

**ESTIMASI CADANGAN KLAIM *INCURRED BUT NOT REPORTED*  
(IBNR) MENGGUNAKAN METODE *CHAIN-LADDER*,  
*BORNHUETTER-FERGUSON* DAN *BENKTANDER-HOVINEN*  
Studi Kasus PERUSAHAAN ASURANSI XYZ di INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1  
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Muhlis Aminullah

No. Mahasiswa : 19522221

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 25 – 10 - 2023



(Muhlis Aminullah)

19522221

## SURAT BUKTI PENELITIAN



FAKULTAS  
TEKNOLOGI INDUSTRI

Gedung KH. Mas Mansur  
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584  
T. (0274) 898444 ext. 4100, 4101  
F. (0274) 895007  
E. [fti@uii.ac.id](mailto:fti@uii.ac.id)  
W. [fti.uii.ac.id](http://fti.uii.ac.id)

### SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor: 256/Ka.Lab.Datmin/70/Lab.Datmin/X/2023

#### ***Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh***

Kami yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa mahasiswa dengan keterangan sebagai berikut :

Nama : Muhlis Aminullah  
No. Mhs : 19522221  
Dosen Pembimbing : Ir. Ira Promasanti Rachmadewi, M.Eng.

Telah selesai melaksanakan penelitian yang berjudul " Estimasi Cadangan *Klaim Asuransi Incurred But Not Reported (IBNR)* Metode *Chain- Ladder, Bornhuetter-Ferguson dan Benktender-Hovinen* Studi kasus pada Perusahaan Asuransi XYZ di Indonesia" di Laboratorium Data Mining, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia tercatat mulai tanggal 07 Agustus 2023 sampai dengan tanggal 25 Agustus 2023

Demikian surat keterangan kami keluarkan, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

#### ***Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh***

Yogyakarta, 26 Oktober 2023

Kepala Laboratorium  
Data Mining

**Annisa Uswatun Khasanah, ST., M.B.A., M.Sc.**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**  
**ESTIMASI CADANGAN KLAIM IBNR MENGGUNAKAN METODE *CHAIN-***  
***LADDER, BORNHUETTER-FERGUSON* DAN *BENKTENDEHOVINEN***  
**Studi Kasus PERUSAHAAN ASURANSI XYZ di INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Muhlis Aminullah**

**No. Mahasiswa : 19522221**



**Dosen Pembimbing**

**(Ir. Ira Promasanti Rachmadewi, M.Eng.)**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**ESTIMASI CADANGAN KLAIM *INCURRED BUT NOT REPORTED* (IBNR)  
MENGUNAKAN METODE *CHAIN-LADDER*, *BORNHUETTER-FERGUSON*  
DAN *BENKTANDER-HOVINEN***

**Studi Kasus PERUSAHAAN ASURANSI XYZ di INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Muhlis Aminullah**

**No. Mahasiswa : 19522221**

Telah dipertahankan di depan sidang pengujian sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri

**Universitas Islam Indonesia**

**Yogyakarta, 17 - November - 2023**

**Tim Penguji**

**Ir. Ira Promasanti Rachmadewi, M.Eng.**

**Ketua**

**Ir. Ali Parkhan, M.T.**

**Anggota I**

**Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.**

**Anggota II**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Universitas Islam Indonesia**

**Ir. Muhammad Ridwan Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM**

**015220101**

### **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah rabbil 'alamin atas izin dan ridha Allah SWT, saya ingin mempersembahkan karya tulis ini untuk kedua orang tua saya Bapak Jamhani dan Ibu Isdiyanti yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada saya agar diberikan kemudahan dalam menyelesaikan karya tulis ini. Selain itu, kepada para sahabat sedari semester satu dan teman-teman saya semasa perkuliahan, terimakasih sudah selalu berjuang bersama hingga kita dapat berada di titik ini dan selalu mengingatkan untuk dapat menyelesaikan kuliah dengan baik dan dalam waktu yang tepat.

**MOTTO**

*“Hai anak-anakku, pergilah kamu, maka carilah berita tentang Yusuf dan saudaranya dan jangan kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah, melainkan kaum yang kafir”.*

(QS. Yusuf: 87)

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

*Alhamdulillahirabbil'alamin*, segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, tak lupa shalawat serta salam senantiasa penulis ucapkan kepada nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, serta para pengikutnya sehingga saya selaku penulis dapat menyelesaikan tugas akhir sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Strata-1 program studi Teknik Industri yang berjudul “Estimasi Cadangan Klaim Asuransi *Incurred But Not Reported (IBNR)* Metode *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson* dan *Benktander-Hovinen* Studi kasus pada Perusahaan Asuransi XYZ di Indonesia” dengan baik.

Tugas akhir penulis tidak dapat terselesaikan dengan lancar tanpa adanya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ira Promasanti Rachmadewi, Ir., M.Eng. Selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa selalu membimbing dan mengingatkan serta meluangkan waktunya selama pembuatan karya tulis ini.
5. Kedua orang tua penulis, Bapak Jamhani dan Ibu Isdiyanti yang tiada hentinya untuk mendoakan dan memberikan dukungan untuk selalu semangat dan yakin dapat menyelesaikan karya tulis ini dengan lancar.
6. Kakak penulis, Mas Lukman Hakimi dan Mba Hasna Arifani yang selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis dalam proses pembuatan hingga penyelesaian karya tulis ini.

7. Husna Rahma Yunita yang selalu setia menemani, membantu, dan memberikan semangat kepada penulis untuk bisa menyelesaikan karya ilmiah dengan baik.
8. Maulana Ijlal, Ahmad Fauzi, Ichlasul Falah sebagai teman saya sejak SMP sampai sekarang bisa menjadi rekan bisnis Lamtara Adventure selalu mendengarkan keluhan saya selama penulisan karya ilmiah ini.
9. Keluarga besar Agros Catering sebagai tempat saya bekerja selalu memberikan dukungan kepada saya untuk dapat menyelesaikan karya tulis ini dengan lancar.
10. Teman-teman kontrakan 'The Raid' dan teman-teman angkatan 2019 lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu selalu memberikan semangat satu sama lain untuk mendapatkan gelar Strata-1.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya tulis ini tidaklah mendekati kata sempurna, penulis senantiasa tetap bersyukur dan menjadi pembelajaran kedepannya oleh karena itu kritik dan saran diharapkan dari para pembaca serta saran yang membangun untuk penyempurnaan penulisan dimasa yang akan datang. Akhir kata semoga karya tulis ini dapat menjadi manfaat bagi para pembaca yang berminat dan dapat menjadi ilmu sebagaimana mestinya.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 25 Oktober 2023

Muhlis Aminullah

## ABSTRAK

Cadangan klaim *incurred but not reported* (IBNR) merupakan dana yang disiapkan oleh perusahaan asuransi sebagai ganti rugi dari kejadian yang dialami oleh pemegang polis. Nilai dari klaim *incurred but not reported* (IBNR) tidak dapat ditentukan secara pasti oleh perusahaan asuransi, namun nilai klaim tersebut dapat di estimasi yang kemudian dapat dijadikan acuan perusahaan untuk mencadangkan klaim *incurred but not reported* di periode yang akan datang. Pada penelitian ini Perusahaan Asuransi XYZ di Indonesia akan melakukan estimasi cadangan klaim *incurred but not reported* di tahun-tahun mendatang. Metode yang digunakan oleh Perusahaan Asuransi XYZ di Indonesia adalah *Bornhuetter-Ferguson* yang efektif dalam mengestimasi cadangan klaim *incurred but not reported* namun masih terlalu tinggi nilai cadangannya. Oleh karena itu perlu dilakukan metode baru untuk membandingkan metode yang sudah dilakukan sebelumnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini selain *Bornhuetter-Ferguson* yaitu *Chain-Ladder* dan *Benktander-Hovinen*. Metode tersebut kemudian dibandingkan untuk menentukan yang terbaik dalam melakukan estimasi cadangan klaim untuk Perusahaan Asuransi XYZ di Indonesia. Penentuan metode terbaik dilakukan dengan membandingkan tingkat *errors* paling kecil. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan metode terbaik untuk melakukan estimasi cadangan klaim *incurred but not reported* pada Perusahaan Asuransi XYZ di Indonesia yaitu menggunakan *Benktander-Hovinen*. Nilai estimasi cadangan klaim *incurred but not reported* (IBNR) menggunakan *Benktander-Hovinen* sebesar Rp. 3.307.988.958,259 dengan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 58.279.010,94 sedangkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 19.83%, nilai tingkat *errors* ini lebih kecil dari metode *Chain-Ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson*.

Kata Kunci: Cadangan Klaim, *Incurred but not Reported* (IBNR), *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, *Benktander-Hovinen*, *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>             | <b>ii</b>   |
| <b>SURAT BUKTI PENELITIAN.....</b>           | <b>iii</b>  |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....</b>     | <b>iv</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI .....</b> | <b>v</b>    |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>              | <b>v</b>    |
| <b>MOTTO.....</b>                            | <b>vii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                  | <b>viii</b> |
| <b>ABSTRAK.....</b>                          | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                      | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                     | <b>xiv</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                   | <b>xv</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>               | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                     | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                     | 4           |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                  | 5           |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                 | 5           |
| 1.5 Batasan Penelitian.....                  | 5           |
| 1.6 Sistematika Penelitian.....              | 5           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>         | <b>8</b>    |
| 2.1 Kajian Induktif.....                     | 8           |
| 2.2 Kajian Deduktif.....                     | 15          |
| 2.2.1 Asuransi .....                         | 16          |
| 2.2.2 Polis Asuransi .....                   | 16          |
| 2.2.3 Premi .....                            | 17          |
| 2.2.4 Klaim .....                            | 17          |
| 2.2.5 Loss Ratio .....                       | 18          |
| 2.2.6 Proses Klaim .....                     | 18          |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 2.2.7   | Cadangan Klaim .....                                    | 19        |
| 2.2.8   | Cadangan Klaim Incurred but Not Reported (IBNR) .....   | 21        |
| 2.2.9   | Run-off Triangle .....                                  | 21        |
| 2.2.10  | Chain Ladder.....                                       | 23        |
| 2.2.11  | Bornhuetter-Ferguson .....                              | 24        |
| 2.2.12  | Benktander-Hovinen .....                                | 25        |
| 2.2.13  | Pengujian Tingkat Error.....                            | 26        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>               |   | <b>28</b> |
| 3.1   | Diagram Alir Penelitian .....                           | 28        |
| 3.2   | Identifikasi Masalah.....                               | 29        |
| 3.3   | Perumusan Masalah .....                                 | 29        |
| 3.4   | Penentuan Tujuan dan Batasan Masalah .....              | 29        |
| 3.5   | Pengumpulan Data .....                                  | 30        |
| 3.6   | Pengolahan Data .....                                   | 30        |
| 3.6.1   | Pre-Processing Data .....                               | 31        |
| 3.6.2   | Pemodelan Metode CL, BF, dan BH .....                   | 31        |
| 3.6.3   | Pengujian tingkat error.....                            | 32        |
| 3.7   | Hasil dan Pembahasan .....                              | 32        |
| 3.8   | Kesimpulan dan Saran .....                              | 33        |
| <b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b> |   | <b>34</b> |
| 4.1   | Pengumpulan Data .....                                  | 34        |
| 4.2   | Pengolahan Data .....                                   | 35        |
| 4.2.1   | Pre-Processing Data .....                               | 35        |
| 4.2.2   | Pemodelan Chain-Ladder.....                             | 37        |
| 4.2.3   | Pemodelan Bornhuetter-Ferguson .....                    | 40        |
| 4.2.4   | Pemodelan Benktander-Hovinen .....                      | 44        |
| 4.2.5   | Pembuatan Matriks Train Segitiga Atas Setiap Model..... | 46        |
| <b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>             |   | <b>50</b> |
| 5.1   | Analisis <i>Pre-Processing Data</i> .....               | 50        |
| 5.1.1   | Analisis Data Selection .....                           | 50        |

|                             |  |           |
|-----------------------------|--|-----------|
| 5.1.2                       | Analisis Data Transformation .....               | 51        |
| 5.1.3                       | Analisis Persiapan Data .....                    | 53        |
| 5.2                         | Analisis Model <i>Chain-Ladder</i> .....         | 54        |
| 5.3                         | Analisis Model <i>Bornhuetter-Ferguson</i> ..... | 57        |
| 5.4                         | Analisis Model <i>Benktander-Hovinen</i> .....   | 60        |
| 5.5                         | Analisis Evaluasi Model .....                    | 62        |
| <b>BAB VI PENUTUP.....</b>  |  | <b>65</b> |
| 6.1.                        | Kesimpulan .....                                 | 65        |
| 6.2.                        | Saran .....                                      | 65        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> |  | <b>66</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>       |  | <b>1</b>  |
|                             | Lampiran 1 .....                                 | 1         |
|                             | Lampiran 2 .....                                 | 7         |
|                             | Lampiran 3 .....                                 | 13        |

**DAFTAR TABEL**

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Kajian Induktif.....  | 8  |
| Tabel 2. 2 <i>Run-off Triangle</i> dari Klaim <i>Inkremental</i> ..... | 22 |
| Tabel 2. 3 <i>Run-off Triangle</i> dari Klaim Kumulatif.....           | 23 |
| Tabel 3. 1 Daftar <i>Library Python</i> .....                          | 30 |
| Tabel 3. 2 Tingkat Keakuratan MAPE .....                               | 32 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Proses Klaim.....   | 19 |
| Gambar 3. 1 Alur penelitian .....   | 28 |
| Gambar 4. 1 Hasil <i>Heatmap</i> Matriks <i>Run-Off Triangle</i> .....                    | 37 |
| Gambar 4. 2 Hasil <i>Loss Development Factors</i> .....                                   | 38 |
| Gambar 4. 3 Hasil <i>Heatmap</i> Matriks <i>Run-Off Triangle Chain-Ladder</i> .....       | 39 |
| Gambar 4. 4 Hasil Estimasi Cadangan Klaim <i>Chain-Ladder</i> .....                       | 40 |
| Gambar 4. 5 Hasil <i>Cumulative Distribution Factors</i> .....                            | 41 |
| Gambar 4. 6 Hasil Nilai <i>Beta</i> .....   | 42 |
| Gambar 4. 7 Hasil Segitiga Bawah <i>Bornhuetter-Ferguson</i> dengan <i>Heatmap</i> .....  | 43 |
| Gambar 4. 8 Hasil Estimasi Cadangan Klaim IBNR ( <i>Bornhuetter-Ferguson</i> ).....       | 44 |
| Gambar 4. 9 Hasil <i>Heatmap</i> Matriks <i>Run-Off Triangle Benktander-Hovinen</i> ..... | 45 |
| Gambar 4. 10 Hasil Estimasi Cadangan Klaim IBNR ( <i>Benktander-Hovinen</i> ) .....       | 46 |
| Gambar 4. 11 Hasil Matriks <i>Train Chain-Ladder</i> .....                                | 47 |
| Gambar 4. 12 Hasil Matriks <i>Train Bornhuetter-Ferguson</i> .....                        | 48 |
| Gambar 4. 13 Hasil Matriks <i>Train Benktander-Hovinen</i> .....                          | 49 |
| Gambar 5. 1 <i>Selection Dataframe</i> .....  | 51 |
| Gambar 5. 2 <i>Origin &amp; Development Transformation Data</i> .....                     | 51 |
| Gambar 5. 3 <i>Claim Transformation Data</i> .....  | 52 |
| Gambar 5. 4 <i>Lag Transformation Data</i> .....  | 53 |
| Gambar 5. 5 <i>Dataframe Baru</i> .....   | 53 |
| Gambar 5. 6 <i>Run-Off Triangle Matrix</i> .....  | 54 |
| Gambar 5. 7 <i>Loss Development Factors</i> .....   | 55 |
| Gambar 5. 8 <i>Matrix Estimasi Chain-Ladder</i> .....                                     | 56 |
| Gambar 5. 9 Estimasi Cadangan Klaim IBNR <i>Chain-Ladder</i> .....                        | 56 |
| Gambar 5. 10 Nilai <i>Cumulative Distribution Factors (CDF)</i> .....                     | 57 |
| Gambar 5. 11 Nilai <i>Beta</i> dan <i>Premi</i> .....                                     | 58 |
| Gambar 5. 12 Nilai <i>Loss Ratio</i> .....  | 58 |
| Gambar 5. 13 <i>Matrix Estimasi Bornhuetter-Ferguson</i> .....                            | 59 |
| Gambar 5. 14 Estimasi Cadangan Klaim IBNR <i>Bornhuetter-Ferguson</i> .....               | 59 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 5. 15 <i>Matrix</i> Estimasi <i>Benktander-Hovinen</i> .....       | 60 |
| Gambar 5. 16 Estimasi Cadangan Klaim IBNR <i>Benktander-Hovinen</i> ..... | 61 |
| Gambar 5. 17 <i>Matrix Train Chain-Ladder</i> .....                       | 63 |
| Gambar 5. 18 <i>Matrix Train Bornhuetter-Ferguson</i> .....               | 63 |
| Gambar 5. 19 <i>Matrix Train Benktander-Hovinen</i> .....                 | 63 |
| Gambar 5. 20 <i>Bar Plot</i> Nilai MAE dan MAPE.....                      | 64 |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Risiko merupakan sesuatu hal yang tidak akan pernah lepas dari kehidupan manusia. Hal ini dikarenakan risiko yang melekat pada berbagai aspek kehidupan manusia yang selalu dihadapkan dengan kejadian yang tidak terduga dan tidak diinginkan. Definisi dari risiko sendiri yaitu suatu kondisi dimana terdapat ketidakpastian yang bisa memungkinkan terjadinya sebuah kerugian (Arifudin, Wahrudin, & Rusmana, 2020). Dengan demikian manusia perlu mengelola risiko agar bisa meminimasi kemungkinan buruk yang akan terjadi nantinya. Terdapat berbagai macam cara dalam pengelolaan risiko mulai dari menghindari risiko (*risk avoidance*), mitigasi risiko (*risk reduction*), transfer risiko kepada pihak ketiga (*risk sharing*), dan menerima risiko (*risk acceptance*) (Rofikah & Septiarini, 2020).

