Pemodelan Besar Klaim Asuransi Menggunakan Model *Weibull Autoregressive Conditional Amount* (WACA)

Lola Yolanda Ruth Herinis Lumbanraja[1], Rian Febrian Umbara[2], Aniq Atiqi Rohmawati[3]

[1,2,3]Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung
[1]lolayolanda@students.telkomuniversity.ac.id, [2]rianum@telkomuniversity.ac.id,
[3]aniqatiqi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada perusahaan asuransi, diperlukan informasi penting untuk mengetahui besar klaim yang akan ditanggung oleh perusahaan di masa depan, yaitu dengan melakukan prediksi (*forecast*) besar klaim. Metode prediksi yang sering digunakan adalah metode analisis *time series* (deret waktu). Dalam penelitian ini membahas tentang memodelkan data besar klaim asuransi menggunakan model *Weibull Autoregressive Conditional Amount* (WACA). Model WACA yang digunakan adalah WACA (1,1). Berdasarkan hasil pengujian pada penelitian ini, diperoleh nilai estimasi parameter model WACA (1,1) menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) sehingga dapat memprediksi besar klaim asuransi. Nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dari hasil prediksi besar klaim asuransi adalah 7947964.6879 dengan rata-rata dari data pengamatan adalah 8046671.5508.

Kata kunci : WACA, distribusi Weibull, besar klaim asuransi, prediksi, MLE, RMSE

Abstract

On the insurance company, important information required to know the great claims that will be paid by the company in the future by doing prediction (*forecast*) large claims. Prediction method that is often used is the method of analysis of time series. In this research discuss about are modeling large data insurance claims using Weibull Autoregressive Conditional Amount (WACA) model. WACA model used is the WACA (1,1). Based on the results of the test on this research, obtained the value of the estimation of model parameters WACA (1,1) using Maximum Likelihood Estimator (MLE) method so that can predict large insurance claims. The value of the Root Mean Square Error (RMSE) from the results of the great prediction is 7947964.6879 insurance claims with an average of from the observation data is 8046671.5508.

Keywords: WACA, Weibull distribution, forecast, MLE, RMSE

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Asuransi ialah suatu kemauan untuk menetapkan premi (sedikit) yang sudah pasti sebagai pengganti (substitusi) kerugian-kerugian besar yang belum pasti [1]. Asuransi dapat membuat masyarakat dan perusahaan-perusahaan mengurangi rasa kegelisahan. Pada saat terjadi risiko di masa depan, masyarakat dan perusahaan dapat mengklaim asuransi yang di pertanggungjawabkan pada perusahaan asuransi untuk mengurangi kerugian yang besar.

Sistem asuransi memungut premi dari para pemegang polis, premi yang terakumulasi dari masyarakat ditempatkan di lembaga-lembaga pengelola dana yang akan memberikan modal kepada lembaga usaha lainnya untuk melaksanakan kegiatannya [2]. Semakin banyak jumlah pemegang polis maupun jumlah dana yang berhasil dikumpulkan dari masyarakat melalui pembayaran premi asuransi, maka kecil peluang kebangkrutan perusahaan asuransi. Namun, jika klaim lebih besar daripada premi, maka terdapat peluang kebangkrutan perusahaan asuransi tersebut. Untuk mengurangi risiko kekurangan dana pada perusahaan asuransi, maka perusahaan asuransi harus mampu memprediksi besar klaim yang harus ditanggung di masa depan sesuai yang dibutuhkan. Dengan memprediksi (*forecasting*) besar klaim yang diambil dari data besar klaim periode sebelumnya.

Metode yang sering digunakan untuk memprediksi adalah metode analisis *time series* (deret waktu), yaitu metode prediksi yang menggunakan data masa lampau yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu sebagai dasar untuk melakukan prediksi di masa depan [3]. Data masa lampau yang digunakan diperoleh pada interval waktu yang sama, misalnya harian, mingguan, bulanan, dan sebagainya. Pada penelitian ini, model yang digunakan pada *time series* adalah model *Autoregressive Conditional Amount* (ACA) yang diperkenalkan oleh Araichi dkk (2016), merupakan model *time series* yang digunakan pada data asuransi yaitu nilai kerugian yang ditanggung oleh perusahaan asuransi [4], namun pada penelitian ini nilai kerugian diubah menjadi besar klaim asuransi. Model ACA merupakan model yang diadaptasi dari model *Autoregressive Conditional Duration* (ACD) oleh Engle dan Russell (1998), yaitu model *time series* yang menggunakan data transaksi keuangan yang memiliki jarak waktu tidak beraturan [5]. Berdasarkan Araichi, dkk (2016), salah satu distribusi yang digunakan untuk model ACA adalah distribusi Weibull.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pemodelan pada data besar klaim asuransi untuk memprediksi besar klaim asuransi di masa depan dengan menggunakan model ACA yang berdistribusi Weibull atau yang disebut dengan model Weibull ACA (WACA). Model WACA yang digunakan adalah WACA (1,1) dengan mempertimbangkan kesederhanaan model. Untuk memprediksi besar klaim asuransi di masa depan, maka perlu diketahui nilai estimasi parameter yang terdapat pada model WACA (1,1). Penaksiran parameter model WACA (1,1) menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Kemudian dilakukan perhitungan tingkat *error* dari prediksi besar klaim menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE).

