan klaim dengan metode Benktander lebih akurat bagi perusahaan. Ketiga metode prediksi cadangan klaim tersebut dibandingkan berdasarkan mean squared error dan akan ditentukan metode terbaik dalam memprediksi cadangan klaim.

Kata Kunci: Benktander, Bornhuetter-Ferguson, cadangan klaim, *chain ladder*, kredibilitas optimal, *mean squared error*.

1 Pendahuluan

Pembayaran klaim mungkin dilakukan tidak lama setelah klaim dilaporkan, namun pada beberapa jenis asuransi, terkadang pembayaran klaimnya membutuhkan waktu yang cukup lama diukur dari saat terjadinya klaim. Berdasarkan lama proses penyelesaian klaim, ada dua kelas bisnis pada perusahaan asuransi yakni *short-tail business* dan *long-tail business*, Olofsson [6]. *Short-tail business* membutuhkan waktu singkat dalam proses pembayaran klaim (kurang dari satu tahun). Sebaliknya, *long-tail business* membutuhkan waktu yang cenderung lama untuk menyelesaikan klaim (lebih dari satu tahun). Sebagai contoh, asuransi motor yang mencakup pencurian atau kebakaran tergolong *short-tail business* sedangkan asuransi yang memberikan perlindungan atas tuntutan kerugian dari pihak ketiga pada suatu kecelakaan tergolong *long-tail business*. Hubungan antara waktu kejadian dan penundaan terkait klaim menghasilkan suatu istilah yang disebut dengan *outstanding claims*.

Perusahaan asuransi wajib menyiapkan dana secara tepat untuk menutupi pengeluaran oleh klaim yang terjadi pada periode ke depan. Dana inilah yang disebut sebagai cadangan klaim. Pada setiap akhir periode reporting perusahaan asuransi (biasanya setiap akhir tahun dan/atau setiap akhir kuartal), aktuaris pada perusahaan asuransi melaporkan jumlah dana yang dialokasikan untuk cadangan klaim perusahaan, Olofsson [6]. Cadangan klaim tersebut terdiri dari cadangan klaim yang diketahui dan *outstanding claims*. *Outstanding claims* adalah besar atau jumlah klaim yang belum diselesaikan karena adanya rentang waktu antara klaim terjadi sampai klaim diselesaikan. Taksiran *outstanding claims* memegang peranan yang penting,

mengingat perusahaan asuransi dituntut untuk selalu dapat menyediakan cadangan yang cukup, guna menutup pembayaran klaim di masa yang akan datang.

Metode tradisional yang biasa digunakan untuk memprediksi *outstanding claims* kelas asuransi *long-tail business* terdiri dari metode *chain ladder*, Mack [4] dan Bornhuetter-Ferguson, [2]. Metode *chain ladder* memprediksi besarnya klaim masa mendatang hanya dengan menggunakan informasi internal (informasi masa lalu individual perusahaan). Pada umumnya, estimator pada *chain ladder* menggunakan *age-to-age factor*, yaitu rasio dari rata-rata kumulatif klaim yang sudah dibayar pada dua *development year* berturut-turut dengan *development year* merupakan lama waktu penyelesaian klaim. Metode Bornhuetter-Ferguson memprediksi besarnya klaim masa mendatang dengan menggunakan informasi eksternal (seperti premi) dan juga *age-to-age factor*. Hurlimann [3] menggunakan pendekatan *loss ratio* dalam kedua metode tersebut, yaitu rasio rata-rata *incremental paid claims* dengan total premi yang dibayarkan pada tahun bersangkutan setiap *development year*. *Loss ratio* merupakan rasio antara *loss* (klaim) dengan premi yang diterima oleh perusahaan pada *development year* yang sama. Penggunaan *loss ratio* melibatkan total premi yang didapat sehingga prediksi cadangan klaim lebih reliabel.

Metode Benktander, [1] yang ditinjau ulang oleh Mack [5] menggabungkan metode *chain ladder* dan Bornhuetter-Ferguson dengan faktor kredibilitas. Apabila cadangan klaim dianggap kurang dapat dicerminkan dari informasi klaim yang telah diselesaikan saja maupun premi saja, maka salah satu solusi dari masalah tersebut adalah dengan menggunakan metode Benktander yang memanfaatkan kedua informasi tersebut. Faktor kredibilitas yang digunakan adalah *optimal credibility* yang meminimumkan mean squared error dan variansi dari prediksi cadangan klaim metode Benktander.