Transfer risiko merupakan salah satu pengalihan risiko kepada pihak luar, misalnya kepada perusahaan asuransi. Dalam proses transfer risiko terdapat dua pihak yang saling berhubungan yaitu pemilik risiko (tertanggung) yang sering disebut sebagai pemegang polis dan perusahaan asuransi (penanggung) (Rofikah & Septiarini, 2020). Akibat dari transfer risiko yang dilakukan, pemegang polis memiliki kewajiban untuk sejumlah dana atau sering disebut premi kepada pihak penanggung sedangkan perusahaan asuransi memiliki kewajiban untuk membayar klaim untuk pihak tertanggung. Transfer risiko kepada perusahaan asuransi ini sama dengan menukar ketidakpastian biaya yang akan dikeluarkan pada saat terjadi risiko dengan kepastian jumlah premi yang dibayarkan. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2014 tentang Perasuransian Pasal 1, asuransi adalah perjanjian antara dua pihak, yaitu perusahaan asuransi dan pemegang polis, yang menjadi dasar bagi penerimaan premi oleh perusahaan asuransi sebagai imbalan untuk: a. memberikan penggantian kepada tertanggung atau pemegang polis karena kerugian, kerusakan, biaya yang timbul, kehilangan keuntungan, atau tanggung jawab hukum kepada pihak ketiga yang mungkin diderita tertanggung atau pemegang polis karena terjadinya suatu peristiwa yang tidak pasti; atau b. memberikan pembayaran

yang didasarkan pada meninggalnya tertanggung atau pembayaran yang didasarkan pada hidupnya tertanggung dengan manfaat yang besarnya telah ditetapkan dan/atau didasarkan pada hasil pengelolaan dana.

Dalam praktiknya, perusahaan asuransi perlu untuk menyiapkan sejumlah dana untuk memenuhi kewajiban pembayaran perusahaan di masa mendatang yang disebut sebagai cadangan teknis atau penyesihan teknis. Berdasarkan Peraturan Otoritas Jasa Keuangan Nomor 71/POJK.05/2016 tentang Kesehatan Keuangan Perusahaan Asuransi dan Perusahaan Reasuransi, setiap perusahaan wajib melaporkan cadangan teknis sebagai salah satu ukuran tingkat kesehatan keuangan perusahaan. Terdapat lima komponen cadangan teknis, yaitu cadangan premi, cadangan atas premi yang belum merupakan pendapatan atau CAPYBMP, cadangan atas PAYDI atau produk asuransi yang dikaitkan dengan investasi, cadangan klaim, dan cadangan atas risiko bencana atau *catastrophic*. Pada tugas akhir ini, penulis akan berfokus pada estimasi cadangan klaim, khususnya klaim yang sudah terjadi tetapi belum dilaporkan IBNR atau *incurred but not reported*.

Cadangan klaim adalah dana yang disiapkan oleh perusahaan asuransi untuk memenuhi kewajiban pembayaran klaim baik klaim yang sudah dilaporkan maupun yang belum dilaporkan. Klaim *incurred but not reported* (IBNR) adalah klaim yang sudah terjadi sebelum tanggal valuasi tetapi belum dilaporkan oleh pemegang polis kepada perusahaan asuransi sampai tanggal valuasi. Saat penyusunan laporan akhir perusahaan, perusahaan asuransi mengetahui secara pasti besar klaim yang dilaporkan, tetapi berbeda dengan besar klaim IBNR yang belum diketahui secara pasti. Maka perusahaan asuransi perlu mengestimasi cadangan klaim IBNR. Hal ini yang membuat penulis memilih fokus estimasi cadangan klaim IBNR diantara cadangan teknis perusahaan asuransi lainnya.

Cadangan klaim IBNR ini perlu diestimasi secara tepat agar operasional perusahaan tidak terganggu. Apabila estimasi terlalu besar, dana yang seharusnya dapat dialokasikan untuk hal lain menjadi lebih sedikit. Sementara itu apabila estimasi terlalu kecil, ada kemungkinan dana yang disediakan tidak menutup pembayaran klaim. Estimasi yang tepat terhadap besarnya cadangan klaim IBNR menjadi krusial dalam menentukan kecukupan modal perusahaan, perencanaan strategi bisnis, dan untuk memenuhi

persyaratan regulasi. Oleh karena itu, diperlukan metode yang akurat dan dapat diandalkan untuk melakukan estimasi cadangan klaim IBNR.

Dalam upaya memenuhi kebutuhan estimasi cadangan klaim IBNR, berbagai metode telah dikembangkan. Tiga metode yang akan difokuskan dalam penelitian ini adalah metode *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan *Benktander-Hovinen*. Setiap metode memiliki pendekatan yang berbeda-beda dalam mengestimasi cadangan klaim IBNR, dengan menggunakan informasi historis klaim yang tersedia. Ketiga metode ini digunakan karena efektif dalam mengestimasi cadangan kalim asuransi IBNR.

Namun, di tengah dinamika industri asuransi di Indonesia, penelitian yang mendalam mengenai penerapan dan perbandingan efektivitas ketiga metode tersebut masih terbatas. Pertumbuhan ekonomi Indonesia yang pesat telah mendorong perkembangan sektor asuransi, namun dengan perkembangan ini juga muncul tantangan baru dalam manajemen risiko. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah pengetahuan ini dengan mengaplikasikan dan membandingkan metode *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan *Benktander-Hovinen* dalam konteks Perusahaan Asuransi XYZ di Indonesia. Penggunaan nama Perusahaan Asuransi XYZ karena untuk menjaga privasi data perusahaan yang diteliti.

Dalam penelitian ini, fokus akan diberikan pada studi kasus perusahaan asuransi XYZ di Indonesia. Pemilihan perusahaan ini sebagai subjek penelitian didasarkan pada pertimbangan bahwa XYZ mewakili karakteristik umum dari perusahaan asuransi di Indonesia dan menghadapi tantangan yang serupa dalam manajemen cadangan klaim *incurred but not reported* (IBNR). Dengan menganalisis dan membandingkan hasil estimasi menggunakan ketiga metode pada data klaim riil dari perusahaan asuransi XYZ, penelitian ini diharapkan dapat memberikan estimasi cadangan klaim perusahaan asuransi secara tepat untuk periode yang akan datang.

Perusahaan Asuransi XYZ selama ini mengestimasi cadangan IBNR menggunakan metode *Bornhuetter-Ferguson* yang dianggap efektif. Namun besar nilai estimasi cadangan klaim IBNR yang dihasilkan masih terlalu tinggi dari nilai aktual. Hal ini membuat Perusahaan Asuransi XYZ perlu melakukan percobaan menggunakan metode lain dalam mengestimasi cadangan klaim IBNR. Nilai estimasi yang terlalu tinggi ini

membuat Perusahaan Asuransi XYZ lebih sedikit dalam mengalokasikan dana di luar cadangan klaim IBNR. Oleh karena itu penelitian ini akan membandingkan metode yang sudah digunakan perusahaan yaitu *Bornhuetter-Ferguson* dengan metode *Chain-Ladder* dan *Benktander-Hovinen* untuk memperoleh model paling efektif dari ketiga metode tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan dan membandingkan efektivitas ketiga metode estimasi cadangan klaim IBNR yaitu *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan *Benktander-Hovinen* dalam situasi industri asuransi Indonesia khususnya pada perusahaan asuransi XYZ. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis kepada perusahaan asuransi, regulator, dan pemangku kepentingan lainnya dalam memilih metode yang paling sesuai dengan karakteristik data klaim dan pasar di Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga dapat mengisi kesenjangan pengetahuan yang ada dalam literatur terkait dengan penerapan metode estimasi cadangan klaim IBNR di Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan praktik terbaik dalam manajemen risiko asuransi di Indonesia, serta meningkatkan pemahaman tentang penerapan metode *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan *Benktander-Hovinen* dalam mengestimasi cadangan klaim IBNR.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dalam penelitian ini:

1. Berapa perbandingan metode *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson* dan *Benktander-Hovinen* dalam mengestimasi cadangan klaim IBNR pada perusahaan asuransi XYZ?
2. Apa metode yang paling baik dalam mengestimasi cadangan klaim asuransi IBNR yang sudah terjadi pada periode Januari 2019 sampai Juni 2023 dan harus disiapkan oleh Perusahaan Asuransi XYZ di Indonesia untuk periode yang akan datang yaitu sampai Desember 2027?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian menjawab rumusan masalah. Berikut adalah contoh tujuan penelitian:

1. Membandingkan hasil nilai *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson* dan *Benktander-Hovinen* untuk memperoleh metode paling baik dalam mengestimasi cadangan klaim asuransi IBNR pada perusahaan asuransi XYZ
2. Menentukan metode yang paling baik antara *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson* dan *Benktander-Hovinen* dalam mengestimasi cadangan klaim asuransi IBNR pada Perusahaan Asuransi XYZ di periode yang akan datang yaitu sampai Desember 2027.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat dalam penelitian ini:

1. Membantu perusahaan asuransi XYZ untuk menentukan metode terbaik dalam perhitungan cadangan klaim IBNR.
2. Membantu pengembangan ilmu baru mengenai estimasi cadangan klaim IBNR *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson* dan *Benktander-Hovinen* yang dapat menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya yang ingin melakukan penelitian serupa.

### 1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan dalam penelitian ini:

1. Metode yang digunakan dalam estimasi cadangan klaim IBNR dengan *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan *Benktander-Hovinen*.
2. Objek penelitian berupa data *reported* klaim dari periode Januari 2019 sampai Juni 2023 pada Perusahaan Asuransi XYZ dengan tidak mempertimbangkan faktor-faktor lain.

### 1.6 Sistematika Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat sistematika penulisan yang tersusun dalam enam bab, berikut merupakan detail isi dari tiap bab:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini memaparkan latar belakang penelitian yang berkaitan dengan cadangan klaim asuransi IBNR, serta menjelaskan permasalahan yang muncul terkait dengan pemilihan metode terbaik untuk mengestimasi cadangan klaim asuransi IBNR. Hal ini menjadi dasar justifikasi untuk dilakukannya penelitian ini. Selain itu, bab ini juga mencakup dua rumusan masalah, dua tujuan penelitian, manfaat dari penelitian, dan batasan-batasan yang berlaku dalam penelitian ini.

## **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini mencakup dasar teoritis yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini. Bagian literatur terdiri dari dua aspek, yaitu kajian induktif yang membahas penelitian-penelitian sebelumnya dengan metode serupa dalam memperkirakan klaim IBNR, seperti Chain-Ladder, Bornhuetter-Ferguson, dan Benktander-Hovinen. Sementara itu, kajian deduktif membahas teori-teori yang terkait dengan penelitian ini berdasarkan penjelasan para ahli atau hasil penelitian sebelumnya.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini memberikan penjelasan mengenai proses langkah-langkah pembuatan karya tulis menggunakan format diagram alir. Proses dimulai dengan mengidentifikasi masalah, merumuskan masalah, menetapkan tujuan dan batasan penelitian, melakukan pengolahan data (termasuk pre-processing data, penerapan pemodelan Chain-Ladder, Bornhuetter-Ferguson, dan Benktander-Hovinen), menampilkan hasil dan melakukan pembahasan, serta menyimpulkan dan memberikan saran..

## **BAB IV PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bagian ini mencakup proses pengumpulan data yang akan digunakan dalam pemodelan. Setelah itu, dilakukan pengolahan data yang dimulai dengan tahap pre-processing data. Setelah data diolah hingga menjadi seragam, langkah selanjutnya melibatkan pemodelan dan estimasi cadangan klaim IBNR. Metode yang digunakan untuk ini mencakup Chain-

Ladder, Bornhuetter-Ferguson, dan Benktander-Hovinen. Selain itu, dilakukan pengujian tingkat error dengan Mean Absolute Error (MAE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

## **BAB V PEMBAHASAN**

Bagian ini mencakup hasil dari proses pengolahan data yang dijelaskan dalam Bab IV dan menyajikan analisis pembahasan terkait hasil tersebut. Selain itu, pada bagian ini juga akan dieksplorasi perbandingan hasil estimasi, dengan fokus pada metode yang memberikan tingkat error paling rendah berdasarkan hasil pengujian. Hasil ini diharapkan akan menjadi dasar untuk menentukan metode terbaik dalam mengestimasi cadangan klaim IBNR pada perusahaan asuransi XYZ di Indonesia.

## **BAB V PENUTUP**

Bagian ini mengandung rangkuman akhir yang mencakup jawaban terhadap perumusan masalah penelitian dan rekomendasi pengembangan yang disajikan oleh peneliti untuk dievaluasi pada penelitian berikutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Induktif

Kajian induktif merupakan menjelaskan kumpulan penelitian terdahulu yang menjadi referensi untuk pembuatan penelitian ini. Penelitian terdahulu yang digunakan pada penelitian ini memuat pembahasan mengenai estimasi cadangan klaim menggunakan metode *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan *Benktander-Hovinen*. Pada penelitian ini perbedaan dengan penelitian terdahulu adalah studi kasus yang digunakan yaitu Perusahaan Asuransi XYZ di Indonesia.

Tabel 2. 1 Kajian Induktif

| No | Penulis,<br>Tahun                        | Objek Penelitian   | Metode                   |                                  |                                |
|----|--|--|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
|    |  |  | <i>Chain-<br/>Ladder</i> | <i>Bornhuetter-<br/>Ferguson</i> | <i>Benktander-<br/>Hovinen</i> |
| 1  | (Saputra,<br>Nurrohmah,<br>& Sari, 2018) | Pembayaran kerugian dan biaya administratif (ALAE) asuransi <i>Commercial Auto/Truck Liability/Medical</i>           |                          | √                                |                                |
| 2  | (Yuliana,<br>2018)                       | Data individual klaim asuransi di Indonesia  | √                        | √                                | √                              |
| 3  | (Triana,<br>Novita, &<br>Sari, 2018)     | Klaim bisnis dengan periode penyelesaian lama ( <i>private passenger auto liability/medical</i> ) di Amerika Serikat | √                        | √                                | √                              |
| 4  | (Kocovic,<br>Mitrasevic, &               | Klaim <i>Non-Life Insurance</i>  | √                        | √                                |                                |

|    |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|
|    | Trifunovic,<br>2018)  |   |   |   |   |
| 5  | (Elpidorou,<br>Margraf,<br>Martínez-<br>Miranda, &<br>Nielsen,<br>2019) | Klaim asuransi perusahaan di<br>Yunani  | √ | √ |   |
| 6  | (Karmila,<br>Nurrohmah, &<br>Sari, 2020)                                | Klaim asuransi penumpang<br>pribadi tahun 1998-2007 yang<br>diterbitkan oleh Asosiasi<br>Asuransi Nasional (NAIC) | √ |   |   |
| 7  | (Wilandari,<br>Gunardi, &<br>Effendie,<br>2021)                         | Klaim asuransi perusahaan<br>asuransi di Indonesia dari<br>bulan Januari 2014 sampai<br>dengan Desember 2014      | √ | √ | √ |
| 8  | (John & L.<br>Abonongo,<br>2021)  | Klaim asuransi mobil dari<br>cabang Perusahaan Asuransi<br>Negara Bolgatanga                                      | √ |   |   |
| 9  | (Chantika &<br>Nugraha,<br>2021)  | Klaim kompensasi pekerja<br>untuk asuransi Zurich tahun<br>2010-2019  | √ |   |   |
| 10 | (Raeva,<br>Pavlov, &<br>Georgieva,<br>2021)                             | Klaim asuransi <i>Financial<br/>Supervision Commission</i> 2014-<br>2019  | √ |   |   |

|    |                                 |   |   |   |
|----|---------------------------------|---|---|---|
| 11 | (Raeva & Pavlov, 2022)          | Klaim asuransi dari Financial Supervision Commission dari tahun 2000-2010 | √ |   |
| 12 | (Hikmah & Hikmah, 2022)         | Data Outstanding Claims   | √ |   |
| 13 | (Amini & Hikmah, 2022)          | Klaim IBNR pada produk indemnity di PT. XYZ                               | √ | √ |
| 14 | (Pertiwi, Widana, & Sari, 2023) | Penelitian Weindofer (2012) dengan periode peristiwa 2005-2012            | √ |   |
| 15 | (Johan, Kusnadi, & Yong, 2023)  | Klaim asuransi mobil domestik Australia dari tahun 2012 hingga 2017       | √ |   |

Penelitian yang dilakukan oleh Saputra, Nurrohmah, & Sari (2018) dengan judul ‘*Claim Reserving Prediction with Bornhuetter Ferguson method*’ menjelaskan mengenai estimasi cadangan klaim asuransi menggunakan data pembayaran kerugian dan biaya administratif (ALAE) asuransi *Commercial Auto/Truck Liability/Medical* dengan metode *Bornhuetter-Ferguson*. Pada penelitian ini dijesalkan bahwa *Bornhuetter-Ferguson* merupakan salah satu teknik populer dalam perhitungan cadangan klaim dengan tidak bergantung pada distribusi tertentu. Data yang diambil merupakan data historis dari tahun 1998-2008 dan estimasi ini dilakukan untuk menentukan cadangan klaim pada tahun 2009. Berdasarkan perhitungan estimasi cadangan klaim yang harus disiapkan oleh seluruh industri di Amerika Serikat untuk pembayaran klaim dilakukan dari data kerugian

yang dibayarkan dan biaya administratif untuk klaim *Commercial Auto/Truck Liability*/ sekitar USD 24,4 miliar.