1.2 Topik dan Batasannya

Topik pada penelitian ini adalah mengimplementasikan model WACA (1,1) pada data besar klaim asuransi, kemudian mengestimasi parameter model menggunakan metode MLE, dan melakukan perhitungan tingkat *error* dari prediksi besar klaim menggunakan metode RMSE. Batasan masalah pada penelitian ini adalah mengimplementasikan model WACA (1,1) pada data besar klaim asuransi dengan 374 data pengamatan.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan model WACA (1,1) pada data besar klaim asuransi. Untuk memprediksi data besar klaim asuransi diperlukan estimasi parameter dari model WACA (1,1), yaitu dengan menggunakan metode MLE. Hasil dari estimasi parameter model WACA (1,1) akan digunakan untuk memprediksi besar klaim asuransi. Kemudian melakukan perhitungan tingkat *error* dari prediksi besar klaim asuransi menggunakan metode RMSE.

1.4 Organisasi Tulisan

Pada jurnal penelitian ini terdapat 5 bagian, yaitu:

1. Pendahuluan
   Bagian ini berisi latar belakang, topik dan batasannya, tujuan, dan organisasi tulisan.
2. Tinjauan Pustaka
   Bagian ini berisi beberapa definisi dan teori dasar yang menunjang pembahasan tentang pemodelan data besar klaim asuransi menggunakan model WACA (1,1).
3. Perancangan Sistem
   Bagian ini berisi rancangan sistem dari pemodelan data besar klaim asuransi menggunakan model WACA (1,1) dan penjelasan dari rancangan sistem tersebut.
4. Evaluasi
   Bagian ini berisi hasil pengujian dan analisis hasil pengujian dari pemodelan data besar klaim asuransi menggunakan model WACA (1,1).
5. Kesimpulan dan Saran
   Bagian ini berisi kesimpulan dari hasil pengujian dan analisis hasil pengujian, serta saran mengenai penelitian ini sehingga bermanfaat untuk pengembangan dari pembahasan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Asuransi

Asuransi adalah pertanggungan dari penanggung kepada tertanggung. Kata asuransi berasal dari bahasa Belanda "*assurantie*" yang dalam hukum Belanda disebut *Verzekering* yang berarti pertanggungan. Dari istilah "*assurantie*" muncul istilah *assuradeur* (penanggung) dan *geassureerde* (tertanggung). Asuransi merupakan bisnis unik yang didalamnya terdapat aspek ekonomi, aspek bisnis, dan aspek matematika [6].

a. Berdasarkan aspek ekonomi, asuransi adalah suatu sarana yang ada dalam masyarakat untuk mengalihkan suatu risiko yang belum pasti terjadi dengan biaya yang sekecil-kecilnya berupa premi yang relatif murah/rendah untuk mendapatkan hasil yang maksimal yaitu suatu kepastian apabila risiko tersebut terjadi.
b. Berdasarkan aspek bisnis, asuransi adalah sebuah perusahaan yang usaha utamanya adalah menerima/menjual jasa, pemindahan risiko dari pihak lain, dan memperoleh keuntungan dengan berbagi risiko (*sharing risk*) diantara sejumlah besar nasabahnya. Selain itu, asuransi juga merupakan lembaga keuangan bukan bank yang kegiatannya menghimpun dana (berupa premi) dari masyarakat yang kemudian menginvestasikan dana tersebut dalam berbagai kegiatan ekonomi (perusahaan).
c. Berdasarkan aspek matematika, asuransi merupakan aplikasi matematika dalam memperhitungkan biaya pertanggungan risiko. Hukum probabilitas dan teknik statistik dipergunakan untuk mencapai hasil yang dapat diramalkan.

Terdapat istilah-istilah yang sering dilibatkan dalam asuransi, antara lain:

1. Polis asuransi, adalah suatu perjanjian asuransi yang bersifat konsensual (adanya kesepakatan) yang tertulis dalam suatu akta antara pihak yang mengadakan perjanjian.
2. Premi, adalah sejumlah uang yang harus dibayarkan sebagai kewajiban dari tertanggung atas keikutsertaannya di asuransi.
3. Klaim asuransi, adalah sebuah permintaan resmi kepada perusahaan asuransi untuk meminta pembayaran berdasarkan ketentuan perjanjian.

2.2 Model ACA (1,1)

Pada tahun 2016, Araichi, dkk mengadaptasi model ACD [5] menjadi model ACA, yaitu model *time series* yang digunakan pada data asuransi yaitu nilai kerugian yang ditanggung oleh perusahaan asuransi. Model ACD merupakan model *time series* yang menggunakan data transaksi keuangan berupa waktu (durasi) transaksi yang tidak beraturan. Pada penelitian ini, data asuransi yang digunakan adalah data besar klaim asuransi. Hasil dari model ACA menunjukkan bahwa model ACA memungkinkan untuk memprediksi secara akurat besar klaim asuransi di masa depan [4].