Pada kenyataannya, perusahaan mengharapkan cadangan klaim yang telah disiapkan dapat digunakan secara tepat untuk membayar klaim. Dengan kata lain, besarnya cadangan klaim yang dihitung lebih baik realistis. Prediksi cadangan klaim yang terlalu berlebihan maupun terlalu rendah tidak baik. Apabila prediksi cadangan klaim terlalu besar, hal ini akan memberatkan bagian manajemen investasi dari suatu perusahaan karena perlu menyiapkan dana yang besar untuk membayar klaim di masa yang akan datang. Sebaliknya, apabila prediksi cadangan klaim terlalu rendah, dana yang telah disiapkan oleh perusahaan mungkin tidak cukup untuk membayar klaim di masa yang akan datang. Dengan demikian, prediksi yang dilakukan diharapkan akurat. Salah satu uji yang dapat dilakukan untuk menentukan apakah suatu metode prediksi lebih tepat dibandingkan metode lain adalah dengan *mean squared error*. Pada penelitian ini dijelaskan bentuk *mean squared error* dari metode *chain ladder*, Bornhuetter-Ferguson dan Benktander. Dengan demikian, dari ketiga metode prediksi cadangan klaim tersebut dapat ditentukan metode mana yang terbaik, dengan melihat metode mana yang menghasilkan *mean squared error* paling kecil. Pada artikel ini akan ditekankan pada penggunaan dan interpretasi dari teorema yang sudah dibuktikan oleh Mack [5].

2 Cadangan Klaim Berdasarkan Metode *Chain Ladder*, Bornhuetter-Ferguson dan Benktander

Total *ultimate claims* yang berasal dari *accident year* i dapat didefinisikan dengan $\sum_{k=0}^n S_{i,k}$. $S_{i,k}$, dimana $0 \leq i \leq n$, $0 \leq k \leq n$, merupakan peubah acak besarnya klaim (*paid claims*) dalam bentuk *incremental* yang terjadi pada tahun i dan diselesaikan pada tahun $i + k$. *Run-off triangle data* dalam bentuk *cumulative* dapat dibentuk berdasarkan *run-off triangle data incremental*, melalui hubungan $C_{i,k} = \sum_{j=0}^k S_{i,j}$. Perhatikan tabel 1 dan 2 berikut untuk memahami lebih lanjut bentuk dari *run-off triangle* dan definisi yang digunakan.

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

Accident Year	Development Year						
	0	1	...	k	...	n - 1	n
0	$S_{0,0}$	$S_{0,1}$	...	$S_{0,k}$	...	$S_{0,n-1}$	$S_{0,n}$
1	$S_{1,0}$	$S_{1,1}$	...	$S_{1,k}$	...	$S_{1,n-1}$	$S_{1,n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
i	$S_{i,0}$	$S_{i,1}$	...	$S_{i,k}$	...	$S_{i,n-1}$	$S_{i,n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
n - 1	$S_{n-1,0}$	$S_{n-1,1}$	...	$S_{n-1,k}$	...	$S_{n-1,n-1}$	$S_{n-1,n}$
n	$S_{n,0}$	$S_{n,1}$	...	$S_{n,k}$	...	$S_{n,n-1}$	$S_{n,n}$

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

Accident Year	Development Year						
	0	1	...	k	...	n - 1	n
0	$C_{0,0}$	$C_{0,1}$	...	$C_{0,k}$	...	$C_{0,n-1}$	$C_{0,n}$
1	$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	...	$C_{1,k}$	...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
i	$C_{i,0}$	$C_{i,1}$	...	$C_{i,k}$	...	$C_{i,n-1}$	$C_{i,n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
n - 1	$C_{n-1,0}$	$C_{n-1,1}$	...	$C_{n-1,k}$	...	$C_{n-1,n-1}$	$C_{n-1,n}$
n	$C_{n,0}$	$C_{n,1}$	...	$C_{n,k}$	...	$C_{n,n-1}$	$C_{n,n}$

Misalkan V_i adalah premi pada *accident year* $i = 0, \dots, n$. *Development year loss ratio* pada *development year* ke- k didefinisikan dengan $m_k = \frac{\sum_{i=0}^{n-k} S_{i,k}}{\sum_{i=0}^{n-k} V_i}$, $k = 0, 1, \dots, n$. Penjumlahan *development year loss ratio* dari semua *accident year* digunakan untuk mengestimasi ELR (*Expected Loss Ratio*). ELR didefinisikan dengan $ELR = \sum_{k=0}^n m_k$.