Penelitian yang dilakukan oleh Yuliana & Kartikasari (2018) dengan judul '*Comparison of Chain-Ladder, Bornhuetter-Ferguson, and Benktander-Hovinen Methods for Individual Claims Reserving*' menjelaskan mengenai perbandingan implementasi metode pencadangan, termasuk metode *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan metode *Benktander-Hovinen*. Nilai MSEP (*Mean Squared Error of Prediction*) digunakan untuk perbandingan metode terbaik dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai MSEP (*Mean Squared Error of Prediction*) untuk *Chain-Ladder* sebesar 441,458,297, *Bornhuetter-Ferguson* sebesar 346,104,336, dan *Benktander-Hovinen* sebesar 325,916,021. Hasil ini membuat metode *Benktander-Hovinen* terpilih menjadi metode terbaik karena memiliki nilai MSEP (*Mean Squared Error of Prediction*) paling kecil dari metode lain.

Penelitian yang dilakukan oleh Triana, Novita, & Sari (2018) dengan judul '*The Benktander Claim Reserving Method, Combining Chain Ladder Method and Bornhuetter-Ferguson Method Using Optimal Credibility*' menjelaskan mengenai metode *Benktander-Hovinen* yang menggabungkan *Chain-Ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson* dengan menggunakan kredibilitas optimal. Kredibilitas optimal diperoleh melalui *minimum mean squared error* dan *minimum variance*. Metode *Benktander-Hovinen* memberikan cadangan moderat dibandingkan dengan *Chain-Ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson*. Berdasarkan perhitungan total cadangan klaim yang perlu disiapkan adalah jumlah cadangan klaim dari setiap tahun kecelakaan (13,210+ ...+ 216,135) yang berjumlah \$1,114,543,082,000.

Penelitian yang dilakukan oleh Kocovic, Mitrasevic, & Trifunovic (2018) dengan judul '*Advantages and Disadvantages of Loss Reserving Methods in Non-Life Insurance*' menjelaskan mengenai penggunaan metode deterministik dalam mengestimasi cadangan klaim asuransi. Metode deterministik ini terdiri dari *Chain-Ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson* didasarkan pada asumsi bahwa pola kerugian di masa lalu akan berlanjut di masa depan. Untuk memastikan kecukupan cadangan kerugian, metode-metode di atas harus diterapkan dengan hati-hati, memperhatikan kelebihan dan kekurangannya, dan

dikombinasikan dengan penilaian subyektif dari aktuaris, berdasarkan keahlian dan pengalaman mereka.

Penelitian yang dilakukan oleh Elpidorou, Margraf, Martínez-Miranda, & Nielsen (2019) dengan judul ‘*A Likelihood Approach to Bornhuetter–Ferguson Analysis*’ menjelaskan mengenai metode *Bornhuetter-Ferguson* sebagai usulan baru dari metode *Chain-Ladder* dan campuran. Metode *Bornhuetter-Ferguson* digunakan dalam portofolio motor dari perusahaan asuransi Yunani untuk menghitung cadangan klaim yang harus ditanggung. Dalam penelitian ini didapatkan hasil *Bornhuetter-Ferguson* lebih baik dari pada *Chain-Ladder* dan campuran karena nilai dari kedua metode ini memiliki hasil yang monoton atau kurang lebih sama.

Penelitian yang dilakukan oleh Karmila, Nurrohmah, & Sari (2020) dengan judul ‘*Claim Reserve Prediction Using the Credibility Theory for the Chain Ladder Method*’ menjelaskan mengenai implementasi teori kredibilitas untuk metode *Chain-Ladder* dalam memprediksi cadangan klaim untuk data asuransi tanggung jawab hukum/medis kendaraan penumpang pribadi tahun 1998-2007 yang diterbitkan oleh Asosiasi Asuransi Nasional (NAIC). Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan total cadangan klaim yang harus disiapkan sejumlah 2347.09. Dalam analisis data, terlihat bahwa metode ini cukup baik dalam memprediksi cadangan klaim di perusahaan-perusahaan yang baru berkembang karena dapat memprediksi cadangan klaim yang tidak dapat diprediksi hanya dengan data individu saja.

Penelitian yang dilakukan oleh Wilandari, Gunardi, & Effendie (2021) dengan judul ‘*Estimasi Cadangan Klaim Menggunakan Metode Deterministik dan Stokastik*’ menjelaskan mengenai pemilihan metode terbaik dalam menentukan cadangan klaim dengan metode deterministik dan stokastik. Metode deterministik meliputi dari *Chain-Ladder* dan *Bornhuetter-Hovinen* sedangkan untuk metode stokastik dalam penelitian ini yaitu menggunakan *Benktander-Hovinen*. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan mendapatkan hasil *Mean Squared Error of Prediction* (MSEP) *Chain-Ladder* sebesar 2.373.472, *Bornhuetter-Hovinen* 2.108.542 dan *Benktander-Hovinen* 1.493.875. *Mean Squared Error of Prediction* (MSEP) terkecil adalah metode *Benktander-Hovinen* yang dipilih sebagai metode terbaik.

Penelitian yang dilakukan oleh John & L. Abonongo (2021) dengan judul '*John & L. Abonongo, Loss Reserving -the Mack Method and Associated Bootstrap Predictions*' menjelaskan mengenai uji aplikabilitas metode Mack *Chain-Ladder* dan prediksi bootstrap terkaitnya pada klaim asuransi kerugian non-jiwa sesungguhnya dalam kasus klaim asuransi mobil dari cabang Perusahaan Asuransi Negara Bolgatanga. Hasilnya menunjukkan bahwa cadangan IBNR dan *ultimate* rata-rata dari teknik *bootstrap* menghasilkan hasil yang mendekati model Mack. Kesalahan prediksi dari teknik *bootstrap* lebih tinggi dibandingkan dengan model Mack. Diketahui bahwa distribusi fungsi distribusi kumulatif klaim IBNR mengikuti distribusi log-normal; distribusi ini diestimasi dari bootstrapping dengan 999 replikasi. Juga, 75%, 90%, 95%, dan 99.5% adalah kuantil yang digunakan dalam mengukur VaR (*Value at Risk*) IBNR, dan ternyata tahun 2016 memiliki estimasi VaR IBNR tertinggi. Kesalahan prediksi dari teknik *bootstrap* lebih tinggi dibandingkan dengan model Mack. Model Mack ini merupakan model tradisional dari *Chain-Ladder*.

Penelitian yang dilakukan oleh Chantika & Nugraha (2021) dengan judul '*Comparison of Chain Ladder and Munich Chain Ladder Methods in Estimation of Incurred but Not Reported Claim Reserves*' menjelaskan mengenai estimasi cadangan klaim menggunakan metode Munich Chain Ladder. Hasil estimasi cadangan klaim menggunakan metode Munich Chain Ladder dibandingkan dengan metode Chain Ladder untuk mengetahui metode mana yang dapat mengurangi kesenjangan antara klaim yang dibayarkan dan klaim yang terjadi. Dalam kasus data kompensasi pekerja untuk asuransi Zurich tahun 2010-2019, perbedaan antara klaim yang dibayarkan dan klaim yang terjadi menggunakan metode *Chain-Ladder* adalah USD 200,284, dan nilai perbedaan yang diperoleh menggunakan metode Munich *Chain-Ladder* adalah USD 18,806. Dengan demikian, metode Munich *Chain-Ladder* dapat mengurangi kesenjangan antara klaim yang dibayarkan dan klaim yang dilaporkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Raeva, Pavlov, & Georgieva (2021) dengan judul '*Claim Reserving Estimation by Using the Chain Ladder Method*' menjelaskan mengenai estimasi cadangan klaim asuransi menggunakan data dari situs resmi *Financial Supervision Commission* dengan metode *Chain-Ladder*. Pada penelitian ini dijesalkan

bahwa metode *Chain-Ladder* (CLM) adalah metode yang banyak digunakan oleh perusahaan asuransi untuk memprediksi berbagai jenis pembayaran di masa depan. Data yang diambil merupakan data *paid* klaim dari tahun 2004-2019. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan estimasi cadangan klaim IBNR untuk tahun 2020-2029 memiliki akumulasi nilai sebesar 78668.

Penelitian yang dilakukan oleh Raeva & Pavlov (2022) dengan judul '*Comparison of the Growth Between the Number and the Payments of IBNR Claims with Chain-Ladder Method*' menjelaskan mengenai metode dasar *Chain-Ladder* dan metode *Chain-Ladder* dengan faktor inflasi telah dipertimbangkan. Dua belas segitiga pengembangan yang sesuai dengan jumlah klaim dan nilai biaya, yang telah dibayarkan selama periode 12 tahun, dianalisis dan diestimasi. Selama perhitungan, hasilnya dapat disimpulkan dalam dua arah yaitu hasil empiris dan spesifikasi model. Tingkat pertumbuhan faktor pengembangan dengan penundaan 1 tahun yang sesuai dengan jumlah klaim adalah 0,1% dibandingkan dengan 1,76% untuk yang dibayarkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Yulial & Ira (2022) dengan judul '*Perhitungan Cadangan Klaim dengan Metode Chain-Ladder Menggunakan Excel dan R Studio*' menjelaskan mengenai perbandingan perhitungan cadangan klaim menggunakan aplikasi yang berbeda namun dengan metode sama. Aplikasi yang digunakan Excel dan R Studio dengan metode estimasi yaitu *Chain-Ladder*. Berdasarkan perhitungan estimasi *Chain-Ladder* menggunakan aplikasi Excel dan R Studio memiliki nilai yang sama yaitu 2601918.

Penelitian yang dilakukan oleh Amini & Hikmah (2022) dengan judul '*Estimasi Cadangan Klaim IBNR Menggunakan Metode Chain-Ladder dan Bornhuetter-Ferguson pada Produk Indemnity di PT. XYZ*' menjelaskan mengenai perbandingan antara metode *Chain-Ladder* dengan *Bornhuetter-Ferguson* dalam mengestimasi cadangan klaim IBNR pada produk indemnity di PT. XYZ. Hasil cadangan klaim dengan metode *Bornhuetter-Ferguson* di bulan Februari 2020 adalah Rp 55.329.169.511 sedangkan untuk metode *Chain-Ladder* sebesar Rp 45.255.576.477. Selisih nilai sebesar Rp 10.073.593.034. Untuk mendapatkan estimasi cadangan klaim, maka PT. XYZ akan lebih aman jika menerapkan metode *Bornhuetter-Ferguson* dibandingkan dengan metode

*Chain-Ladder*. Hal ini dikarenakan PT. XYZ tidak boleh mengambil risiko dengan kekurangan cadangan.

Penelitian yang dilakukan oleh Pertiwi, Widana, & Sari (2023) dengan judul ‘Estimasi Cadangan Klaim pada Asuransi Umum dengan Metode Chain Ladder’ bertujuan untuk menentukan hasil estimasi cadangan klaim yang belum diselesaikan pada asuransi umum menggunakan metode *Chain-Ladder*. Penelitian ini menggunakan data segitiga *run-off incremental* yang diambil dari artikel penelitian Weindofer (2012) dengan periode peristiwa 2005-2012 dan periode pengembangan 8 tahun. Berdasarkan perhitungan dalam studi ini, diperoleh estimasi cadangan klaim yang belum diselesaikan sebesar USD 20,109.82, yang berarti dana yang harus disiapkan mencapai USD 20,109.82 pada tahun 2013 oleh perusahaan asuransi umum yang memiliki data yang diteliti. Nilai tersebut juga berfungsi sebagai patokan dalam penentuan cadangan klaim dalam laporan keuangan tahun 2013.

Penelitian yang dilakukan oleh Johan, Kusnadi, & Yong (2023) dengan judul ‘*Analysis of Robust Chain Ladder Method in Estimating Australian Motor Insurance Reserves with Outlying Dataset*’ menjelaskan mengenai perbandingan antara metode *Chain-Ladder standard* dan *robust*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan metode terbaik yang dapat digunakan oleh perusahaan asuransi dalam berbagai skenario untuk mendapatkan estimasi cadangan yang paling dioptimalkan yang dapat meminimalkan risiko tidak mampu membayar klaim asuransi atau bahkan risiko mengalokasikan cadangan secara berlebihan yang dapat menimbulkan masalah profitabilitas. Data utama yang digunakan adalah klaim asuransi mobil domestik Australia dari tahun 2012 hingga 2017, yang diperoleh dari Australian Prudential Regulation Authority (APRA). Berdasarkan perhitungan yang didapatkan bahwa *Robust Chain-Ladder* lebih baik digunakan dalam dataset yang mengandung *outlier*.

## 2.2 Kajian Deduktif

Kajian deduktif merupakan kajian yang membahas teori-teori konseptual yang dapat mendukung dalam penelitian ini.

### 2.2.1 Asuransi

Menurut Ketentuan Pasal 246 KUHD, Asuransi atau Pertanggungan adalah Perjanjian dengan mana penanggung mengikatkan diri kepada tertanggung dengan menerima premi untuk memberikan penggantian kepadanya karena kerugian, kerusakan atau kehilangan keuntungan yang diharapkan yang mungkin dideritanya akibat dari suatu evenemen (peristiwa tidak pasti). Selain itu asuransi juga diatur dalam Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2014, kegiatan asuransi juga diatur pada pasal 246 KUHD (Kitab Undang-Undang Hukum Dagang) Bab IX tentang Asuransi atau Pertanggungan pada Umumnya. Berdasarkan pasal 246 dijelaskan bahwa asuransi atau pertanggungan adalah perjanjian, dimana penanggung mengikat diri terhadap tertanggung dengan memperoleh premi, untuk memberikan kepadanya ganti rugi karena suatu kehilangan, kerusakan, atau tidak mendapat keuntungan yang diharapkan, yang mungkin akan dapat diderita karena suatu peristiwa yang tidak pasti. Berdasarkan hal tersebut asuransi dapat disimpulkan sebagai perjanjian antara kedua belah pihak yaitu pemegang polis (tertanggung) dan perusahaan asuransi (penanggung) yang mana tertanggung menukar ketidakpastian biaya yang dikeluarkan pada saat terjadi risiko dengan kepastian jumlah premi yang dibayarkan kepada penanggung.

### 2.2.2 Polis Asuransi

Berdasarkan Peraturan Otoritas Jasa Keuangan Nomor 23/POJK.05/2015 tentang Produk Asuransi dan Pemasaran Produk Asuransi dijelaskan bahwa polis asuransi adalah akta perjanjian asuransi atau dokumen lain yang dipersamakan dengan akta perjanjian asuransi, serta dokumen lain yang merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan dengan perjanjian asuransi, yang dibuat secara tertulis dan memuat perjanjian antara pihak perusahaan asuransi dan pemegang polis. Sehingga polis asuransi merupakan perjanjian asuransi yang dilakukan antara tertanggung dan penganggung. Perjanjian dalam polis asuransi bersifat unilateral dan tidak ada tawar menawar didalamnya. Pihak asuransi berjanji untuk mengganti sejumlah kerugian yang mungkin diderita oleh tertanggung. Sedangkan perusahaan asuransi jiwa tidak bisa memaksa pemegang polis untuk membayar kewajiban premi asuransi (Wasuta, 2023).

### 2.2.3 Premi

Berdasarkan Peraturan Otoritas Jasa Keuangan Nomor 23/POJK.05/2015 tentang Produk Asuransi dan Pemasaran Produk Asuransi dijelaskan bahwa premi adalah sejumlah uang yang ditetapkan oleh perusahaan asuransi dan disetujui oleh pemegang polis untuk dibayarkan berdasarkan perjanjian asuransi atau sejumlah uang yang ditetapkan berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan yang mendasari program asuransi wajib untuk memperoleh manfaat. Premi menjadi sumber utama perusahaan dalam mendapatkan pendapatan. Besar premi harus memiliki jumlah yang sesuai, tidak boleh terlalu tinggi ataupun terlalu rendah. Jika premi ditetapkan terlalu tinggi maka produk sulit bersaing sedangkan premi yang terlalu rendah akan mengalami dikhawatirkan premi tidak dapat menutup liabilitas.

### 2.2.4 Klaim

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, klaim adalah tuntutan pengakuan atas suatu fakta bahwa seseorang berhak (memiliki atau mempunyai) atas sesuatu. Maka dari itu klaim dapat memiliki makna yaitu tagihan atas sebuah layanan yang sudah diberikan. Klaim asuransi adalah tagihan yang diberikan kepada perusahaan asuransi untuk membayarkan sejumlah uang yang telah disepakati dalam perjanjian antara pihak perusahaan dengan pemegang polis (Artanto EP, 2018).

Pemegang polis berhaak untuk mendapatkan klaim dari perusahaan asuransi karena hasil dari pembayaran premi yang dilakukan untuk menjaga uangnya untuk dapat membiayai sebuah risiko yang pemegang polis alami. Klaim yang telah terjadi disebut juga sebagai *incurred claim*. Perusahaan asuransi wajib membayarkan klaim ini kepada pemegang polis. *Incurred claim* terbagi menjadi dua, yaitu *unreported claim* atau *incurred but not reported (IBNR) claim* dan *reported claim*. *Unreported claim* atau *IBNR claim* adalah klaim yang sudah terjadi namun belum dilaporkan oleh pemegang polis kepada perusahaan asuransi. Sementara itu, *reported claim* adalah klaim yang sudah dilaporkan oleh pemegang polis kepada perusahaan asuransi. Setelah klaim dilaporkan, klaim akan diverifikasi oleh perusahaan. Klaim yang sudah dilaporkan tetapi masih dalam

proses penyelesaian dan belum dibayarkan ini disebut sebagai *reported but not settled* (RBNS) *claim* (Raeva, Pavlov, & Georgieva, 2021). Kemudian, apabila *reported claim* telah disetujui maka pembayaran klaim dapat dimulai. Klaim yang sudah dibayarkan oleh perusahaan asuransi kepada pemegang polis disebut sebagai *paid claim*, sedangkan klaim yang belum selesai dibayarkan disebut *outstanding claim*.