Misalkan Y_t merupakan peubah acak stokastik yang menyatakan besar klaim asuransi pada saat t. Untuk memprediksi besar klaim asuransi di masa depan pada saat t, model ACA (p,q) mengikuti bentuk umum model ACD (p,q) dari Engel dan Russell (1998), yaitu:

$$Y_t = \psi_t \epsilon_t \tag{2.1}$$

dengan asumsi ϵ_t variabel non-negatif dan $E(\epsilon_t) = 1$, untuk ψ_1 diinisiasi dari $E(y_1)$, (2.2)
dan $\psi_t = E(Y_t|\Omega_{t-1})$, dimana Ω_{t-1} adalah himpunan dari pengamatan sebelumnya hingga waktu $t-1$. Berdasarkan Araichi dkk (2016), ψ_t didefinisikan dari model *autoregressive* yang diperkenalkan oleh Engle dan Russell (1998). Model *autoregressive* merupakan bentuk regresi yang menghubungkan nilai pengamatan Y_t dengan nilai-nilai sebelumnya (Y_{t-i} dan ψ_{t-j}) pada selang waktu tertentu [7]:

$$\psi_t = \omega + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^{q} \beta_j \psi_{t-j} \tag{2.3}$$

dimana parameter $\omega, \alpha_i, \beta_j > 0$ untuk memastikan besar klaim asuransi bernilai positif dan $\sum(\alpha_i + \beta_j) < 1$, untuk $i = 1, \dots, p$ dan $j = 1, \dots, q$ [4]. Pada penelitian ini menggunakan model ACA (1,1), yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{gathered} Y_t = \psi_t \epsilon_t \\ \psi_t = \omega + \alpha_1 Y_{t-1} + \beta_1 \psi_{t-1} \end{gathered} \tag{2.4}$$

Keterangan:

Y_t	:	besar klaim asuransi pada waktu t
ψ_t	:	besar klaim bersyarat yang bergantung pada Y_{t-1} dan ψ_{t-1}
ϵ_t	:	peubah acak inovasi dengan $E(\epsilon_t) = 1$ [4]
$\omega, \alpha_1, \beta_1$	:	konstanta parameter model ACA (1,1)

2.3 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull diperkenalkan oleh fisikawan Swedia, yaitu Waloddi Weibull pada tahun 1939. Selama bertahun-tahun, distribusi Weibull menjadi salah satu model data statistik yang memiliki jangkauan luas dari aplikasi dalam uji hidup dan teori realibilitas (keandalan) dengan kelebihan utamanya adalah menyajikan keakuratan kegagalan dengan sampel yang sangat kecil [8]. Sebuah peubah acak kontinu $X \sim Wei(\lambda, k)$, memiliki fungsi distribusi kumulatif sebagai berikut [9]:

$$F_X(x; \lambda, k) = 1 - exp\left(-\frac{x}{\lambda}\right)^k \tag{2.5}$$

Fungsi kepadatan peluang distribusi Weibull diperoleh dari turunan fungsi distribusi kumulatif pada persamaan (2.5):

$$f_X(x; \lambda, k) = \frac{k}{\lambda}\left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} exp\left(-\frac{x}{\lambda}\right)^k \tag{2.6}$$

Mean pada distribusi Weibull:

$$E(X) = \lambda\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \tag{2.7}$$

Berdasarkan model WACA (1,1) diketahui $E(\epsilon_t) = 1$, sehingga:

$$E(\epsilon_t) = \lambda\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$
$$1 = \lambda\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$
$$\frac{1}{\lambda} = \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$
$$\lambda = \frac{1}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)} \tag{2.8}$$

sehingga:

$$f_{E_t}(\epsilon_t) = \frac{k}{x}\left[x\left(\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)\right)\right]^k exp\left[-x\left(\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)\right)\right]^k \tag{2.9}$$

dimana $\lambda, k > 0$.

2.4 Model WACA (1,1)

Model WACA (1,1) memiliki persamaan $Y_t = \psi_t\epsilon_t$ dengan $\epsilon_t \sim Wei\left(\frac{1}{\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}, k\right)$ dan $\psi_t = \omega + \alpha_1 y_{t-1} + \beta_1\psi_{t-1}$. Untuk mencari fungsi kepadatan peluang dari Y_t terlebih dahulu mencari fungsi distribusi kumulatif dari Y_t:

$$F_{Y_t}(y_t) = P(Y_t \le y_t)$$
$$= P(\psi_t\epsilon_t \le y_t)$$
$$= P\left(\epsilon_t \le \frac{y_t}{\psi_t}\right)$$
$$F_{Y_t}(y_t) = F_{\epsilon_t}\left(\frac{y_t}{\psi_t}\right)$$
$$= 1 - exp\left(-\frac{y_t}{\psi_t}\left(\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)\right)\right)^k \tag{2.10}$$

maka fungsi kepadatan peluang Y_t:

$$f_{Y_t}(y_t) = \frac{\partial F_{Y_t}(y_t)}{\partial y_t}$$
$$= exp\left(\frac{y_t\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)}{\psi_t}\right)^k \frac{k}{y_t}\left[-\left(\frac{y_t\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)}{\psi_t}\right)\right]^k \tag{2.11}$$

2.5 *Maximum Likelihood Estimator*

Maksimum Likelihood Estimator (MLE) atau juga disebut sebagai metode maksimum likelihood adalah metode untuk menaksir nilai dari parameter-parameter oleh fungsi likelihood dari tiap model. Penaksiran dengan metode ini adalah mencari nilai parameter yang memberikan kemungkinan (*likelihood*) yang paling besar dari data yang diamati [10].