Loss ratio payout factor didefinisikan sebagai berikut ini, Hurlimann [3].

$$p_i = \frac{\sum_{k=0}^{n-i} m_k}{\sum_{k=0}^n m_k}, i = 0, 1, \dots, n \quad (1)$$

Sebaliknya, *loss ratio reserve factor* didefinisikan sebagai berikut ini.

$$q_i = 1 - p_i = \frac{\sum_{k=n-i+1}^n m_k}{\sum_{k=0}^n m_k}, i = 0, 1, \dots, n \quad (2)$$

Pada umumnya, *ultimate cumulative claim* dengan metode *chain ladder* diprediksi dari hasil perkalian *ultimate claim* pada *accident year* terakhir dengan *age-to-age factors*. Apabila besarnya klaim pada tahun-tahun sebelumnya dianggap tidak dapat mencerminkan besarnya klaim yang akan datang (misal besarnya klaim yang tidak stabil antar *development year*), maka diperlukan modifikasi dari metode *chain ladder* yang lebih kredibel. Pada penelitian ini metode *chain ladder* yang digunakan dimodifikasi dengan *loss ratio*. Besarnya *cumulative claim paid to date* dari *accident year* i ($C_{i,n-i}$) merupakan proporsi dari *ultimate cumulative claim* yang sudah dibayar. Proporsi tersebut ditunjukkan oleh *loss ratio payout factor*. Dengan demikian, cadangan klaim berdasarkan metode *chain ladder* dengan *loss ratio* adalah sebagai berikut.

$$\hat{R}_i^{CL} = \frac{q_i}{p_i} C_{i,n-i} \quad (3)$$

Perhatikan bahwa pada metode *Bornhuetter-Ferguson*, cadangan klaim didefinisikan sebagai proporsi *ultimate cumulative claim* yang belum dibayarkan. Pada umumnya, proporsi yang digunakan berkaitan dengan *age-to-age factors*. Apabila besarnya klaim pada tahun-tahun sebelumnya dianggap tidak dapat mencerminkan besarnya klaim yang akan datang, maka diperlukan modifikasi dari metode *Bornhuetter-Ferguson* yang lebih kredibel. Pada penelitian ini, proporsi tersebut didefinisikan oleh *loss ratio* (tepatnya *loss ratio reserve factor*). Oleh karena itu, cadangan klaim berdasarkan metode *Bornhuetter-Ferguson* dengan *loss ratio* adalah sebagai berikut.

$$\hat{R}_i^{BF} = q_i \times V_i \times ELR \quad (4)$$

Metode *Benktander* menggabungkan metode *chain ladder* dan metode *Bornhuetter-Ferguson* dengan memberi bobot pada masing-masing metode. Dengan kata lain, metode *Benktander* menggunakan faktor kredibilitas dalam menggabungkan metode *chain ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson*. Seberapa besar kepercayaan aktuaris terhadap suatu metode dapat dicerminkan melalui seberapa besar kredibilitas yang digunakan. Misalkan $\hat{R}^{GB}$ adalah cadangan klaim yang diprediksi berdasarkan metode *Benktander*, $\hat{R}^{CL}$ adalah cadangan klaim yang diprediksi berdasarkan metode *chain ladder* dan $\hat{R}^{BF}$ adalah cadangan klaim yang diprediksi berdasarkan metode *Bornhuetter-Ferguson*. Misalkan c adalah faktor kredibilitas yang digunakan dalam memprediksi cadangan klaim. Karena metode *Benktander* menggabungkan metode *chain ladder* dan metode *Bornhuetter-Ferguson* dengan menggunakan faktor kredibilitas, maka cadangan klaim berdasarkan metode *Benktander* didefinisikan sebagai berikut.

$$\hat{R}^{GB} = c\hat{R}^{CL} + (1 - c)\hat{R}^{BF} \quad (5)$$

Telah dibuktikan bahwa *optimal credibility* yang meminimumkan *mean squared error* dan variansi dari metode *Benktander* adalah sebagai berikut, Hurlimann [3].

$$c_i^* = \frac{p_i}{p_i + \sqrt{p_i}} \quad (6)$$

Setelah diketahui bentuk prediksi cadangan klaim dari ketiga metode tersebut, selanjutnya akan dicari bentuk *mean squared error* dari masing-masing metode. Dengan bentuk *mean squared error* masing-masing metode maka dapat ditentukan metode mana yang paling akurat dalam memprediksi cadangan klaim dilihat dari *mean squared error* yang terkecil.