### 2.2.5 Loss Ratio

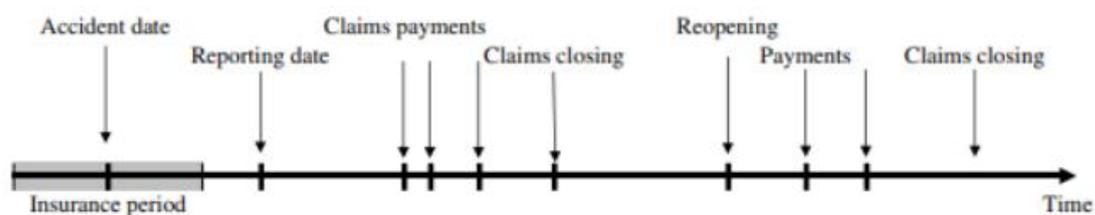
Berdasarkan Surat Edaran Otoritas Jasa Keuangan Nomor 1/SEOJK.05/2021 tentang Penilaian Tingkat Kesehatan Perusahaan Asuransi, Perusahaan Asuransi Syariah, Perusahaan Reasuransi, dan Perusahaan Reasuransi Syariah dijelaskan bahwa *loss ratio* merupakan salah satu parameter penilaian tingkat kesehatan perusahaan. *Loss ratio* digunakan sebagai tolak ukur kerugian pendapatan berupa pembayaran premi yang dilakukan oleh pemegang polis, Berikut merupakan bentuk rumus dari *loss ratio*

$$\text{Loss ratio} = \frac{\text{Claims}}{\text{Premium}} \quad (1)$$

*Loss ratio* dihitung berdasarkan 2 premi yang berbeda yaitu pendapatan premi bruto dan pendapatan premi neto. Sedangkan untuk klaim sama yaitu beban klaim yang ditanggung oleh pihak perusahaan untuk membayarkan tanggungan klaim kepada pemegang polis. Pada penelitian ini *loss ratio* dihitung berdasarkan beban klaim dan premi neto. Nilai *loss ratio* ini mempengaruhi kesehatan perusahaan asuransi.

### 2.2.6 Proses Klaim

Proses klaim merupakan proses yang dilakukan oleh pemegang polis untuk meminta ganti rugi atas kerugian yang terjadi kepada perusahaan asuransi. Secara garis besar, proses klaim dapat diilustrasikan sebagai berikut.



Sumber: Stochastic Claims Reserving Methods in Insurance

Gambar 2. 1 Proses Klaim

Dari gambar tersebut terlihat bahwa terjadi kerugian di dalam periode asuransi yang kemudian pemegang polis melaporkan atau mengajukan klaim kepada perusahaan asuransi setelah selang beberapa waktu. Ketika klaim disetujui oleh perusahaan asuransi, klaim dapat dibayarkan. Pembayaran klaim ini dapat dilakukan lebih dari satu kali. Setelah pembayaran klaim selesai, klaim ditutup. Dalam praktiknya, klaim yang telah ditutup dapat dibuka lagi yang kemudian dilakukan pembayaran klaim sebelum klaim benar-benar ditutup kembali. Ada beberapa faktor perusahaan asuransi terkadang tidak dapat menyelesaikan klaim dengan segera, sebagai berikut:

1. Adanya keterlambatan pelaporan klaim, misalnya dibutuhkan waktu untuk menyiapkan dokumen-dokumen pengajuan klaim.
2. Adanya keterlambatan penyelesaian klaim, misalnya setelah dilaporkan ke perusahaan asuransi dan disetujui, pembayaran klaim membutuhkan waktu lebih lama karena dibutuhkan kejelasan atas klaim yang akan dibayarkan.
3. Ada kemungkinan klaim yang telah ditutup dibuka kembali karena kejadian yang tidak terduga.

#### 2.2.7 Cadangan Klaim

Berdasarkan Surat Edaran Otoritas Jasa Keuangan Nomor 27/SEOJK.05/2017 tentang Pedoman Pembentukan Cadangan Teknis bagi Perusahaan Asuransi dan Perusahaan Reasuransi, cadangan klaim didefinisikan sebagai berikut.

1. Cadangan teknis dalam bentuk cadangan klaim paling sedikit dihitung sebesar penjumlahan:
  - a. cadangan klaim dalam proses penyelesaian;
  - b. cadangan klaim yang sudah terjadi namun belum dilaporkan (*incurred but not reported* atau IBNR); dan
  - c. cadangan klaim atas klaim yang telah disetujui dan pembayaran manfaatnya tidak sekaligus.

2. Nilai cadangan klaim dalam proses penyelesaian sebagaimana dimaksud pada angka 1 huruf a merupakan nilai estimasi klaim yang paling sedikit dihitung berdasarkan estimasi sentral atau estimasi terbaik (*best estimate*) terkini atas klaim yang sudah terjadi dan sudah dilaporkan tetapi masih dalam proses penyelesaian, berikut biaya jasa perihal kerugian asuransi, biaya penyelesaian hukum, dan biaya lain yang terkait dengan penyelesaian klaim.
3. Nilai cadangan klaim yang sudah terjadi namun belum dilaporkan IBNR sebagaimana dimaksud pada angka 1 huruf b merupakan nilai estimasi klaim yang dihitung berdasarkan sentral atau estimasi terbaik (*best estimate*) terkini atas klaim yang sudah terjadi namun belum dilaporkan dengan metode estimasi aktuarial yang diterima secara umum dan mempertimbangkan pengalaman keterlambatan pelaporan klaim paling singkat 3 (tiga) tahun terakhir, berikut estimasi biaya jasa penilai kerugian asuransi dan biaya lain terkait penyelesaian klaim tersebut.
4. Dalam hal cadangan klaim dalam proses penyelesaian sebagaimana dimaksud pada angka 1 huruf a belum bisa diestimasi, jumlah yang dicadangkan adalah persentase rata-rata klaim dibayar terhadap uang pertanggungan untuk lini usaha yang sama pada tahun buku terakhir dikalikan dengan uang pertanggungan dari klaim tersebut.
5. Cadangan klaim atas klaim yang telah disetujui dan pembayaran manfaatnya tidak sekaligus sebagaimana dimaksud pada angka 1 huruf c dihitung sebagai nilai sekarang aktuarial dari pembayaran klaim yang telah disetujui yang masih harus dibayarkan dalam jangka waktu 1 (tahun) di masa yang akan datang.

Cadangan klaim merupakan dana yang disiapkan perusahaan asuransi untuk memenuhi pertanggungan pembayaran klaim dari pemegang polis yang belum terselesaikan di periode sebelumnya (Abdul Majid, Puspita, & Agustina, 2018). Cadangan klaim ini salah satu bagian penting dari perusahaan asuransi yang bersifat wajib untuk dilakukan. Hal ini tentu membuat perusahaan asuransi perlu untuk melakukan estimasi cadangan klaim yang harus disiapkan pada periode yang akan datang. Nilai dari cadangan klaim akan mempengaruhi kesehatan perusahaan karena berkaitan dengan

masuk keluarnya uang yang ada di perusahaan. Semakin tepat cadangan klaim dengan nilai sebenarnya maka semakin baik perusahaan dalam mengembangkan bisnisnya.

#### 2.2.8 Cadangan Klaim *Incurred but Not Reported* (IBNR)

Kerugian total atau total klaim dalam asuransi umum merupakan jumlah dari klaim yang telah dilaporkan dan klaim yang telah terjadi namun belum dilaporkan oleh pihak bertanggung yang disebut sebagai *incurred but not reported* atau IBNR. Maka secara singkat dapat didefinisikan bahwa cadangan klaim IBNR adalah sejumlah dana yang disiapkan oleh perusahaan asuransi untuk menutup klaim yang sudah terjadi namun belum dilaporkan. Dana yang disisapkan oleh perusahaan asuransi harus mendekati nilai sebenarnya nanti. Klaim IBNR tidak dapat diketahui nilainya secara pasti, hal tersebut membuat perusahaan asuransi perlu untuk melakukan estimasi terhadap nilai cadangan klaim IBNR agar tidak terlalu tinggi dan rendah.

Estimasi cadangan klaim IBNR juga dapat menjadi salah satu dasar valuasi dan pricing bagi perusahaan asuransi (Kulikov, 2014). Apabila estimasi cadangan klaim IBNR menunjukkan adanya kenaikan klaim yang signifikan, maka perusahaan asuransi harus mengevaluasi ulang premi agar perusahaan mampu memenuhi kewajiban atas klaim dan mencegah gagal bayar atas klaim karena premi yang tidak sesuai. Maka dari itu, diperlukan metode estimasi cadangan klaim IBNR yang terbaik sehingga hasil estimasi dapat dijadikan sebagai dasar valuasi dan pricing bagi perusahaan asuransi.

#### 2.2.9 *Run-off Triangle*

Dalam melakukan estimasi cadangan klaim IBNR, biasanya data klaim agregat dibentuk ke dalam *run-off triangle*. Data *run-off triangle* memuat gambaran klaim keseluruhan dan merupakan ringkasan dari suatu data set klaim-klaim individu. Data dalam *run-off triangle* biasanya dapat merupakan besarnya klaim atau banyaknya klaim, dimana keduanya tersaji dalam bentuk inkremental maupun kumulatif. Apabila data merupakan besarnya klaim maka *run-off triangle* dapat berisikan *paid claim* atau *incurred claim* secara agregat (Brown, 2009).

Berikut adalah *run-off triangle* yang digunakan dalam perhitungan cadangan. Misalkan, terdapat data klaim yang diamati selama  $K$  periode terakhir dimana  $k \in [0 \dots K]$ ,  $X_{i,j}$  adalah besar klaim yang terjadi pada periode ke- $i$  dan dibayarkan pada periode perkembangan ke- $j$  dimana  $i \in [0 \dots I]$  ( $i$  merupakan periode kejadian) dan  $j \in [0 \dots J]$  ( $j$  merupakan periode perkembangan). Dalam tugas akhir ini, digunakan nilai  $I = J = K$ .

Tabel 2. 2 *Run-off Triangle* dari Klaim *Inkremental*

| $X_{i,j}$        | Periode Perkembangan |             |     |           |     |             |           |
|------------------|----------------------|-------------|-----|-----------|-----|-------------|-----------|
| Periode Kejadian | 0                    | 1           | ... | $j$       | ... | $J - 1$     | $J$       |
| 0                | $X_{0,0}$            | $X_{0,1}$   | ... | $X_{0,j}$ | ... | $X_{0,J-1}$ | $X_{0,J}$ |
| 1                | $X_{1,0}$            | $X_{1,1}$   | ... | $X_{1,j}$ | ... | $X_{1,J-1}$ |           |
| ...              | ...                  | ...         | ... | ...       | ... |             |           |
| $i$              |                      |             | ... | $X_{i,j}$ |     |             |           |
| ...              | ...                  | ...         | ... |           |     |             |           |
| $I - 1$          | $X_{I-1,0}$          | $X_{I-1,1}$ |     |           |     |             |           |
| $I$              | $X_{I,0}$            |             |     |           |     |             |           |

Selain tersaji dalam bentuk inkremental, *run-off triangle* juga tersaji dalam bentuk kumulatif yang biasanya digunakan dalam estimasi cadangan klaim IBNR. Misalkan, terdapat data klaim yang diamati selama  $K$  periode terakhir  $k \in [0 \dots K]$ ,  $C_{i,j}$  adalah total besar klaim yang terjadi pada periode ke- $i$  dan dibayarkan sampai periode perkembangan ke- $j$  dimana  $i \in [0 \dots I]$  dan  $j \in [0 \dots J]$ . Sama halnya dengan klaim inkremental, digunakan nilai  $I = J = K$ . Apabila diketahui klaim inkremental pada periode ke- $i$  dan dibayarkan pada periode perkembangan ke- $j$  adalah  $X_{i,j}$ . Maka, diperoleh klaim kumulatif yang terjadi pada periode ke- $i$  dan dibayarkan sampai periode perkembangan ke- $j$  sebagai berikut

$$C_{i,j} = \sum_{l=0}^j X_{i,l} \quad (2)$$

Tabel 2. 3 *Run-off Triangle* dari Klaim Kumulatif

| $C_{i,j}$        | Periode Perkembangan |             |     |           |     |             |           |
|------------------|----------------------|-------------|-----|-----------|-----|-------------|-----------|
| Periode Kejadian | 0                    | 1           | ... | $j$       | ... | $J-1$       | $J$       |
| 0                | $C_{0,0}$            | $C_{0,1}$   | ... | $C_{0,j}$ | ... | $C_{0,J-1}$ | $C_{0,J}$ |
| 1                | $C_{1,0}$            | $C_{1,1}$   | ... | $C_{1,j}$ | ... | $C_{1,J-1}$ |           |
| ...              | ...                  | ...         | ... | ...       | ... |             |           |
| $i$              |                      |             | ... | $C_{i,j}$ |     |             |           |
| ...              | ...                  | ...         | ... |           |     |             |           |
| $I-1$            | $C_{I-1,0}$          | $C_{I-1,1}$ |     |           |     |             |           |
| $I$              | $C_{I,0}$            |             |     |           |     |             |           |

### 2.2.10 Chain Ladder

*Chain-Ladder* merupakan salah satu metode deterministik yang paling sering digunakan dalam menghitung estimasi cadangan klaim IBNR karena metode ini sederhana dan memberikan hasil yang akurat (Wuthrich, 2008). Metode *Chain-Ladder* akan menghasilkan nilai *ultimate cumulative claim*  $C_{i,j}$  dengan asumsi bahwa nilai tersebut selaras dengan pola klaim pada periode sebelumnya sehingga nilai *ultimate cumulative claim*  $C_{i,j}$  dapat digunakan untuk mengestimasi nilai klaim di periode yang akan datang.

Berikut merupakan langkah dalam estimasi klaim menggunakan metode *Chain-Ladder*.

- Menghitung *loss development factors* (LDFs) menggunakan data klaim kumulatif

$$\hat{f}_j = \frac{\sum_{i=0}^{I-j-1} C_{i,j+1}}{\sum_{i=0}^{I-j-1} C_{i,j}} = \frac{\sum_{i=0}^{I-j-1} C_{i,j} \hat{f}_{i,j}}{\sum_{i=0}^{I-j-1} C_{i,j}} \quad (3)$$

- Menghitung estimasi klaim di periode yang akan datang menggunakan LDFs

$$E[C_{i,j+1}] = \hat{C}_{i,j+1}^{CL} = \hat{f}_j C_{i,j} \quad (4)$$

- c. Klaim yang berada di periode perkembangan atau ke- $J$  disebut dengan *ultimate cumulative claims*.

$$\hat{C}_{i,J}^{CL} = \hat{f}_{j,J} C_{i,J-i} = \prod_{j=l-i}^{J-1} \hat{f}_j C_{i,J-i} \quad (5)$$

- d. Menentukan estimasi klaim dengan menggunakan *ultimate cumulative claims* (LDFs) dan data klaim diagonal kumulatif periode terakhir

$$R_{i,J-i}^{CL} = \hat{C}_{i,J}^{CL} - C_{i,J-i} \quad (6)$$

### 2.2.11 Bornhuetter-Ferguson

*Bornhuetter-Ferguson* merupakan salah satu metode deterministik yang dikembangkan pada tahun 1972 oleh dua aktuaris, *Bornhuetter* dan *Pearl Ferguson*, untuk mengatasi kekurangan dari metode *Chain-Ladder* (Bornhuetter, 1972). Estimasi cadangan klaim IBNR dengan metode *Bornhuetter-Ferguson* ini selain berdasarkan pada data klaim masa lalu namun juga berdasarkan pada *loss ratio* perusahaan. *Loss ratio* ini digunakan untuk mengestimasi besar klaim kumulatif *relative* terhadap premi yang dibayarkan oleh pemegang polis. Dengan adanya *loss ratio* ini estimasi cadangan klaim diharapkan memiliki nilai yang lebih mendekati nilai sebenarnya. Dalam perhitungan *Bornhuetter-Ferguson* ini hampir sama dengan metode *Chain-Ladder* yang menggunakan *loss development factors* (LDFs) namun ada beberapa variabel yang digunakan. Berikut merupakan rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan *Bornhuetter-Ferguson*.