Fungsi likelihood:

$$\begin{aligned}
L(Y_t|\Omega_{t-1},\omega,\alpha_1,\beta_1,k) &= \prod_{t=2}^{n} f_{Y_t}\left(\frac{y_t}{\psi_t}\right) \\
&= \prod_{t=2}^{n}\left[\left(\frac{y_t\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}{\psi_t}\right)^{k}\frac{k}{y_t}exp\left(-\left(\frac{y_t\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}{\psi_t}\right)\right)^{k}\right] \\
&= \prod_{t=2}^{n}\left[\left(\frac{y_t\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}{\omega+\alpha_1 y_{t-1}+\beta_1\psi_{t-1}}\right)^{k}\frac{k}{y_t}exp\left(-\left(\frac{y_t\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}{\omega+\alpha_1 y_{t-1}+\beta_1\psi_{t-1}}\right)\right)^{k}\right]
\end{aligned}$$

Fungsi log likelihood:

$$\begin{aligned}
l(Y_t|\Omega_{t-1},\theta) &= log(L) \\
&= \sum_{t=2}^{n}\left[k\ ln\left(\frac{y_t\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}{\psi_t}\right)+ln\left(\frac{k}{y_t}\right)-\left(\frac{y_t\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}{\psi_t}\right)^{k}\right] \\
&= \sum_{t=2}^{n}\left[k\ ln\left(\frac{y_t\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}{\omega+\alpha_1 y_{t-1}+\beta_1\psi_{t-1}}\right)+ln\left(\frac{k}{y_t}\right)-\left(\frac{y_t\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}{\omega+\alpha_1 y_{t-1}+\beta_1\psi_{t-1}}\right)^{k}\right]
\end{aligned} \tag{2.12}$$

Penaksiran parameter ω,α_1,β_1, dan k diperoleh dengan memaksimumkan fungsi log likelihood, dengan menghitung turunan pertama dari masing-masing parameter.

$$\frac{\partial\left(l(Y_t|\Omega_{t-1},\theta)\right)}{\partial\omega}=0$$
$$\frac{\partial\left(l(Y_t|\Omega_{t-1},\theta)\right)}{\partial\alpha_1}=0$$
$$\frac{\partial\left(l(Y_t|\Omega_{t-1},\theta)\right)}{\partial\beta_1}=0$$
$$\frac{\partial\left(l(Y_t|\Omega_{t-1},\theta)\right)}{\partial k}=0$$

Dari turunan parameter diatas akan diselesaikan secara numerik untuk menaksir ω,α_1,β_1, dan k sehingga memperoleh penaksiran nilai estimasi parameter.

2.6 *Root Mean Square Error*

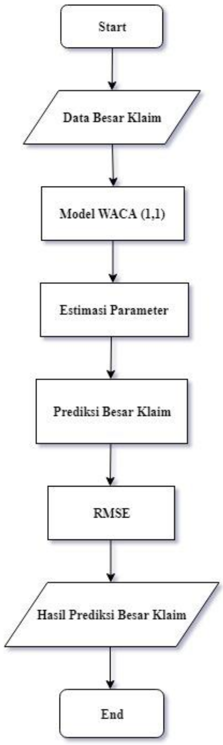
Root Mean Square Error (RMSE) merupakan metode yang digunakan untuk menghitung tingkat *error* dari hasil prediksi besar klaim. Jika nilai RMSE rendah, maka nilai prediksi yang dihasilkan oleh suatu model mendekati nilai pengamatannya. RMSE dapat dituliskan sebagai berikut [11]:

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(\hat{y}_t-y_t)^2}{n}} \tag{2.13}$$

dengan $\hat{y}_t$ adalah hasil nilai prediksi model WACA (1,1), y_t adalah data pengamatan, dan n adalah banyak data pengamatan.

3. Perancangan Sistem

3.1 Alur Perancangan Sistem

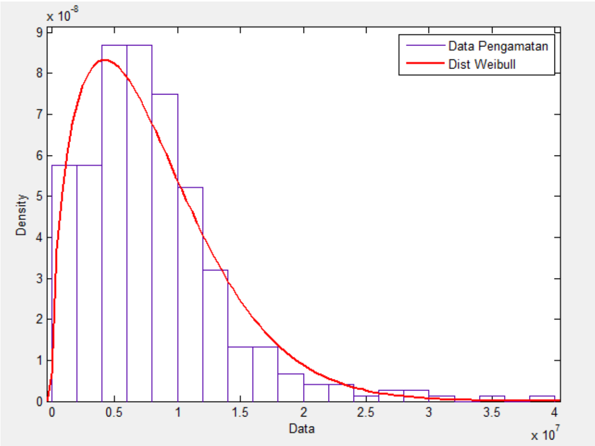


Gambar 3. 1 *Flowchart* Pemodelan Besar Klaim Asuransi Menggunakan Model WACA (1,1)

Rancangan sistem pada pemodelan besar klaim asuransi menggunakan model WACA (1,1), sebagai berikut:

1. Data Besar Klaim
   Pada tahap ini data yang digunakan adalah data pengamatan besar klaim perusahaan asuransi kesehatan XYZ selama 374 hari.
2. Model WACA (1,1)
   Mengidentifikasi model WACA (1,1) dari data pengamatan besar klaim asuransi berdasarkan persamaan (2.1) dan (2.4).
3. Estimasi Parameter
   Pada tahap ini dilakukan penaksiran setiap parameter dari model WACA (1,1) menggunakan metode MLE berdasarkan persamaan (2.12).
4. Prediksi Besar Klaim
   Pada tahap ini akan dilakukan prediksi besar klaim berdasarkan estimasi parameter model WACA (1,1) menggunakan persamaan (2.1) dan (2.4).
5. RMSE
   Pada tahap ini dilakukan perhitungan tingkat *error* menggunakan metode RMSE berdasarkan persamaan (2.13) terhadap nilai prediksi besar klaim yang telah dilakukan oleh model WACA (1,1).
6. Hasil Prediksi Besar Klaim
   Pada tahap ini hasil prediksi besar klaim yang digunakan berdasarkan nilai RMSE yang paling kecil.