3 Mean Squared Error dari Metode Chain Ladder, Bornhuetter-Ferguson dan Benktander

Teorema berikut ini menjelaskan tentang *mean squared error* dari metode *chain ladder*, *Bornhuetter-Ferguson* dan *Benktander*. Dengan demikian, dapat dipilih metode prediksi cadangan klaim yang paling akurat di antara tiga metode tersebut yang ditunjukkan oleh *mean squared error* paling kecil.

Teorema Dengan asumsi bahwa $\frac{C_{i,n-i}}{C_{i,n}} | C_{i,n}$ berdistribusi beta dengan parameter p_i dan q_i , *mean squared error* dari setiap metode adalah sebagai berikut dimana $i = 1, \dots, n$.

$$\begin{aligned} mse(R_i^{CL}) &= E[\alpha_i^2(C_{i,n})] \frac{q_i}{p_i} \\ mse(R_i^{BF}) &= E[\alpha_i^2(C_{i,n})] q_i \left(1 + \frac{q_i}{t_i}\right) \\ mse(R_i^{GB}) &= E[\alpha_i^2(C_{i,n})] \left(\frac{c_i^2}{p_i} + \frac{1}{q_i} + \frac{(1 - c_i)^2}{t_i}\right) q_i^2 \end{aligned}$$

BUKTI oleh Mack [5].

Karena $\frac{C_{i,n-i}}{C_{i,n}}$ berdistribusi beta maka $Var\left(\frac{C_{i,n-i}}{C_{i,n}}|C_{i,n}\right) = \frac{p_i q_i}{2}$ dan diperoleh $Var(C_{i,n-i}|C_{i,n}) = \frac{p_i q_i}{2} C_{i,n}^2$. Misalkan bahwa $\frac{1}{2} C_{i,n}^2 = \alpha_i^2(C_{i,n})$, dapat dibuktikan bahwa

$$Var[R_i] = q_i E[\alpha_i^2(C_{i,n})] + q_i^2 (Var[C_{i,n}] - E[\alpha_i^2(C_{i,n})])$$

dimana R_i adalah cadangan klaim sebenarnya pada *accident year i*.

Dengan asumsi bahwa $E[R_i^{CL}] = E[R_i]$ maka dapat diperoleh *mean squared error* dari metode *chain ladder* sebagai berikut.

$$mse(R_i^{CL}) = E[(R_i^{CL} - R_i)^2] = Var[R_i^{CL} - R_i] = E[\alpha_i^2(C_{i,n})] \frac{q_i}{p_i}$$

Asumsikan bahwa $E[R_i^{BF}] = q_i E[C_{i,n}] = E[C_{i,n} - C_{i,n-i}] = E[R_i]$ dan $Cov[R_i^{BF}, R_i] = 0$. Dengan demikian, diperoleh *mean squared error* dari metode Bornhuetter-Ferguson sebagai berikut.

$$mse(R_i^{BF}) = E[(R_i^{BF} - R_i)^2] = Var[R_i^{BF} - R_i] = E[\alpha_i^2(C_{i,n})] q_i \left(1 + \frac{q_i}{t_i}\right)$$

Menggunakan cara yang sama, dapat dibuktikan bahwa bentuk *mean squared error* dari metode *Benktander* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} mse(R_i^{GB}) &= E\left[\left(c_i(R_i^{CL} - R_i) + (1 - c_i)(R_i^{BF} - R_i)\right)^2\right] \\ &= E[\alpha_i^2(C_{i,n})] \left(\frac{c_i^2}{p_i} + \frac{1}{q_i} + \frac{(1 - c_i)^2}{t_i}\right) q_i^2 \end{aligned}$$

$$\text{dengan } t_i = \frac{E[\alpha_i^2(C_{i,n})]}{2Var[C_{i,n}] - E[\alpha_i^2(C_{i,n})]}$$

■

Dari bentuk persamaan *mean squared error* di atas, dapat dibandingkan ketiga metode dalam memprediksi cadangan klaim yakni metode *chain ladder*, metode *Bornhuetter-Ferguson* dan metode *Benktander*. Pada umumnya, aktuaris mempercayai metode yang menghasilkan *mean squared error* paling kecil, karena *mean squared error* yang kecil mengindikasikan bahwa perbedaan antara cadangan klaim dengan metode tersebut dengan metode perhitungan cadangan klaim pada umumnya memiliki perbedaan yang kecil. Oleh karena itu, metode yang terbaik dalam memprediksi cadangan klaim adalah metode yang memiliki *mean squared error* paling kecil.