- a. Estimasi beta  $\hat{\beta}_j$

$$\hat{\beta}_j = \frac{1}{\prod_{l=j}^{J-1} \hat{f}_l} \quad (7)$$

- b. Menghitung estimasi klaim di periode yang akan datang menggunakan LDF

$$\hat{C}_{i,j+1}^{BF} = C_{i,j} + (\hat{\beta}_{j+1} - \hat{\beta}_j) E(C_{i,j+1}) \quad (8)$$

- c. Klaim yang berada di periode perkembangan atau ke- $J$  disebut dengan *ultimate cumulative claims*.

$$\hat{C}_{i,J}^{BF} = C_{i,I-i} + (1 - \hat{\beta}_{I-i})E(C_{i,J}) \quad (9)$$

- d. Hasil estimasi *ultimate cumulative claims* menggunakan metode *Bornhuetter-Ferguson* sama dengan metode *Chain-Ladder*

$$\begin{aligned} \hat{C}_{i,J}^{CL} &= \prod_{j=I-i}^{J-1} \hat{f}_j C_{i,I-i} \\ &= C_{i,I-i} + \left( \prod_{j=I-i}^{J-1} \hat{f}_j - 1 \right) C_{i,I-i} \\ &= C_{i,I-i} + \left( \prod_{j=I-i}^{J-1} \hat{f}_j - 1 \right) \frac{\hat{C}_{i,J}^{CL}}{\prod_{j=I-i}^{J-1} \hat{f}_j} \\ &= C_{i,I-i} + \left( 1 - \frac{1}{\prod_{j=I-i}^{J-1} \hat{f}_j} \right) \hat{C}_{i,J}^{CL} \\ &= C_{i,I-i} + (1 - \hat{\beta}_j) \hat{C}_{i,J}^{CL} \end{aligned} \quad (10)$$

- e. Nilai  $E(C_{i,J}) = \hat{C}_{i,J}^{CL}$

$$\hat{C}_{i,J}^{BF} = C_{i,I-i} + (1 - \hat{\beta}_{I-i})E(C_{i,J}) \quad (11)$$

- f. Estimasi *ultimate cumulative claims* memanfaatkan *ultimate loss ratio*

$$\hat{C}_{i,J}^{BF} = C_{i,I-i} + (1 - \hat{\beta}_{I-i})\pi_i \widehat{ULR}_i^{BF} \quad (12)$$

- g. Estimasi cadangan klaim IBNR menggunakan metode *Bornhuetter-Ferguson* dengan memanfaatkan data klaim dan premi serta estimasi yang diperoleh sebelumnya

$$R_{i,I-i}^{BF} = \hat{C}_{i,J}^{BF} - C_{i,I-i} = (1 - \hat{\beta}_{I-i})\pi_i \widehat{ULR}_i^{BF} \quad (13)$$

### 2.2.12 *Benktander-Hovinen*

*Benktander-Hovinen* merupakan salah satu metode stokastik yang termasuk dalam metode bayesian dan merupakan kombinasi antara metode *Chain-Ladder* dan

*Bornhuetter-Ferguson* (Benktander, 1976). Perhitungan dalam metode *Benktander-Hovinen* didasarkan penggabungan metode *Chain-Ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson* dengan menggunakan faktor kredibilitas yang optimal. Pendekatan ini mengakui bahwa metode *Chain-Ladder* dapat memberikan perkiraan klaim yang lebih baik berdasarkan data internal perusahaan, sementara metode *Bornhuetter-Ferguson* dapat memberikan perkiraan yang lebih baik berdasarkan informasi eksternal. Metode *Bornhuetter-Ferguson* sepenuhnya mengabaikan pengamatan  $C_{i,I-i}$  pada diagonal terakhir yang diamati dan metode *Chain-Ladder* sepenuhnya mengabaikan perkiraan awal  $\mu_i$  yang ada, kita bisa mempertimbangkan campuran kredibilitas dari kedua metode ini.

$$\mu_i(c) = c\widehat{C}_{i,J}^{CL} + (1-c)\mu_i \quad (14)$$

Untuk  $1 \leq i \leq I$ , di mana  $\widehat{C}_{i,J}^{CL}$  adalah perkiraan *Chain-Ladder* untuk klaim akhir dan  $\mu_i$  adalah perkiraan awal (titik) untuk klaim akhir. Parameter  $c$  seharusnya meningkat seiring dengan perkembangan  $C_{i,j}$  karena kita mendapatkan informasi yang lebih baik tentang  $C_{i,j}$  seiring berjalannya waktu  $j$ . Dalam perhitungan *Benktander-Hovinen* mengusulkan untuk menggunakan  $c = \hat{\beta}_{I-i}$ , yang menghasilkan rumus berikut.

$$\widehat{C}_{i,J}^{BH} = C_{i,I-i} + (1 - \hat{\beta}_{I-i}) \left( \hat{\beta}_{I-i} \widehat{C}_{i,J}^{CL} + (1 - \hat{\beta}_{I-i}) \mu_i \right) \quad (15)$$

Berdasarkan persamaan (15) maka didapatkan estimasi klaim berdasarkan *Benktander-Hovinen* sebagai berikut.

$$R_{i,I-i}^{BH} = \widehat{C}_{i,J}^{BH} - C_{i,I-i} = (1 - \hat{\beta}_{I-i}) \widehat{C}_{i,J}^{BF} \quad (16)$$

### 2.2.13 Pengujian Tingkat *Error*

Pengujian tingkat *error* dilakukan untuk mengevaluasi hasil estimasi dengan mengukur tingkat keakuratan estimasi suatu model yang sudah dilakukan sebelumnya (Paramita, Umbara, & Rohmawati, 2018). Pengujian tingkat *error* ini dilakukan dengan membandingkan hasil dari nilai estimasi dengan nilai sebenarnya, besaran selisih nilai antara asli dan sebenarnya ini menjadi *error* yang dimaksud (Sarwono, 2010). Dalam penelitian ini digunakan pengujian tingkat *error* yaitu menggunakan *Mean Absolute*

*Error* (MAE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Berikut merupakan penjabaran untuk rumus *Mean Absolute Error* (MAE):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i| \quad (17)$$

Berikut merupakan penjabaran untuk rumus *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right| \quad (18)$$

$n$  = jumlah observasi

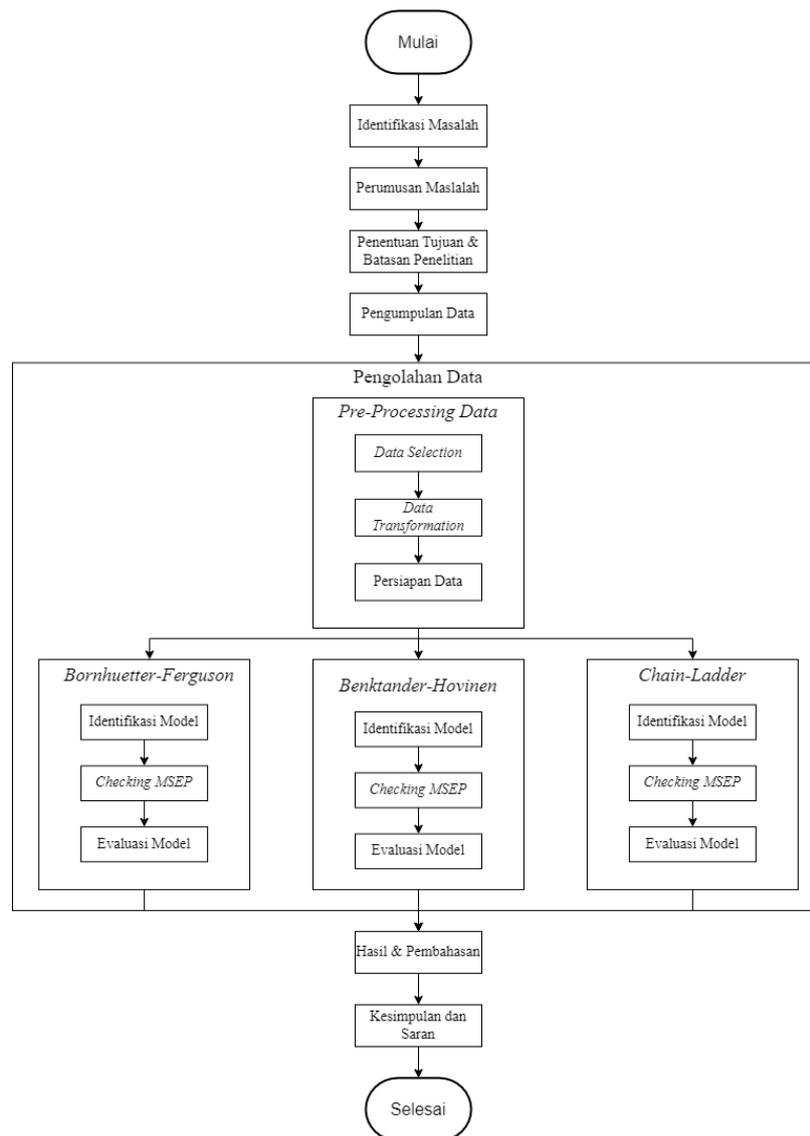
$Y_i$  = nilai aktual dari data observasi ke- $i$

$\hat{Y}_i$  = nilai yang diprediksi oleh model regresi untuk observasi ke- $i$

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan *flowchart* yang menunjukkan tahapan penelitian dari awal hingga akhir:



Gambar 3. 1 Alur penelitian

### **3.2 Identifikasi Masalah**

Perusahaan asuransi XYZ memiliki tanggung jawab untuk membayarkan klaim kepada pemegang polis di masa depan, dan sebagai langkah persiapan, perusahaan tersebut perlu mengalokasikan dana untuk cadangan klaim. Cadangan ini mencakup klaim yang sedang dalam proses penyelesaian, klaim yang sudah terjadi tetapi belum dilaporkan (Incurred But Not Reported atau IBNR), dan cadangan klaim untuk pembayaran manfaat yang tidak dilakukan sekaligus. Saat menyusun laporan keuangan akhir, perusahaan mengetahui jumlah klaim yang dilaporkan dengan pasti, namun untuk klaim IBNR yang belum diketahui secara pasti, perusahaan harus melakukan estimasi. Sebelumnya, Perusahaan Asuransi XYZ menggunakan metode Bornhuetter-Ferguson untuk mengestimasi cadangan klaim IBNR, namun jumlah cadangan tersebut ternyata lebih besar dari nilai sebenarnya, mengurangi dana yang dapat digunakan untuk tujuan lain.

### **3.3 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah bertujuan membantu penulis menyelesaikan permasalahan dan menetapkan metode yang paling sesuai untuk menanggulangi permasalahan tersebut. Dalam konteks perusahaan XYZ, penulis akan menerapkan metode Chain-Ladder, Bornhuetter-Ferguson, dan Benktander-Hovinen untuk memperkirakan cadangan klaim IBNR berdasarkan permasalahan yang ada. Ketiga metode ini akan dibandingkan untuk menentukan metode terbaik dalam menetapkan cadangan klaim IBNR di Perusahaan Asuransi XYZ. Perbandingan ini diharapkan dapat membimbing perusahaan tersebut dalam memilih metode estimasi yang lebih unggul dari metode yang telah digunakan sebelumnya.

### **3.4 Penentuan Tujuan dan Batasan Masalah**

Tujuan penelitian ini berdasarkan perumusan masalah yang sudah dijabarkan sebelumnya yaitu untuk mencari cadangan klaim IBNR di perusahaan asuransi XYZ secara tepat. Dalam penentuan batasan masalah dalam penelitian ini berdasarkan data yang digunakan yaitu *reported* klaim dari perusahaan asuransi XYZ pada periode tertentu. Kemudian dilakukan estimasi untuk menentukan cadangan klaim yang belum dilaporkan atau biasa

disebut IBNR. Metode yang digunakan dalam estimasi cadangan klaim IBNR dengan *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan *Benktander-Hovinen*.

### 3.5 Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Maka pengambilan data dilakukan dengan meminta *reported* klaim dari perusahaan asuransi XYZ dalam periode 2019 sampai 2023 untuk dihitung estimasi cadangan klaim IBNR yang akan datang. Data yang diberikan berbentuk triwulan sehingga klaim dan premi tercatat setiap tiga bulan sekali dari tahun Januari 2019 sampai Juni 2023.

### 3.6 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman python. Python ini dipilih karena bahasa pemrograman yang sederhana namun sudah interpretatif dan multifungsi untuk perancangan suatu model sistem. Oleh karena itu python efektif digunakan dalam penelitian ini. Dalam bahasa pemrograman python terdapat beberapa *library* yang membantu untuk pengolahan data, seperti: Pandas, Numpy, Seaborn, Matplotlib, Sklearn dengan penjelasan sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Daftar *Library Python*

|    |            |   |   |
|----|------------|---|---|
| 1. | Numpy      | : | <i>library</i> di python yang digunakan untuk melakukan pengolahan kumupulan variable dalam sebuah data atau sering disebut dengan <i>array</i>                                   |
| 2. | Pandas     | : | <i>library</i> di python yang berguna untuk <i>open source</i> dalam menganalisis data  |
| 3. | Matplotlib | : | <i>library</i> di python yang digunakan untuk visualisasi data ke berbagai macam bentuk diagram, mulai dari diagram batang, histogram, diagram <i>scatter</i> dan diagram lainnya |
| 4. | Seaborn    | : | <i>library</i> di python yang digunakan untuk visualisasi data ke dalam <i>high-level interface</i> dan dibangun di atas <i>library</i> seaborn.                                  |

|    |         |   |
|----|---------|---|
| 5. | Sklearn | : <i>library</i> di python yang digunakan untuk membentuk suatu pemodelan <i>machine learning</i> . |
|----|---------|---|

### 3.6.1 Pre-Processing Data

Pada tahap *pre-processing data* terdapat beberapa variable pada data *reported claim* yaitu yaitu *origin*, *development*, *lag*, klaim, *premium*, *Customer Claim*, dan *Customer Premium*. Peneliti menggunakan nilai *premium* dan *claim* yang akan digunakan dalam perhitungan estimasi cadangan klaim IBNR. *Pre-processing data* ini dilakukan dengan *data selection* memilih data yang penting untuk digunakan, *data transformation* yaitu mengubah data ke bentuk yang diinginkan yaitu bentuk *run off triangle* dan mengubah data inkremental menjadi kumulatif, dan terakhir dilakukan persiapan data untuk dilakukan pemodelan.

### 3.6.2 Pemodelan Metode CL, BF, dan BH

Pada penelitian ini digunakan metode *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan *Benktander-Hovinen*. *Chain-Ladder* ini merupakan metode yang sederhana dengan memanfaatkan *loss development factors* (LDFs) yang didapatkan dari persamaan (3). Setelah itu dengan memanfaatkan *loss development factors* (LDFs) dapat mengestimasi klaim yang akan datang atau  $\hat{C}_{i,j+1}^{CL}$  dengan persamaan (4). Dari tabel *run off triangle* dapat diambil nilai estimasi pada periode ke- $J$  yang juga disebut dengan *ultimate cumulative clam* atau  $\hat{C}_{i,J}^{CL}$ . Terakhir dapat ditentukan estimasi cadangan klaim IBNR dengan persamaan (6) yang berupa pengurangan antara *ultimate cumulative claim* dengan nilai klaim kumulatif pada diagonal terakhir.

*Bornhuetter-Ferguson* merupakan perkembangan dari metode *chain-ladder* yang mempertimbangkan variabel lain berupa *loss ratio*. Model perhitungan dari *Bornhuetter-Ferguson* ini memiliki skema yang sama dengan metode *Chain-Ladder*. Sebelum melakukan estimasi dapat ditentukan dulu nilai dari  $\hat{\beta}_j$  atau beta. Nilai  $\hat{\beta}_j$  ini nantinya akan digunakan sebagai pertimbangan dalam penentuan nilai estimasi cadangan klaim

IBNR dengan rumus (13) sehingga nilai estimasi diharapkan lebih akurat daripada menggunakan metode *Chain-Ladder*.

*Benkander-Hovinen* merupakan salah satu metode stokastik dalam mengestimasi cadangan klaim IBNR dengan menggabungkan metode *Chain-Ladder* dengan *Bornhuetter-Ferguson*. Model estimasi ini menggunakan faktor kredibilitas yang optimal. Pada metode ini ditentukan nilai dapat ditentukan setelah melakukan estimasi cadangan klaim IBNR pada *Chain-Ladder* dengan *Bornhuetter-Ferguson*. Mencampurkan kedua metode tersebut kemudian estimasi cadangan klaim IBNR menggunakan *Benkander-Hovinen* bisa dirumuskan seperti pada (16).

### 3.6.3 Pengujian tingkat *error*

Pengujian tingkat *error* bertujuan untuk membandingkan, mengawasi, dan memastikan model peramalan berjalan dengan baik. Metode yang digunakan untuk pengujian tingkat *error* adalah *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAE merupakan salah satu metrik yang digunakan untuk mengukur sejauh mana model regresi mengestimasi data dengan akurasi. MAE mengukur seberapa baik model regresi paling mendekati dengan data aktual. Sedangkan MAPE digunakan untuk menghitung persentase keakuratan dari nilai estimasi. Berikut merupakan interpretasi tingkat keakuratan nilai estimasi berdasarkan persentase dari hasil MAPE:

Tabel 3. 2 Tingkat Keakuratan MAPE

| Nilai MAPE  | Interpretasi                 |
|-------------|------------------------------|
| $\leq 10\%$ | Hasil Estimasi Sangat Akurat |
| 10% – 20%   | Hasil Estimasi Akurat        |
| 20% – 50%   | Hasil Estimasi Cukup Akurat  |
| $\geq 50\%$ | Hasil Estimasi Tidak Akurat  |

## 3.7 Hasil dan Pembahasan

Pada hasil dan pembahasan ini berisi analisis terkait hasil dari pengolahan data yang sudah dilakukan. Hasil dari analisis akan menentukan besaran estimasi cadangan klaim

IBNR perusahaan asuransi XYZ pada masing-masing metode. Kemudian dilakukan penentuan metode yang terbaik untuk melakukan estimasi cadangan klaim IBNR perusahaan asuransi XYZ berdasarkan dari pengujian tingkat *error* yang telah dilakukan. Pengujian tingkat *error* ini dilakukan dengan membandingkan *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) antar metode. Persentase tingkat *error* yang paling rendah dipilih menjadi metode terbaik untuk melakukan estimasi cadangan klaim IBNR pada perusahaan asuransi XYZ.