3.2 Data



Statistika Deskriptif	
Mean	8046671.551
Median	7091856
Maximum	38177476
Minimum	404021
Mode	404021
Skewness	1.6424
Kurtosis	7.4195

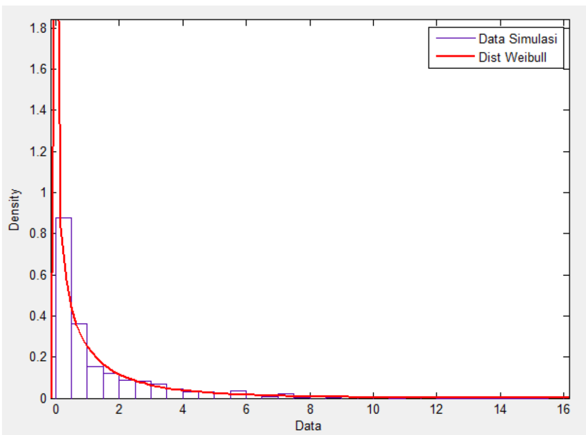
Gambar 3. 2 Histogram dan Statistika Deskriptif Data Pengamatan Besar Klaim Perusahaan Asuransi Kesehatan XYZ

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data pengamatan besar klaim asuransi (dalam rupiah) dari perusahaan asuransi kesehatan XYZ. Asuransi kesehatan merupakan produk asuransi yang menangani masalah kesehatan tertanggung karena suatu penyakit serta menanggung biaya proses perawatan. Data pengamatan yang digunakan adalah data besar klaim asuransi berdasarkan salah satu penyakit (*Acute Bronchitis*) selama 374 hari. Pada statistika deskriptif data pengamatan besar klaim asuransi menunjukkan nilai *mean* (rata-rata) sebesar 8046671.551, nilai *median* (nilai tengah) sebesar 7091856, nilai *maximum* (paling besar) sebesar 38177476, nilai *minimum* (paling kecil) sebesar 404021, nilai *mode* (nilai yang paling sering muncul) sebesar 404021, nilai *skewness* (ukuran kemiringan bentuk kurva distribusi) sebesar 1.6424 dengan kemiringan data ke arah kanan atau positif (*mean* > *mode*), dan nilai *kurtosis* (tingkat keruncingan bentuk kurva distribusi dari kurva normal) sebesar 7.4195 dengan kurva yang lebih runcing dari distribusi normal (nilai *kurtosis* > 3 atau disebut *leptokurtic*). Pada Gambar 3.2, menunjukkan bahwa histogram data pengamatan besar klaim sesuai dengan statistika deskriptifnya dan bentuk histogram sesuai dengan bentuk distribusi Weibull. Berdasarkan nilai *maximum* dan *minimum*, maka data pengamatan besar klaim adalah data yang positif, sehingga bersesuaian dengan distribusi Weibull yang non-negatif.

4. Evaluasi

4.1 Analisis Hasil Pengujian

4.1.1 Simulasi Model WACA (1,1)



Statistika Deskriptif	
Mean	1.4819
Median	0.6323
Maximum	15.8023
Minimum	0.0000734
Mode	0.0000734
Skewness	2.5283
Kurtosis	11.355

Gambar 4. 1 Histogram dan Stastistika Deskriptif Data Simulasi Model WACA (1,1)

Data yang digunakan untuk melakukan simulasi pada model WACA (1,1) adalah data *generate* atau data simulasi besar klaim sebanyak 500 data. Pada statistika deskriptif data simulasi menunjukkan nilai *mean* (rata-rata) sebesar 1.4819, nilai *median* (nilai tengah) sebesar 0.6323, nilai *maximum* (paling besar) sebesar 15.8023, nilai *minimum* (paling kecil) sebesar 0.0000734, nilai *mode* (nilai yang paling sering muncul) sebesar 0.0000734, nilai *skewness* (ukuran kemiringan bentuk kurva distribusi) sebesar 2.5283 dengan kemiringan data ke arah kanan atau positif (*mean* $>$ *mode*), dan nilai *kurtosis* (tingkat keruncingan bentuk kurva distribusi dari kurva normal) sebesar 11.355 dengan kurva yang lebih runcing dari distribusi normal (nilai *kurtosis* > 3 atau disebut *leptokurtic*). Pada Gambar 4.1, menunjukkan bahwa histogram data simulasi sesuai dengan statistika deskriptifnya dan bentuk histogram sesuai dengan bentuk distribusi Weibull. Berdasarkan nilai *maximum* dan *minimum*, maka data simulasi adalah data yang positif, sehingga bersesuaian dengan distribusi Weibull yang non-negatif.