4 Aplikasi

Perbandingan *mean squared error* dari metode *chain ladder*, *Bornhuetter-Ferguson* dan *Benktander* dengan *optimal credibility* dalam prediksi cadangan klaim diaplikasikan pada data historis dari asuransi kelas *long-tail business* di Amerika Serikat. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data *paid claims* dari seluruh asuransi umum kendaraan pribadi (*private passenger auto liability / medical*) di Amerika Serikat pada tahun 1999-2008. Pembayaran klaim pada data tersebut dinyatakan dalam USD (000). Selain data klaim, terdapat informasi mengenai total premi yang diperoleh seluruh perusahaan asuransi umum kendaraan pribadi pada setiap *accident year*, Shapland [7]. Data dalam bentuk *cumulative* disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Run-off triangle in cumulative (thousand USD)

Accident Year	Development Year									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	20,506	56,774	100,241	147,673	197,087	247,498	298,377	349,523	400,789	452,155
1	22,180	61,256	107,777	158,488	211,376	265,277	319,720	374,429	429,300	

2	23,0 47	63,2 42	111,1 35	163,3 50	217,8 62	273,4 15	329,4 72	385,8 03	
3	24,1 31	66,0 09	115,9 75	170,4 44	227,3 34	285,2 88	343,7 67		
4	24,1 07	65,5 20	114,6 46	168,2 72	224,2 74	281,4 21			
5	24,3 68	65,8 80	115,0 86	168,8 80	225,0 23				
6	25,0 51	67,6 60	118,2 31	173,3 43					
7	25,5 83	69,1 72	120,8 30						
8	27,1 98	73,4 81							
9	26,9 77								

Menggunakan teorema tersebut, *mean squared error* pada masing-masing metode dapat dibandingkan karena terdapat faktor yang sama yakni $E[\alpha_i^2(C_{i,n})]$. Hal ini dilakukan dengan membagi *mean squared error* dari metode *chain ladder* dan metode *Bornhuetter-Ferguson* dengan *mean squared error* metode *Benktander*.

Apabila rasio antara *mean squared error* dari metode *chain ladder* dan *mean squared error* dari metode *Benktander* lebih besar dari 1, maka *mean squared error* dari metode *chain ladder* lebih besar dibandingkan dengan *mean squared error* dari metode *Benktander*. Hal ini berarti bahwa perhitungan cadangan klaim dengan menggunakan metode *chain ladder* saja memiliki *error* yang lebih besar dibandingkan dengan metode *Benktander*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa apabila rasio antara *mean squared error* dari metode *chain ladder* dan *mean squared error* dari metode *Benktander* lebih besar dari 1 maka prediksi cadangan klaim berdasarkan metode *Benktander* lebih akurat. Hal yang sama berlaku dengan perbandingan antara *mean squared error* metode *Bornhuetter-Ferguson* dan *mean squared error* metode *Benktander*. Pada perhitungan *mean squared error* dari semua metode dibutuhkan p_i, q_i, t_i dan c_i .

4.1 Loss ratio

Menggunakan formula *loss ratio* persamaan (1) dan (2) pada Tabel 3, dapat dihitung *loss ratio payout factor* (p_i) dan *loss ratio reserve factor* (q_i) yang disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. *Loss ratio payout factor & loss ratio reserve factor setiap development year*

Accident Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p_i	100%	96%	88%	79%	69%	58%	47%	35%	23%	11%
q_i	0	4%	12%	21%	31%	42%	53%	65%	77%	89%

4.2 Optimal Credibility

Optimal credibility (c_i) yang merupakan bobot dari metode *chain ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson* diperoleh menggunakan persamaan (6) yang disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 5. *Optimal Credibility* untuk setiap *Accident Year*