### **3.8 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dan saran merupakan bagian terakhir dari penelitian ini karena mengacu pada analisis hasil yang sudah dilakukan sebelumnya. Pada bagian kesimpulan merupakan penjabaran jawaban dari rumusan masalah yang sudah dituliskan sebelumnya. Selain itu, terdapat saran yang berisi mengenai rekomendasi dan evaluasi untuk perusahaan maupun penelitian selanjutnya agar lebih baik lagi.

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder, yaitu data *reported* klaim pada perusahaan asuransi XYZ di Indonesia. Pengumpulan data dilakukan dengan menghubungi pihak perusahaan untuk meminta izin pengambilan data *reported* klaim yang dimiliki oleh Perusahaan Asuransi XYZ. Data yang diambil merupakan data historis *reported* klaim pada Perusahaan Asuransi XYZ dengan total sebanyak 171 data historis *reported* klaim dari tahun 2019 sampai 2023 yang dibagi dalam 3 bulan sekali yang dapat dilihat pada lampiran 1. Dalam data ini terdapat beberapa *variable* data yang yaitu *origin*, *development*, *lag*, klaim, *premium*, *Customer Claim*, dan *Customer Premium*. Data tersebut dapat dilihat pada lembar lampiran laporan penelitian. Berikut merupakan penjelasan mengenai *variable* yang terdapat dalam data tersebut:

1. *Origin* merupakan periode kejadian dimana pemilik polis melakukan klaim terhadap asuransinya yang tercatat dalam 3 bulan sekali.
2. *Development* merupakan periode perkembangan seorang pemilik polis mengklaim asuransinya ke pihak perusahaan yang tercatat dalam 3 bulan sekali.
3. *Lag* merupakan jarak antara periode kejadian dan perkembangan yang disimbolkan dengan urutan angka.
4. Klaim merupakan nilai klaim yang dilakukan oleh pemilik polis pada sebuah periode tertentu.
5. *Premium* merupakan jumlah pembayaran premi yang dilakukan oleh pemegang polis kepada perusahaan untuk bisa mendapatkan klaim asuransinya.
6. *Customer Claim* merupakan jumlah pemegang polis yang mengambil hak klaim nya sesuai dengan periode *origin* dan *development*.
7. *Customer Premium* merupakan jumlah pemegang polis yang membayarkan premi.

Berdasarkan data tersebut terdapat *variable* data yang tidak penting yaitu *customer claim* dan *customer premium*. Nilai klaim yang terdapat dalam data tersebut masih

berbentuk *incremental* dan belum berbentuk kumulatif setiap periode *origin* nya. Dari *dataframe* tersebut dapat dilihat untuk kolom *origin* dan *development* menunjukkan Q1, Q2, Q3, dan Q4 yang menunjukkan bahwa periode yang digunakan perusahaan adalah *quarterly* atau setiap 3 bulan sekali diinput. Nilai premium besarnya sama untuk setiap periode kejadian atau *origin* yang sama.

## 4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan pada penelitian ini memiliki beberapa langkah yaitu *pre-processing data* untuk melakukan persiapan sebelum melakukan estimasi cadangan klaim IBNR. Kemudian dapat dilakukan estimasi klaim IBNR menggunakan masing-masing metode yaitu *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan *Benktander-Hovinen*. Setelah melakukan pemodelan dengan masing-masing metode terakhir dapat ditentukan nilai estimasi klaim IBNR yang paling akurat dengan membandingkan nilai MAE dan MAPE antar metode. Pengolahan data dalam penilitan ini dibantu dengan bahasa pemograman yaitu *python*.

### 4.2.1 Pre-Processing Data

*Pre-processing* data merupakan persiapan data sebelum melakukan pemodelan. Hal ini dikarenakan data yang didapatkan merupakan data mentah yang masih perlu dilakukan perubahan untuk bisa diolah. Dalam melakukan *pre-processing* data terdapat langkah-langkah yang dilakukan oleh penulis yaitu *data selection*, *data transformation*, dan persiapan data yang siap untuk pemodelan.

#### 4.2.1.1 Data Selection

Pada tahap *data selection* ini peneliti memilih data yang akan digunakan dalam perhitungan estimasi cadangan klaim IBNR. Data yang dipilih adalah yaitu *origin*, *development*, *lag*, klaim, dan *premium*. Sehingga terdapat data yang tidak penting yaitu *customer claim* dan *customer premium*. Kolom dari *customer claim* dan *customer*

*premium* dapat dihapus keseluruhan yang membuat data *reported claim* memiliki 5 kolom data saja.

#### 4.2.1.2 Data Transformation

*Data transformation* untuk menguiah data sebelumnya ke bentuk yang baru yang diinginkan. Pada tahap ini terdapat empat data yang masih perlu diubah yaitu nilai *origin*, nilai *development*, nilai klaim, dan nilai *lag*. Bentuk perubahan data *reported claim* ini dapat dilihat pada Lampiran 2. Nilai *origin* dan *development* masih berbentuk *object* yang mana tidak dapat dilakukan pemrosesan di tahap selanjutnya. Oleh karena itu nilai *origin* dan *development* perlu diubah ke bentuk *interger* untuk bisa diproses nantinya. Seperti yang terlihat pada lampiran 1 nilai *origin* dan *development* akan diubah yang awalnya 2019 Q1 menjadi angka 1, 2019 Q2 menjadi angka 2 dan seterusnya sampai 2023 Q2 menjadi angka 18.

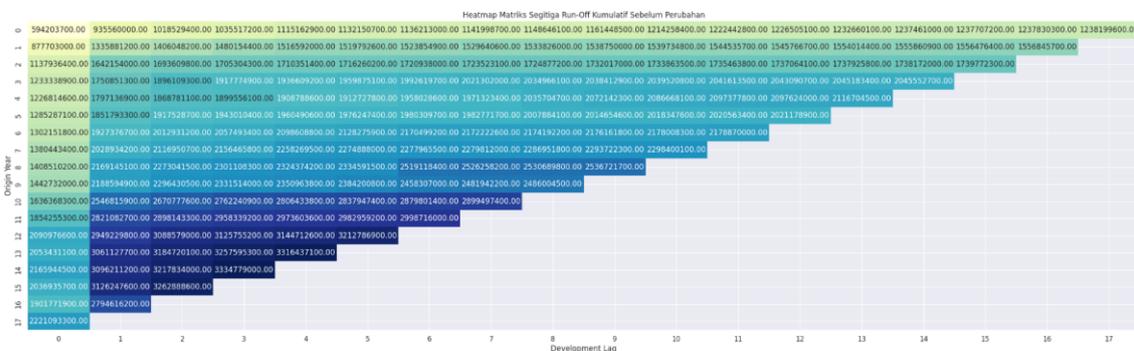
Nilai klaim pada data ini masih berbentuk inkremental untuk setiap periode *origin*, sedangkan seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya estimasi IBNR dapat dilakukan dengan menggunakan nilai klaim kumulatif klaim. Oleh karena itu perlu dilakukan penjumlahan kumulatif nilai untuk setiap periode *development* di periode *origin* yang sama. Seperti pada lampiran 1 nantinya nilai *claim* pada baris kedua akan dijumlahkan dengan baris pertama, baris ketiga penjumlahan dari baris pertama dan kedua kemudian selanjutnya sampai pada nilai *origin* yang sama yaitu di 2019 Q1. Nilai *claim* pada *origin* 2019 Q2 dan seterusnya juga sama.

Niali *lag* merupakan jarak antar periode perkembangan di setiap periode *origin* yang sama. Pada data ini nilai *lag* untuk periode pertama disimbolkan dengan angka nol yang menyulitkan penulis untuk membuat matriks *run-off triangle*. Hal ini disebabkan nilai nol yang mengartikan bahwa tidak ada nilai klaim dalam kolom tersebut sehingga perlu diganti isian angka. Oleh karena itu perlu pendefisian angka pada  $lag > 0$  atau nilai klaim yang dimulai dengan periode *origin* yang sama dengan periode *development* memiliki nilai 1 dan seterusnya.

#### 4.2.1.3 Persiapan Data

Pada persiapan data ini dilakukan karena untuk menentukan data yang siap untuk dilakukan pemodelan. Data yang perlu disiapkan adalah matriks *run-off triangle* yang akan membentuk segitiga atas dengan nilai klaim kumulatif dari data *reported* klaim Perusahaan Asuransi XYZ di Indonesia yang ada pada lampiran 2. Tahap yang dilakukan pertama yaitu membentuk matriks *Run-Off Triangle* ini untuk sumbu X merupakan periode *development* sedangkan sumbu Y merupakan periode *origin* dengan ukuran matriks  $18 \times 18$ . Sebagai contoh untuk kolom matriks  $1 \times 1$  diisi dengan nilai klaim di *origin* ke 1 dan *development* ke 1, kolom matriks  $1 \times 2$  diisi dengan nilai klaim di *origin* ke 1 dan *development* ke 2, dan kolom-kolom selanjutnya juga sama.

Berdasarkan data *reported* klaim, matriks yang memiliki nilai akan membentuk segitiga diagonal dari atas ke bawah dan sisanya akan berisi kolom kosong yang tidak memiliki nilai. Kolom kosong ini nantinya akan diestimasi dengan model *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan *Benktander-Hovinen* sehingga bisa menghasilkan nilai. Berikut merupakan bentuk matriks yang dibuat berdasarkan pengolahan diatas:



Gambar 4. 1 Hasil *Heatmap* Matriks *Run-Off Triangle*

#### 4.2.2 Pemodelan *Chain-Ladder*

*Chan-Ladder* ini merupakan salah satu pemodelan untuk estimasi cadangan klaim IBNR pada periode *development* berikutnya yang belum dilaporkan. Nilai klaim pada pemodelan *Chain-Ladder* ini hanya tergantung dari perhitungan *loss development factors* yang dihasilkan. Nilai *loss development factors* ini nantinya akan dikalikan dengan nilai klaim pada periode *development* sebelumnya.

#### 4.2.2.1 Menghitung Nilai Loss Development Factors

Berdasarkan matriks *Run-Off Triangle* yang sudah dibuat maka dapat ditentukan terlebih dahulu variable yang akan digunaknakan untuk menghitung *loss development factors*. *Total\_claim\_by\_dev* ke-*n* merupakan penjumlahan dari keseluruhan nilai klaim pada kolom *development* ke-*n*. *Claim\_difference* ke-*n* penjumlahan dari keseluruhan nilai klaim pada kolom *development* ke-*n* + 1 kecuali pada kolom terakhir. Kemudian dapat dilakukan perhitungan *loss development factors* untuk setiap periode *development* dengan membagi antara *claim\_difference* dengan *total\_claim\_by\_dev*. Sebagai contoh untuk nilai *loss development factors development 1* sebagai berikut:

$$LDF \text{ development ke } 1 = \frac{\text{Total\_claim\_by\_dev development 2}}{\text{Claim\_difference development 1}}$$

$$LDF \text{ development ke } 1 = \frac{38022740000}{25628800000} = 1,483595$$

Kemudian untuk perhitungan *loss development factors* ke-2 sampai ke-18 sama seperti pada *loss development factors* pertama. Sedangkan untuk nilai *loss development factors* yang terakhir atau ke-18 akan diisi dengan nilai satu. Berikut merupakan hasil dari perhitungan *loss development factors*:

|    | development | total_claim_by_dev | claim_difference | LDF          |
|----|-------------|--------------------|------------------|--------------|
| 0  | 1           | 27849897800        | 25628804500      | 1.4835947069 |
| 1  | 2           | 38022758700        | 35228142500      | 1.0452695029 |
| 2  | 3           | 36822903000        | 33560014400      | 1.0210546394 |
| 3  | 4           | 34266608400        | 30931829400      | 1.0158273439 |
| 4  | 5           | 31421398100        | 28104961000      | 1.0095265210 |
| 5  | 6           | 28372703500        | 25159916600      | 1.0181421428 |
| 6  | 7           | 25616371400        | 22617655400      | 1.0049800255 |
| 7  | 8           | 22730291900        | 19830794500      | 1.0067041187 |
| 8  | 9           | 19963742500        | 17477738000      | 1.0049373151 |
| 9  | 10          | 17564031100        | 15027309400      | 1.0054229402 |
| 10 | 11          | 15108801600        | 12810401500      | 1.0023781846 |
| 11 | 12          | 12840867000        | 10661997000      | 1.0008659260 |
| 12 | 13          | 10671229500        | 8650050600       | 1.0042124147 |
| 13 | 14          | 8686488200         | 6569783700       | 1.0011055006 |
| 14 | 15          | 6577046600         | 4531493900       | 1.0005433087 |
| 15 | 16          | 4533955900         | 2794183600       | 1.0001762232 |
| 16 | 17          | 2794676000         | 1237830300       | 1.0002983446 |
| 17 | 18          | 1238199600         | 0                | 1.0000000000 |

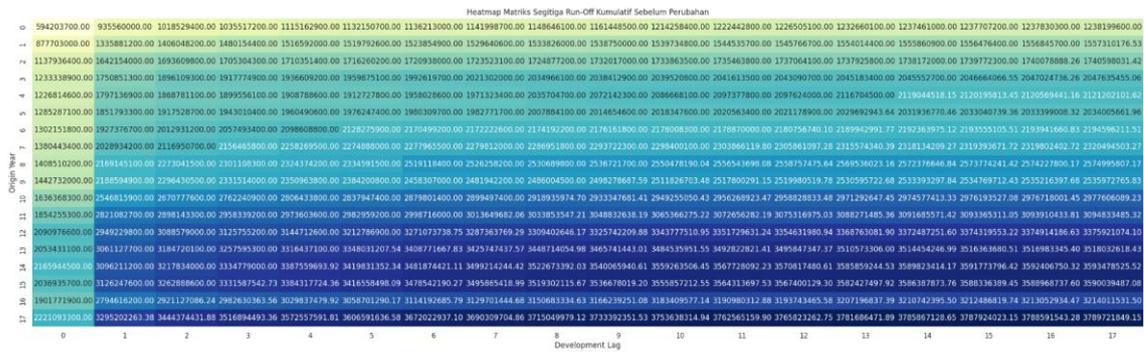
Gambar 4. 2 Hasil *Loss Development Factors*

#### 4.2.2.2 Mengestimasi Nilai Segitiga Bawah Matriks

Pada tahap ini akan menentukan nilai kosong dari matriks 4.1 atau *Run-Off Triangle Matrix* dengan menggunakan rumus *Chain-Ladder*. Perhitungan *Chain-Ladder* sendiri seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya dengan perkalian antara nilai klaim ke-  $n - 1$  dengan *loss development factors* sesuai periode *development* ke-  $n - 1$  . Sebagai contoh perhitungan untuk matriks kosong di kolom  $2 \times 18$  yaitu:

$$\text{Kolom } 2 \times 18 = 1556845700 \times 1,000298 = 1557310176,53$$

Perhitungan ini dilakukan sampai semua kolom yang belum terisi pada matriks  $18 \times 18$  memiliki nilai semua. Berikut merupakan bentuk dari matriks estimasi *Chain-Ladder*:



Gambar 4. 3 Hasil *Heatmap* Matriks *Run-Off Triangle Chain-Ladder*

#### 4.2.2.3 Menentukan Nilai Cadangan Klaim IBNR

Berdasarkan matriks yang sudah dibuat, nilai cadangan klaim IBNR ditentukan dengan mengambil nilai klaim kolom terakhir pada matriks estimasi *Chain\_ladder* yang sudah dibentuk sebelumnya atau yang berada di periode *development* ke-18 (*Last\_Column*). Sebagai contoh untuk *Last\_Column* pada origin pertama diambil dari matriks estimasi *Chain\_ladder* pada  $1 \times 18$  yaitu 1238199600, origin kedua pada  $2 \times 18$  yaitu 1557310176,53 dan selanjutnya sampai origin ke-18.

Kemudian dari matriks *Run-Off Triangle* yang belum diestimasi dapat diambil nilai klaim setiap periode *origin* yang berada di periode *development* terakhir (*Diagonal\_Data*). Sebagai contoh untuk nilai *Diagonal\_Data* pada *origin* pertama

diambil dari matriks *Run-Off Triangle* pada  $1 \times 18$  yaitu 1238199600, origin kedua pada  $2 \times 17$  yaitu 1556845700 dan selanjutnya sampai origin ke-18.