1) Simulasi Data Stasioner

a. Estimasi Parameter

Berdasarkan pembahasan pada tinjauan pustaka mengenai penaksiran nilai parameter pada model WACA (1,1) yaitu parameter $\alpha_0, \alpha_1, \beta_1$ diperoleh menggunakan fungsi maksimum likelihood. Dari persamaan (2.12) diaplikasikan ke dalam fungsi *fminsearch*, sehingga diperoleh nilai parameter dari data simulasi sebagai berikut.

Parameter Awal Data Simulasi				**Hasil Estimasi Parameter**			
ω	α_1	β_1	k	$\widehat{\omega}$	$\widehat{\alpha_1}$	$\widehat{\beta_1}$	$\hat{k}$
0.5	0.1	0.5	1	0.5886	0.0855	0.5202	0.6894

Tabel 4. 1 Parameter Awal Data Simulasi dan Hasil Estimasi Parameter Simulasi Model WACA (1,1)

Pada Tabel 4.1, nilai parameter awal data simulasi adalah nilai parameter yang stasioner yang sesuai dengan syarat stasioner pada parameter $\omega, \alpha_1, \beta_1 > 0$ dan $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ dari Araichi, dkk (2016). Diperoleh nilai estimasi parameter simulasi model WACA (1,1) yang tidak jauh berbeda dengan nilai parameter awal. Hasil nilai estimasi parameter $\omega, \alpha_1, \beta_1$ dari data simulasi besar klaim asuransi dimasukkan ke persamaan model WACA (1,1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \widehat{y_t} &= \widehat{\psi_t}\epsilon_t \\ \widehat{\psi_t} &= \widehat{\omega} + \widehat{\alpha_1} y_{t-1} + \widehat{\beta_1}\psi_{t-1} \\ &= 0.5886 + 0.0855(y_{t-1}) + 0.5202(\psi_{t-1}) \end{aligned} \tag{4.1}$$

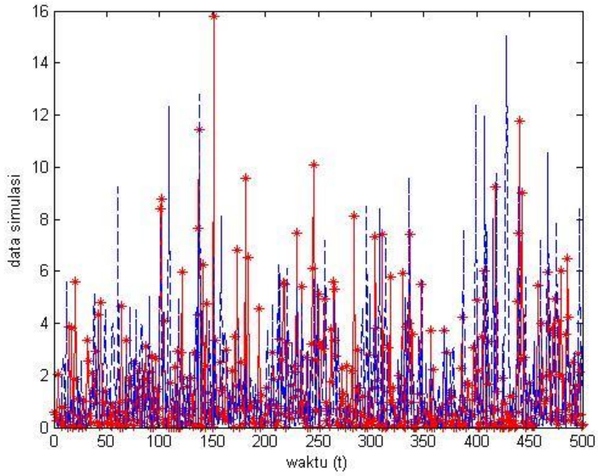
b. Prediksi Besar Klaim

Prediksi besar klaim dapat dihitung jika nilai estimasi parameter dari model sudah didapatkan. Berdasarkan dari persamaan (4.1), maka dapat diprediksi besar klaim dengan menggunakan tiga nilai data terakhir dari data simulasi sebagai data *testing* dengan $\epsilon_t \sim Wei\left(\frac{1}{\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}, k\right)$, dengan nilai k yang telah ditaksir.

Data *testing* ke-	**Nilai Data Simulasi**	**Nilai Prediksi**
498	0.5095	1.0021
499	0.0793	3.2168
500	0.1303	0.0151

Tabel 4. 2 Perbandingan Nilai Data Simulasi dan Hasil Nilai Prediksi

c. RMSE



Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Data Simulasi dan Hasil Prediksi Model WACA (1,1)

Pada Gambar 4.2, terlihat grafik data simulasi dan hasil prediksi stasioner menggunakan model WACA (1,1). Grafik data simulasi ditandai dengan grafik berwarna merah (tanda *), sedangkan grafik hasil prediksi ditandai dengan grafik berwarna biru (tanda -). Berdasarkan hasil prediksi besar klaim simulasi model WACA (1,1), maka hasil nilai *error* menggunakan metode RMSE adalah 2.8972.

2) Simulasi Data Tidak Stasioner

a. Estimasi Parameter

Berdasarkan pembahasan pada tinjauan pustaka mengenai penaksiran nilai parameter pada model WACA (1,1) yaitu parameter $\alpha_0, \alpha_1, \beta_1$ diperoleh menggunakan fungsi maksimum likelihood. Dari persamaan (2.12) diaplikasikan ke dalam fungsi *fminsearch*, sehingga diperoleh nilai parameter dari data simulasi sebagai berikut.

Parameter Awal Data Simulasi				Hasil Estimasi Parameter			
ω	α_1	β_1	k	$\widehat{\omega}$	$\widehat{\alpha_1}$	$\widehat{\beta_1}$	$\hat{k}$
0.5	0.9	0.5	1	0.6117	1.3645	-0.1954	1.0693

Tabel 4. 3 Parameter Awal Data dan Hasil Estimasi Parameter Simulasi Model WACA (1,1)