<i>Accident Year</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Optimal Credibility</i>	0,5	0,49	0,48	0,47	0,45	0,43	0,41	0,37	0,33	0,25

4.3 Perbandingan *mean squared error* untuk setiap *accident year*

Menggunakan teorema yang telah dijelaskan dengan membandingkan *mean squared error* antara metode *chain ladder* dengan *Benktander* serta metode *Bornhuetter-Ferguson* dengan *Benktander* dan persamaan (1), (2), dan (6) diperoleh hasil yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan *mean squared error* untuk setiap *accident year*

<i>Accident Year</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Perbandingan CL & GB	0	1,02	1,07	1,13	1,21	1,31	1,46	1,69	2,07	2,95
Perbandingan BF & GB	0	1,02	1,06	1,10	1,14	1,18	1,22	1,24	1,25	1,22

Tabel 6 menyatakan bahwa perbandingan antara *mean squared error* metode *chain ladder* dan *Benktander* lebih besar dari 1. Bahkan untuk *accident year* 8 dan 9, perbandingan *mean squared error* mencapai lebih dari 2 kali lipat. Hal ini menunjukkan bahwa metode *chain ladder* kurang dapat dipercaya dalam memprediksi cadangan klaim untuk data klaim asuransi kendaraan pribadi yang dipublikasikan oleh situs *casualty actuary*. Dengan demikian, metode *Benktander* lebih dapat dipercaya untuk menghitung prediksi cadangan klaim dari data tersebut dibandingkan metode *chain ladder*.

Untuk semua *accident year*, perbandingan antara *mean squared error* metode *Bornhuetter-Ferguson* dan *Benktander* juga lebih besar dari 1. Hal ini berarti bahwa metode *Benktander* memiliki *mean squared error* yang lebih kecil sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *Benktander* lebih dapat dipercaya untuk memprediksi cadangan klaim pada data yang dibahas.

Dari kedua perbandingan tersebut diperoleh bahwa *mean squared error* dari metode *Benktander* lebih kecil. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa metode yang terbaik dalam memprediksi cadangan klaim untuk asuransi kendaraan pribadi dari data yang diterbitkan oleh *casualty actuary* adalah metode *Benktander* dengan *optimal credibility*.

5 Simpulan

Bentuk *mean squared error* dari metode *chain ladder*, *Bornhuetter Ferguson* dan *Benktander* dipengaruhi oleh fungsi dari *loss ratio payout factor* dan *loss ratio reserve factor* serta distribusi dari rasio *cumulative claim paid to date* dan *ultimate claim*. Karena terdapat faktor yang sama pada *mean squared error* dari ketiga metode tersebut yakni bentuk yang bergantung pada distribusi tersebut, maka *mean squared error* dari ketiga metode tersebut dapat dibandingkan. Pada analisis data, terlihat bahwa metode *Benktander* cukup akurat dalam memprediksi cadangan klaim. Hal ini terlihat dari *mean squared error* metode *Benktander* merupakan yang paling minimum.

Daftar Pustaka

- [1] Benktander, G. An Approach to Credibility in Calculating IBNR for Casualty Excess Reinsurance, *The Actuarial Review*, April 1976, p. 7.
- [2] Bornhuetter, R. L. and Ferguson, R. E. The actuary and IBNR. *Proceedings of the Casualty Actuarial Society*, Vol. LIX, 1972, pp 181–195.
- [3] Hurlimann, W. Credible loss ratio claims reserves: the Benktander, Neuhaus and Mack Methods Revisited, *ASTIN Bulletin*, 2009, pp. 81-99.

- [4] Mack, T. Distribution-free Calculation of the Standard Error of Chain Ladder Reserve Estimates. *ASTIN Bulletin*, Vol. 23, 1993, pp. 213-225
- [5] Mack, T. Credible Claims Reserves: The Benktander Method, *ASTIN Bulletin*, Vol 30 No 2, 2000, pp. 333-347.
- [6] Olofsson, M. Stochastic Loss Reserving Testing the new guidelines from the Australian Prudential Regulation Authority (APRA) on Swedish portfolio data using a Bootstrap simulation and the distribution-free method by Thomas Mack, *Examensarbete*, 2006.
- [7] Shapland, M. R. & P. Xiao, CAS E-Forum, accessed in November 2017, <http://www.casact.org/pubs/forum/16sforum/Shapland-Xiao-Industry-Data.xls>.