Setelah itu dapat ditentukan dihitung estimasi cadangan klaim per periode *origin* dengan nilai *Last\_Couolumn* ke-*n* dikurangi dengan nilai *Diagonal\_Data* ke-*n* (*Perbedaan\_Last\_Diagonal*). Sebagai contoh pada periode *origin* pertama yaitu:

$$\text{Perbedaan\_Last\_Diagonal ke 1} = 1238199600 - 1238199600 = 0$$

Perhitungan ini dilakukan sampai *Perbedaan\_Last\_Diagonal* pada periode *origin* ke-18. Hasil dari *Perbedaan\_Last\_Diagonal* ini nantinya akan dijumlahkan semuanya dari *origin* ke-1 sampai ke-18 untuk menghasilkan nilai estimasi cadangan klaim IBNR untuk periode yang akan datang. Berikut merupakan hasil dari estimasi cadangan klaim IBNR dengan metode *Chain-Ladder*:

| DataFrame Baru: |                |                |                         |
|-----------------|----------------|----------------|-------------------------|
|                 | Diagonal_Data  | Last_Column    | Perbedaan_Last_Diagonal |
| 0               | 1238199600.000 | 1238199600.000 | 0.000                   |
| 1               | 1556845700.000 | 1557310176.530 | 464476.530              |
| 2               | 1739772300.000 | 1740598031.420 | 825731.420              |
| 3               | 2045552700.000 | 2047635455.060 | 2082755.060             |
| 4               | 2116704500.000 | 2121202101.620 | 4497601.620             |
| 5               | 2021178900.000 | 2034005661.960 | 12826761.960            |
| 6               | 2178870000.000 | 2194596211.510 | 15726211.510            |
| 7               | 2298400100.000 | 2320494503.270 | 22094403.270            |
| 8               | 2536721700.000 | 2574995807.170 | 38274107.170            |
| 9               | 2486004500.000 | 2535972765.830 | 49968265.830            |
| 10              | 2899497400.000 | 2977606089.230 | 78108689.230            |
| 11              | 2998716000.000 | 3094833485.320 | 96117485.320            |
| 12              | 3212786900.000 | 3375921074.100 | 163134174.100           |
| 13              | 3316437100.000 | 3518032618.430 | 201595518.430           |
| 14              | 3334779000.000 | 3593478525.520 | 258699525.520           |
| 15              | 3262888600.000 | 3590039487.080 | 327150887.080           |
| 16              | 2794616200.000 | 3214011531.500 | 419395331.500           |
| 17              | 2221093300.000 | 3789721849.150 | 1568628549.150          |

Total Estimasi IBNR Chain-Ladder: 3259590474.681855

Gambar 4. 4 Hasil Estimasi Cadangan Klaim *Chain-Ladder*

#### 4.2.3 *Pemodelan Bornhuetter-Ferguson*

*Bornhuetter-Ferguson* merupakan salah satu pemodelan untuk menentukan estimasi cadangan klaim IBNR yang menggunakan faktor lebih kompleks dibandingkan model *Chain-Ladder*. Hal ini dikarenakan *Bornhuetter-Ferguson* yang mempertimbangkan nilai *loss ratio* untuk menentukan estimasi klaimnya. Selain *loss ratio* terdapat faktor lain yaitu

nilai *beta* dan premi. Nilai *beta* ditentukan dengan mencari nilai *cumulative distribution factors* terlebih dahulu.

#### 4.2.3.1 Menghitung Nilai Cumulative Distributin Factors

Nilai *cumulative distribution factors* dilakukan dengan melakukan perkalian semua nilai *loss development factors* ke-n sampai dengan yang terakhir. *cumulative distribution factors* merupakan perkalian *loss development factors* yang dihitung dengan rumus *product* atau perkalian dengan rentang. Sebagai contoh untuk nilai *cumulative distribution factors* pertama dan kedua yaitu:

$$CDF \text{ ke } 1 = \text{product}(LDF2:LDF18) = 1,706242$$

$$CDF \text{ ke } 2 = \text{product}(LDF2:LDF18) = 1.150073$$

Perhitungan ini dilakukan sampai *cumulative distribution factors* sampai ke periode *development* ke-18. Berikut merupakan hasil dari perhitungan *Cumulative Distribution Factors*:

|    | development | total_claim_by_dev | claim_difference | LDF   | CDF   |
|----|-------------|--------------------|------------------|-------|-------|
| 0  | 1           | 27849897800        | 25628804500      | 1.484 | 1.706 |
| 1  | 2           | 38022758700        | 35228142500      | 1.045 | 1.150 |
| 2  | 3           | 36822903000        | 33560014400      | 1.021 | 1.100 |
| 3  | 4           | 34266608400        | 30931829400      | 1.016 | 1.078 |
| 4  | 5           | 31421398100        | 28104961000      | 1.010 | 1.061 |
| 5  | 6           | 28372703500        | 25159916600      | 1.018 | 1.051 |
| 6  | 7           | 25616371400        | 22617655400      | 1.005 | 1.032 |
| 7  | 8           | 22730291900        | 19830794500      | 1.007 | 1.027 |
| 8  | 9           | 19963742500        | 17477738000      | 1.005 | 1.020 |
| 9  | 10          | 17564031100        | 15027309400      | 1.005 | 1.015 |
| 10 | 11          | 15108801600        | 12810401500      | 1.002 | 1.010 |
| 11 | 12          | 12840867000        | 10661997000      | 1.001 | 1.007 |
| 12 | 13          | 10671229500        | 8650050600       | 1.004 | 1.006 |
| 13 | 14          | 8686488200         | 6569783700       | 1.001 | 1.002 |
| 14 | 15          | 6577046600         | 4531493900       | 1.001 | 1.001 |
| 15 | 16          | 4533955900         | 2794183600       | 1.000 | 1.000 |
| 16 | 17          | 2794676000         | 1237830300       | 1.000 | 1.000 |
| 17 | 18          | 1238199600         | 0                | 1.000 | 1.000 |

Gambar 4. 5 Hasil *Cumulative Distribution Factors*

#### 4.2.3.2 Menghitung Nilai Beta

Dalam menghitung nilai *beta* ini dapat ditentukan dengan satu dibagi dengan nilai CDF ke-n. Sebagai contoh untuk *beta* ke 1 dan ke-2 yaitu:

$$\text{Beta ke 1} = \frac{1}{1,706242} = 0,567407$$

$$\text{Beta ke 2} = \frac{1}{1,150073} = 0,842948$$

Perhirungan nilai *beta* ini dilakukan sama sampai *beta* ke-18. Berikut merupakan hasil dari perhirungan nilai *Beta*:

|    | development | total_claim_by_dev | claim_difference | LDF   | CDF   | Beta  |
|----|-------------|--------------------|------------------|-------|-------|-------|
| 0  | 1           | 27849897800        | 25628804500      | 1.484 | 1.706 | 0.586 |
| 1  | 2           | 38022758700        | 35228142500      | 1.045 | 1.150 | 0.870 |
| 2  | 3           | 36822903000        | 33560014400      | 1.021 | 1.100 | 0.909 |
| 3  | 4           | 34266608400        | 30931829400      | 1.016 | 1.078 | 0.928 |
| 4  | 5           | 31421398100        | 28104961000      | 1.010 | 1.061 | 0.943 |
| 5  | 6           | 28372703500        | 25159916600      | 1.018 | 1.051 | 0.952 |
| 6  | 7           | 25616371400        | 22617655400      | 1.005 | 1.032 | 0.969 |
| 7  | 8           | 22730291900        | 19830794500      | 1.007 | 1.027 | 0.974 |
| 8  | 9           | 19963742500        | 17477738000      | 1.005 | 1.020 | 0.980 |
| 9  | 10          | 17564031100        | 15027309400      | 1.005 | 1.015 | 0.985 |
| 10 | 11          | 15108801600        | 12810401500      | 1.002 | 1.010 | 0.990 |
| 11 | 12          | 12840867000        | 10661997000      | 1.001 | 1.007 | 0.993 |
| 12 | 13          | 10671229500        | 8650050600       | 1.004 | 1.006 | 0.994 |
| 13 | 14          | 8686488200         | 6569783700       | 1.001 | 1.002 | 0.998 |
| 14 | 15          | 6577046600         | 4531493900       | 1.001 | 1.001 | 0.999 |
| 15 | 16          | 4533955900         | 2794183600       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 16 | 17          | 2794676000         | 1237830300       | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 17 | 18          | 1238199600         | 0                | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Gambar 4. 6 Hasil Nilai *Beta*

#### 4.2.3.3 Menghitung Nilai *Loss Ratio*

Perhirungan nilai *Loss Ratio* didapatkan melalui pembagian antara nilai klaim pada matriks *Run-Off Triangle*  $1 \times 18$  dengan nilai premi pada periode *origin* ke-1. Berikut merupakan perhirungan dari *loss ratio*:

$$\text{loss ratio} = \frac{1238199600}{2009602200} = 0,616$$

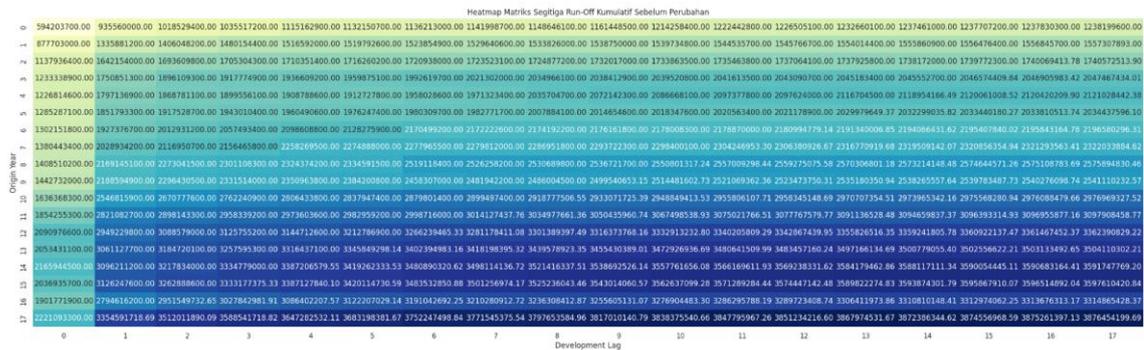
#### 4.2.3.4 Mengestimasi Nilai Segitiga Bawah Matriks

Pada tahap ini akan menentukan nilai kosong dari matriks 4.1 atau *Run-Off Triangle Matrix* dengan menggunakan rumus *Bornhuetter-Ferguson*. Perhirungan *Bornhuetter-Ferguson* sendiri seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya dengan menggunakan nilai klaim ke-  $n - 1$ , *beta* ke- $n$ , *beta* ke- $n - 1$ , *loss ratio*, dan *premi* ke- $n$ . Sebagai contoh perhirungan untuk matriks kosong di kolom  $2 \times 18$  yaitu:

$$\text{Kolom } 2 \times 18 = 1556845700 + ((0,842948 - 0,567407) \times 0,616 \times 2515093600)$$

$$\text{Kolom } 2 \times 18 = 1557307893$$

Perhitungan ini dilakukan sampai semua kolom yang belum terisi pada matriks  $18 \times 18$  memiliki nilai semua. Berikut merupakan bentuk dari matriks estimasi *Bornhuetter-Ferguson*:



Gambar 4. 7 Hasil Segitiga Bawah *Bornhuetter-Ferguson* dengan *Heatmap*

#### 4.2.3.5 Menentukan Nilai Cadangan Klaim IBNR

Berdasarkan matriks yang sudah dibuat, nilai cadangan klaim IBNR ditentukan dengan mengambil nilai klaim kolom terakhir pada matriks estimasi *Bornhuetter-Ferguson* yang sudah dibentuk sebelumnya atau yang berada di periode *development* ke-18 (*Last\_Column*). Sebagai contoh untuk *Last\_Column* pada origin pertama diambil dari matriks estimasi *Chain\_ladder* pada  $1 \times 18$  yaitu 1238199600, origin kedua pada  $2 \times 18$  yaitu 1557307893 dan selanjutnya sampai origin ke-18.

Kemudian dari matriks *Run-Off Triangle* yang belum diestimasi dapat diambil nilai klaim setiap periode *origin* yang berada di periode *development* terakhir (*Diagonal\_Data*). Sebagai contoh untuk nilai *Diagonal\_Data* pada *origin* pertama diambil dari matriks *Run-Off Triangle* pada  $1 \times 18$  yaitu 1238199600, origin kedua pada  $2 \times 17$  yaitu 1556845700 dan selanjutnya sampai origin ke-18.

Setelah itu dapat ditentukan dihitung estimasi cadangan klaim per periode *origin* dengan nilai *Last\_Couolumn* ke-*n* dikurangi dengan nilai *Diagonal\_Data* ke-*n* (*Perbedaan\_Last\_Diagonal*). Sebagai contoh pada periode *origin* pertama yaitu:

$$\text{Perbedaan\_Last\_Diagonal ke 1} = 1238199600 - 1238199600 = 0$$

Perhitungan ini dilakukan sampai *Perbedaan\_Last\_Diagonal* pada periode *origin* ke-18. Hasil dari *Perbedaan\_Last\_Diagonal* ini nantinya akan dijumlahkan semuanya dari *origin* ke-1 sampai ke-18 untuk menghasilkan nilai estimasi cadangan klaim IBNR untuk periode yang akan datang. Berikut merupakan hasil dari estimasi cadangan klaim IBNR dengan metode *Bornhuetter-Ferguson*:

```
DataFrame Baru:
   Diagonal_Data  Last_Column  Perbedaan_Last_Diagonal
0  1238199600.000  1238199600.000                    0.000
1  1556845700.000  1557307892.998                   462192.998
2  1739772300.000  1740572513.895                   800213.895
3  2045552700.000  2047467434.010                   1914734.010
4  2116704500.000  2121028442.382                   4323942.382
5  2021178900.000  2034437596.105                   13258696.105
6  2178870000.000  2196580296.306                   17710296.306
7  2298400100.000  2322033884.616                   23633784.616
8  2536721700.000  2575894830.459                   39173130.459
9  2486004500.000  2541110232.571                   55105732.571
10 2899497400.000  2976969327.525                   77471927.525
11 2998716000.000  3097908458.767                   99192458.767
12 3212786900.000  3362390829.223                   149603929.223
13 3316437100.000  3504110302.206                   187673202.206
14 3334779000.000  3591747769.195                   256968769.195
15 3262888600.000  3597610420.838                   334721820.838
16 2794616200.000  3314865428.369                   520249228.369
17 2221093300.000  3876454199.688                   1655360899.688

Total Estimasi IBNR Bornhuetter-Ferguson: 3437624959.1524878
```

Gambar 4. 8 Hasil Estimasi Cadangan Klaim IBNR (*Bornhuetter-Ferguson*)

#### 4.2.4 *Pemodelan Benktander-Hovinen*

Pemodelan *Benktander-Hovinen* merupakan gabungan dari *Chain-Ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson*. Pada model ini menggunakan faktor perhitungan dari hasil estimasi *Bornhuetter-Ferguson* pada masing-masing periode *origin*. Oleh karena itu model ini juga bisa disebut lanjutan dari pemodelan *Bornhuetter-Ferguson* Selain itu *Benktander-Hovinen* menggunakan *beta* dalam perhitungannya.

##### 4.2.4.1 Mengestimasi Nilai Segitiga Bawah Matriks

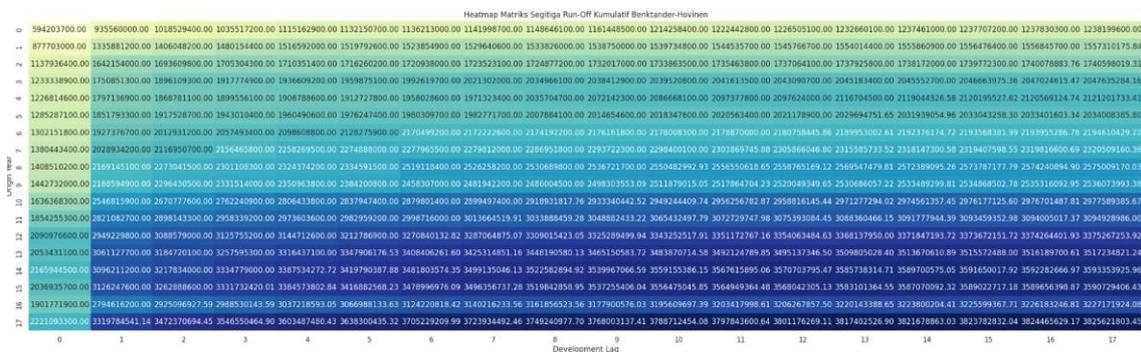
Pada tahap ini akan menentukan nilai kosong dari matriks 4.1 atau *Run-Off Triangle Matrix* dengan menggunakan rumus *Benktander-Hovinen*. Perhitungan *Benktander-*

*Hovinen* sendiri seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya dengan menggunakan nilai klaim ke-  $n - 1$ , *beta* ke- $n$ , *beta* ke- $n - 1$ , dan *Last\_Column* matriks *Bornhuetter-Ferguson* ke- $n$ . Sebagai contoh perhitungan untuk matriks kosong di kolom  $2 \times 18$  yaitu:

$$Kolom\ 2 \times 18 = 1556845700 + ((0,842948 - 0,567407) \times 1557307893)$$

$$Kolom\ 2 \times 18 = 1557310175,84$$

Perhitungan ini dilakukan sampai semua kolom yang belum terisi pada matriks  $18 \times 18$  memiliki nilai semua. Berikut merupakan bentuk dari matriks estimasi *Benklander-Hovinen*:



Gambar 4. 9 Hasil *Heatmap* Matriks *Run-Off Triangle* *Benklander-Hovinen*

#### 4.2.4.2 Menentukan Nilai IBNR

Berdasarkan matriks yang sudah dibuat, nilai cadangan klaim IBNR ditentukan dengan mengambil nilai klaim kolom terakhir pada matriks estimasi *Benklander-Hovinen* yang sudah dibentuk sebelumnya atau yang berada di periode *development* ke-18 (*Last\_Column*). Sebagai contoh untuk *Last\_Column* pada origin pertama diambil dari matriks estimasi *Benklander-Hovinen* pada  $1 \times 18$  yaitu 1238199600, origin kedua pada  $2 \times 18$  yaitu 1557310175,84 dan selanjutnya sampai origin ke-18.

Kemudian dari matriks *Run-Off Triangle* yang belum diestimasi dapat diambil nilai klaim setiap periode *origin* yang berada di periode *development* terakhir (*Diagonal\_Data*). Sebagai contoh nilai *Diagonal\_Data* pada *origin* pertama diambil dari matriks *Run-Off Triangle* pada  $1 \times 18$  yaitu 1238199600, origin kedua pada  $2 \times 17$  yaitu 1556845700 dan selanjutnya sampai origin ke-18.