Pada Tabel 4.3, nilai parameter awal data simulasi adalah nilai parameter yang tidak stasioner yang tidak sesuai dengan syarat stasioner pada parameter $\omega, \alpha_1, \beta_1 > 0$ dan $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ dari Araichi, dkk (2016). Diperoleh nilai estimasi parameter simulasi model WACA (1,1) yang menjauhi nilai parameter awal. Hasil nilai estimasi parameter $\omega, \alpha_1, \beta_1$ dari data simulasi besar klaim asuransi dimasukkan ke persamaan model WACA (1,1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \widehat{y_t} &= \widehat{\psi_t}\epsilon_t \\ \widehat{\psi_t} &= \widehat{\omega} + \widehat{\alpha_1} y_{t-1} + \widehat{\beta_1}\psi_{t-1} \\ &= 0.6117 + 1.3645(y_{t-1}) + \left(-0.1954(\psi_{t-1})\right) \end{aligned} \tag{4.2}$$

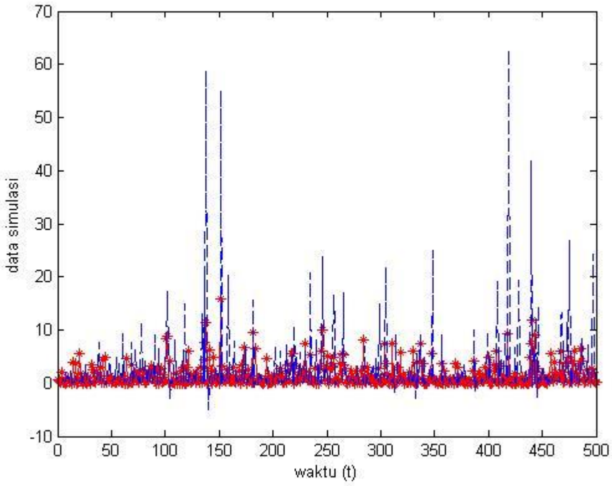
b. Prediksi Besar Klaim

Prediksi besar klaim dapat dihitung jika nilai estimasi parameter dari model sudah didapatkan. Berdasarkan dari persamaan (4.2), maka dapat diprediksi besar klaim dengan menggunakan tiga nilai data terakhir dari data simulasi sebagai data *testing* dengan $\epsilon_t \sim Wei\left(\frac{1}{\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}, k\right)$, dengan nilai k yang telah ditaksir.

Data *testing* ke-	Nilai Data Simulasi	Nilai Prediksi
498	0.5095	1.7109
499	0.0793	1.7419
500	0.1303	0.0063

Tabel 4. 4 Perbandingan Nilai Data Simulasi dan Hasil Nilai Prediksi

c. RMSE



Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Data Simulasi dan Hasil Prediksi Model WACA (1,1)

Pada Gambar 4.3, terlihat grafik data simulasi dan hasil prediksi menggunakan model WACA (1,1). Grafik data simulasi ditandai dengan grafik berwarna merah (tanda *), sedangkan grafik hasil prediksi ditandai dengan grafik berwarna biru (tanda -). Berdasarkan hasil prediksi besar klaim simulasi model WACA (1,1), maka hasil nilai *error* menggunakan metode RMSE adalah 6.5048.

4.1.2 Implementasi Model WACA (1,1) pada Data Pengamatan

a. Estimasi Parameter

Berdasarkan pembahasan pada tinjauan pustaka mengenai penaksiran nilai parameter pada model WACA (1,1) yaitu parameter $\omega, \alpha_1, \beta_1$ diperoleh menggunakan fungsi maksimum likelihood. Dari persamaan (2.12) diaplikasikan ke dalam fungsi *fminsearch*, sehingga akan didapat nilai parameternya sebagai berikut.

$\widehat{\boldsymbol{\omega}}$	$\widehat{\boldsymbol{\alpha_1}}$	$\widehat{\boldsymbol{\beta_1}}$	$\widehat{\boldsymbol{k}}$
0.1800	0.0694	0.9294	1.5101

Tabel 4. 5 Hasil Estimasi Parameter Implementasi Model WACA (1,1)

Pada Tabel 4.3 diperoleh nilai estimasi parameter model WACA (1,1). Hasil nilai estimasi parameter $\omega, \alpha_1, \beta_1$ dari data pengamatan besar klaim asuransi dimasukkan ke persamaan model WACA (1,1) sebagai berikut:

$$\widehat{y_t} = \widehat{\psi_t}\epsilon_t$$
$$\widehat{\psi_t} = \widehat{\omega} + \widehat{\alpha_1}y_{t-1} + \widehat{\beta_1}\psi_{t-1}$$
$$= 0.1800 + 0.0694(y_{t-1}) + 0.9294(\psi_{t-1}) \quad (4.2)$$

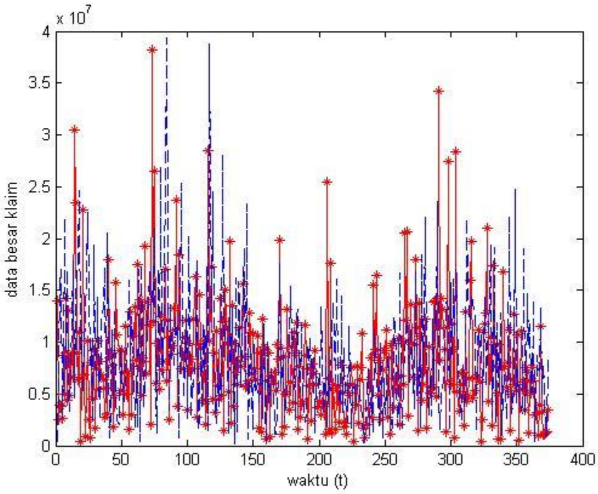
b. Prediksi Besar Klaim

Prediksi besar klaim dapat dihitung jika nilai estimasi parameter dari model sudah didapatkan. Berdasarkan dari persamaan (4.2), maka dapat diprediksi besar klaim dengan menggunakan tiga nilai data terakhir dari data pengamatan sebagai data *testing* dengan $\epsilon_t \sim Wei\left(\frac{1}{\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)}, k\right)$, dengan nilai k yang telah ditaksir.

Data *testing* ke-	Nilai Data Pengamatan	Nilai Prediksi
372	1171060	833129.4997
373	1386992	1057659.2091
374	3430115	8478035.8366

Tabel 4. 6 Perbandingan nilai data pengamatan dan hasil nilai prediksi

c. RMSE



Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Data Pengamatan dan Hasil Prediksi Model WACA (1,1)

Pada Gambar 4.3, terlihat grafik data pengamatan dan hasil prediksi menggunakan model WACA (1,1). Grafik data pengamatan ditandai dengan grafik berwarna merah (tanda *), sedangkan grafik hasil prediksi ditandai dengan grafik berwarna biru (tanda -). Berdasarkan hasil prediksi besar klaim implementasi model WACA (1,1), maka hasil nilai *error* menggunakan metode RMSE adalah 7947964.6879. Hasil nilai RMSE sebesar 7947964.6879 dikarenakan pada data pengamatan terdapat nilai ekstrem sebesar 38177476 dengan rata-rata data 8046671.551, sehingga mengakibatkan model WACA (1,1) tidak dapat mengantisipasi nilai ekstrem.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari analisis dan hasil pengujian pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan menggunakan metode MLE, maka didapat nilai estimasi parameter dari model WACA (1,1) dari data pengamatan dengan $\omega = 0.1800$, $\alpha_1 = 0.0694$, dan $\beta_1 = 0.9294$ yang memenuhi syarat parameter $\omega, \alpha_1, \beta_1 > 0$ dan $\alpha_1 + \beta_1 < 1$.
2. Hasil perhitungan nilai *error* dari prediksi besar klaim asuransi model WACA (1,1) pada data simulasi stasioner berdasarkan nilai RMSE adalah 2.8972 dengan nilai estimasi parameter yang tidak jauh berbeda dari nilai parameter awal, sedangkan hasil perhitungan nilai *error* dari prediksi besar klaim asuransi model WACA (1,1) pada data simulasi tidak stasioner berdasarkan nilai RMSE adalah 6.5048 dengan nilai estimasi parameter menjauhi dari nilai parameter awal.
3. Hasil perhitungan nilai *error* dari prediksi besar klaim asuransi model WACA (1,1) pada data pengamatan berdasarkan nilai RMSE adalah 7947964.6879. Hasil nilai RMSE tersebut diperoleh dikarenakan terdapat nilai ekstrem yang tidak dapat diantisipasi oleh model WACA (1,1), dengan nilai ekstrem pada data pengamatan 38177476 dengan nilai rata-rata 8046671.551.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan pada penelitian ini, maka penulis memberikan rekomendasi berupa saran, yaitu:

Untuk memperoleh nilai RMSE yang lebih kecil, orde pada model WACA (1,1) dapat diubah, seperti WACA (1,2) atau WACA (2,2). Selain distribusi Weibull, distribusi data besar klaim dapat diganti dengan distribusi lain yang non-negatif dan kontinu, seperti distribusi Eksponensial, distribusi Nilai Ekstrem, atau distribusi Pareto.

Daftar Pustaka

[1] A. A. Salim, Asuransi dan Risiko Manajemen, Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2012.

[2] M. Notosusastro, Asuransi dan Usaha Perasuransian di Indonesia, Bandung: Alfabeta, 2013.

[3] N. Iriawan and S. P. Astuti, Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14, Yogyakarta: Andi Yogyakarta, 2006.

[4] S. Araichi, C. de Peretti and L. Belkacem, "Solvency Capital Requirement for A Temporal Dependent Losses in Insurance," *Economic Modelling,* p. 11, 2016.

[5] R. F. Engle and J. R. Russell, "Autoregressive Conditional Duration: A New Model for Irregularly Spaced Transaction Data," *Econometrica,* vol. 66, pp. 1127-1162, 1998.

[6] M. S. Sula, Asuransi Syariah (Life and General): Konsep dan Sistem Operasional, Jakarta: Gema Insani, 2004.

[7] N. Sari, "PENDUGAAN PARAMETER MODEL AUTOREGRESSIVE PADA DERET WAKTU," *Jurnal Matematika UNAND,* vol. 3, pp. 28-37.

[8] L. G. Otaya, "Distribusi Probabilitas Weibull dan Aplikasinya," *TADBIR : Jurnal Manajemen Pendidikan Islam,* vol. 4, pp. 44-66, 2016.

[9] A. M. Hossain and W. J. Zimmer, "Comparison of Estimation Methods for Weibull Parameters: Complete and Censored Samples," *Journal of Statistical Computation and Simulation,* vol. 72(2), pp. 145-153, 2003.

[10] E. Weisstein, "Maximum Likelihood," Wolfram Mathworld, [Online]. Available: http://mathworld.wolfram.com/MaximumLikelihood.html. [Accessed 31 Oktober 2017].

[11] R. J. Hyndman and A. B. Koehler, "Another look at measures of forecast accuracy," *International Journal of Forecasting,* pp. 679-688, 2006.