Setelah itu dapat ditentukan dihitung estimasi cadangan klaim per periode *origin* dengan nilai *Last\_Couolumn* ke-*n* dikurangi dengan nilai *Diagonal\_Data* ke-*n* (*Perbedaan\_Last\_Diagonal*). Sebagai contoh pada periode *origin* pertama yaitu:

$$\text{Perbedaan\_Last\_Diagonal ke 1} = 1238199600 - 1238199600 = 0$$

Perhitungan ini dilakukan sampai *Perbedaan\_Last\_Diagonal* pada periode *origin* ke-18. Hasil dari *Perbedaan\_Last\_Diagonal* ini nantinya akan dijumlahkan semuanya dari *origin* ke-1 sampai ke-18 untuk menghasilkan nilai estimasi cadangan klaim IBNR untuk periode yang akan datang. Berikut merupakan hasil dari estimasi cadangan klaim IBNR dengan metode *Benktander-Hovinen*:

```
DataFrame Baru:
  Diagonal_Data  Last_Column  Perbedaan_Last_Diagonal
0  1238199600.000  1238199600.000                0.000
1  1556845700.000  1557310175.845             464475.845
2  1739772300.000  1740598019.312             825719.312
3  2045552700.000  2047635284.157             2082584.157
4  2116704500.000  2121201733.411             4497233.411
5  2021178900.000  2034008385.804             12829485.804
6  2178870000.000  2194610429.219             15740429.219
7  2298400100.000  2320509160.363             22109060.363
8  2536721700.000  2575009170.029             38287470.029
9  2486004500.000  2536073993.377             50069493.377
10 2899497400.000  2977589385.669             78091985.669
11 2998716000.000  3094928986.001             96212986.001
12 3212786900.000  3375267253.917             162480353.917
13 3316437100.000  3517234821.236             200797721.236
14 3334779000.000  3593353925.959             258574925.959
15 3262888600.000  3590729406.429             327840806.429
16 2794616200.000  3227171924.082             432555724.082
17 2221093300.000  3825621803.449             1604528503.449

Total Estimasi IBNR Benktander-Hovinen: 3307988958.2586794
```

Gambar 4. 10 Hasil Estimasi Cadngan Klaim IBNR (*Benktander-Hovinen*)

#### 4.2.5 Pembuatan Matriks Train Segitiga Atas Setiap Model

Matriks *train* digunakan untuk mencari jumlah *errors* pada data asli dengan hasil pemodelan. Dalam penentuan matriks *train* ini mengganti nilai di matriks *run-off triangle* dengan perhitungan sesuai dengan model yang digunakan. Model yang akan dibandingkan adalah *Chain-Ladder*, *Bornhuetter-Ferguson*, dan *Benktander-Hovinen*. Nilai yang diganti dimulai dari indeks pertama periode *development* sehingga nilai tersebut menjadi acuan untuk mengisi nilai-nilai berikutnya pada matriks *run-off triangle*

atau segitiga atas saja. Pemilihan indeks pertama periode *development* karena sebagai data historis yang digunakan dalam pemodelan untuk mengestimasi besaran nilai matriks train segitiga atas dengan rumus masing-masing model berdasarkan nilai-nilai yang sudah ditentukan sebelumnya.

#### 4.2.5.1 Model Chain-Ladder

Pada tahap ini akan dibuat matriks *Run-Off Triangle* segitiga atas dengan memanfaatkan nilai klaim pada data *reported* klaim di lampiran 2. Nilai yang diambil hanya yang berada pada nilai *lag* = 1. Sehingga kolom sumbu X untuk *development* ke-1 akan berisi nilai tersebut. Sebagai contoh untuk kolom 1 × 1 memiliki nilai 594203700, kolom 1 × 2 memiliki nilai 877703000, dan seterusnya sampai kolom 1 × 18. Kemudian untuk *development* ke-2 dan seterusnya menggunakan rumus *Chain-Ladder* yang sama seperti sebelumnya yaitu dengan nilai klaim ke-*n*−1 dan *loss development factors* ke-*n*. Sebagai contoh untuk kolom 2 × 1:

$$\text{Kolom } 2 \times 1 = 594203700 \times 1,000298 = 881557565,13$$

Kolom-kolom selanjutnya juga dilakukan perhitungan yang sama sampai matriks dapat berbentuk 18 × 18 dengan kolom yang memiliki nilai hanya setengah diagonal atas saja. Sedangkan untuk setengah diagonal bawah tidak perlu dihitung nilainya. Berikut merupakan bentuk dari matriks *Run-Off Triangle Chain-Ladder Train*:



Gambar 4. 11 Hasil Matriks *Train Chain-Ladder*

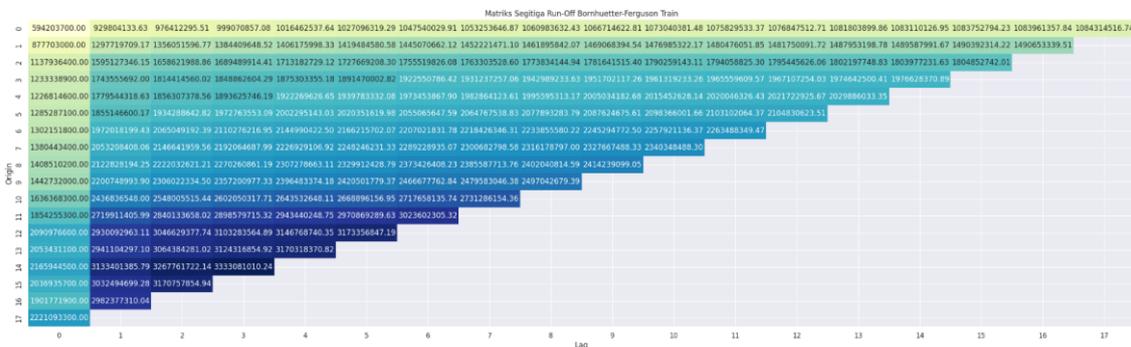
#### 4.2.5.2 Model Bornhuetter-Ferguson

Pada tahap ini akan dibuat matriks *Run-Off Triangle* segitiga atas dengan memanfaatkan nilai klaim pada data *reported* klaim di lampiran 2. Nilai yang diambil hanya yang berada pada nilai  $lag = 1$ . Sehingga kolom sumbu X untuk *development* ke-1 akan berisi nilai tersebut. Sebagai contoh untuk kolom  $1 \times 1$  memiliki nilai 594203700, kolom  $1 \times 2$  memiliki nilai 877703000, dan seterusnya sampai kolom  $1 \times 18$ . Kemudian untuk *development* ke-2 dan seterusnya menggunakan rumus *Bornhuetter-Ferguson* yang sama seperti sebelumnya yaitu dengan nilai klaim ke- $n-1$ , *beta* ke- $n$ , *beta* ke- $n - 1$ , *loss ratio*, dan *premi* ke- $n$ . Sebagai contoh untuk kolom  $2 \times 1$ :

$$Kolom\ 2 \times 1 = 594203700 + ((0,842948 - 0,567407) \times 0,616 \times 2515093600)$$

$$Kolom\ 2 \times 1 = 929804133,63$$

Kolom-kolom selanjutnya juga dilakukan perhitungan yang sama sampai matriks dapat berbentuk  $18 \times 18$  dengan kolom yang memiliki nilai hanya setengah diagonal atas saja. Sedangkan untuk setengah diagonal bawah tidak perlu dihitung nilainya. Berikut merupakan bentuk dari matriks *Run-Off Triangle Bornhuetter-Ferguson Train*:



Gambar 4. 12 Hasil Matriks *Train Bornhuetter-Ferguson*

#### 4.2.5.3 Model Benktander-Hovinen

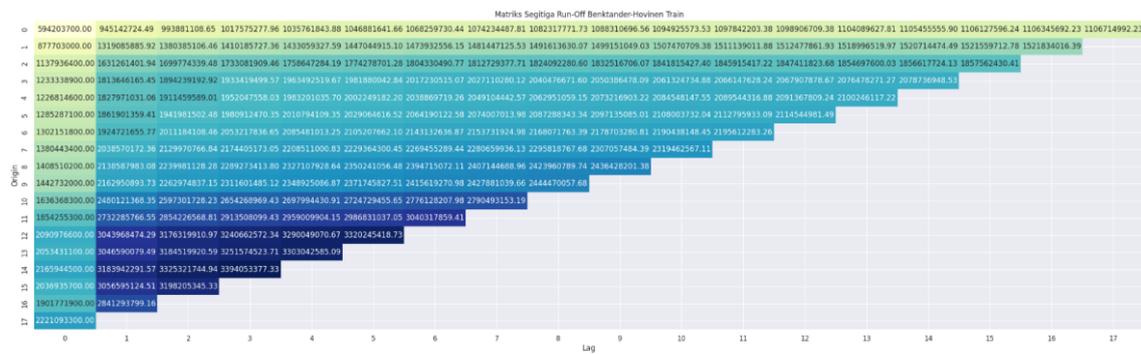
Pada tahap ini akan dibuat matriks *Run-Off Triangle* segitiga atas dengan memanfaatkan nilai klaim pada data *reported* klaim di lampiran 2. Nilai yang diambil hanya yang berada pada nilai  $lag = 1$ . Sehingga kolom sumbu X untuk *development* ke-1 akan berisi nilai tersebut. Sebagai contoh untuk kolom  $1 \times 1$  memiliki nilai 594203700, kolom  $1 \times 2$  memiliki nilai 877703000, dan seterusnya sampai kolom  $1 \times 18$ . Kemudian untuk

development ke-2 dan seterusnya menggunakan rumus *Benktander\_Hovinen* yang sama seperti sebelumnya yaitu dengan nilai klaim ke- $n-1$ , *beta* ke- $n$ , *beta* ke- $n - 1$ , *Last\_Column* matriks estimasi *Bornhuetter Ferguson* ke- $n$ . Sebagai contoh untuk kolom  $2 \times 1$ :

$$\text{Kolom } 2 \times 1 = 594203700 + ((0,842948 - 0,567407) \times 1557307893)$$

$$\text{Kolom } 2 \times 1 = 945142724,49$$

Kolom-kolom selanjutnya juga dilakukan perhitungan yang sama sampai matriks dapat berbentuk  $18 \times 18$  dengan kolom yang memiliki nilai hanya setengah diagonal atas saja. Sedangkan untuk setengah diagonal bawah tidak perlu dihitung nilainya. Berikut merupakan bentuk dari matriks *Run-Off Triangle Benktander\_Hovinen Train*:



Gambar 4. 13 Hasil Matriks *Train Benktander-Hovinen*

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis *Pre-Processing Data*

Pada penelitian ini, *pre-processing data* dilakukan untuk menyiapkan data yang dimiliki sebelum melakukan pemodelan. Dalam *pre-processing data* terdapat beberapa langkah yang dilakukan, namun terkadang terdapat langkah-langkah yang tidak perlu dilakukan karena kondisi data yang sudah sesuai. Pemanggilan informasi data sangat penting karena dapat mengetahui jumlah dan tipe data yang ada.

Berdasarkan informasi data tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat 7 kolom yang terdiri dari *origin*, *development*, *lag*, *claim*, *premium*, *customer claim*, dan *customer premium*. Semua data dalam kolom tersebut memiliki isian yang lengkap yaitu 190 *entries data* dan bertipe sama yaitu *interger*. Hal ini membuat data yang digunakan tidak perlu untuk dilakukan *cleaning* karena *entries data* yang sudah lengkap. Berikut merupakan analisis dari langkah-langkah dalam *pre-processing data* yang disertai dengan gambar *sample* dari data pada lampiran 2.

##### 5.1.1 Analisis *Data Selection*

*Data selection* merupakan salah satu langkah penting dalam *pre-processing data* karena tidak semua data yang tersedia adalah data yang diinginkan untuk dilakukan pemodelan. Dalam hal ini perlu adanya pemilihan data yang diinginkan atau dapat dilakukan penghapusan data yang tidak diinginkan. Penentuan penghapusan atau pemilihan data ini tergantung pada jumlah data yang diinginkan, jika data yang akan digunakan lebih banyak dari data sesungguhnya maka dapat dilakukan penghapusan saja dan sebaliknya.

Pada data yang tersedia terdapat dua kolom yang tidak perlu yaitu *customer claim* dan *customer premi* sedangkan masih terdapat lima kolom lain yang masih digunakan dalam pemodelan nantinya. Dari hal tersebut maka kedua data tersebut dihilangkan agar tidak mengganggu pemodelan. Berikut merupakan hasil dari penghapusan kedua data yang menyisakan lima kolom:

```

      origin development lag      claim      premium
0  2019 Q1  2019 Q1  0  594203700  2009602200
1  2019 Q1  2019 Q2  1  341356300  2009602200
2  2019 Q1  2019 Q3  2   82969400  2009602200
3  2019 Q1  2019 Q4  3   16987800  2009602200
4  2019 Q1  2020 Q1  4   79645700  2009602200
..      ...      ...      ...      ...      ...
166 2022 Q4  2023 Q1  1 1089311900  5961486800
167 2022 Q4  2023 Q2  2  136641000  5961486800
168 2023 Q1  2023 Q1  0 1901771900  6470751500
169 2023 Q1  2023 Q2  1   892844300  6470751500
170 2023 Q2  2023 Q2  0 2221093300  6490816800

[171 rows x 5 columns]

```

Gambar 5. 1 *Selection Dataframe*

### 5.1.2 Analisis Data Transformation

*Data transformation* dilakukan untuk mengubah *dataframe* menjadi bentuk yang bisa diolah ke pemodelan nantinya. Data yang pertama untuk dilakukan *transformation* adalah nilai *origin* dan *development*. Hal ini dilakukan untuk mengubah jenis *dataframe* yang tadinya bertipe *object* atau huruf berubah menjadi *interger* atau angka. Nilai *origin* dan *development* ini harus diubah karena terdapat proses pembuatan matriks yang harus menggunakan tipe data *interger*.

```

      origin development lag      claim      premium
0         1         1  0  594203700  2009602200
1         1         2  1  341356300  2009602200
2         1         3  2   82969400  2009602200
3         1         4  3   16987800  2009602200
4         1         5  4   79645700  2009602200
..      ...      ...      ...      ...      ...
166      16        17  1 1089311900  5961486800
167      16        18  2  136641000  5961486800
168      17        17  0 1901771900  6470751500
169      17        18  1   892844300  6470751500
170      18        18  0 2221093300  6490816800

[171 rows x 5 columns]

```

Gambar 5. 2 *Origin & Development Transformation Data*

Nilai klaim yang masih *incremental* diubah menjadi kumulatif. Inkremental yang dimaksud adalah klaim yang terjadi pada periode kejadian atau *origin* sesuai dilaporkan

sesuai dengan periode perkembangan atau *development*. Berikut merupakan hasil dari *data transformation* nilai klaim:

```
DataFrame Setelah Perubahan:
   origin  development  lag      claim      premium
0        1            1    0  594203700  2009602200
1        1            2    1  935560000  2009602200
2        1            3    2 1018529400  2009602200
3        1            4    3 1035517200  2009602200
4        1            5    4 1115162900  2009602200
..      ...          ...  ...      ...      ...
166     16           17    1  3126247600  5961486800
167     16           18    2  3262888600  5961486800
168     17           17    0  1901771900  6470751500
169     17           18    1  2794616200  6470751500
170     18           18    0  2221093300  6490816800

[171 rows x 5 columns]
```

Gambar 5. 3 *Claim Transformation Data*

Berdasarkan hasil *data transformation* yang sudah dilakukan nilai klaim sudah diubah menjadi kumulatif. Nilai klaim kumulatif yang dimaksudkan adalah gabungan dari klaim yang dilaporkan pada periode *development* dengan klaim yang dilaporkan pada periode *development* sebelumnya. Sedangkan untuk nilai klaim yang berada di periode *origin* dan dilaporkan pada periode *development* yang sama tidak dijumlahkan sehingga nilai klaim kumulatif dimulai di periode *origin* yang kedua dan seterusnya. Pengubahan data dilakukan untuk mengetahui secara keseluruhan nilai klaim yang sudah terjadi dan dilaporkan ke pihak perusahaan.

Nilai klaim *incremental* tidak bisa digunakan untuk menghitung estimasi klaim *incurred but not reported* untuk periode yang akan datang. Hal tersebut dikarenakan pemegang polis tidak bisa diprediksi pada periode ke berapa melaporkan klaim yang sudah terjadi di periode sebelumnya. Sehingga nilai estimasi klaim yang dihasilkan oleh pemodelan akan berisi nilai klaim secara kumulatif pada periode kejadian yang sama.

*Data transformation* yang dilakukan berikutnya adalah nilai *lag* atau jarak antara periode kejadian (*origin*) dengan periode pelaporan (*development*). Pada *dataframe* sebelumnya nilai *lag* dimulai dengan angka nol yang tidak dapat didefinisikan ke bentuk matriks nantinya. Oleh karena itu nilai *lag* pada *dataframe* diubah urutannya yang tadinya

dimulai dengan angka nol ke angka satu. Berikut merupakan hasil dari perubahan nilai *lag* yang sudah dilakukan sebelumnya:

```
DataFrame Setelah Perubahan:
   origin  development  lag      claim      premium
0        1           1    1  594203700  2009602200
1        1           2    2  935560000  2009602200
2        1           3    3  1018529400  2009602200
3        1           4    4  1035517200  2009602200
4        1           5    5  1115162900  2009602200
..      ...          ...  ...      ...      ...
166     16          17    2  3126247600  5961486800
167     16          18    3  3262888600  5961486800
168     17          17    1  1901771900  6470751500
169     17          18    2  2794616200  6470751500
170     18          18    1  2221093300  6490816800

[171 rows x 5 columns]
```

Gambar 5. 4 *Lag Transformation Data*

### 5.1.3 Analisis Persiapan Data

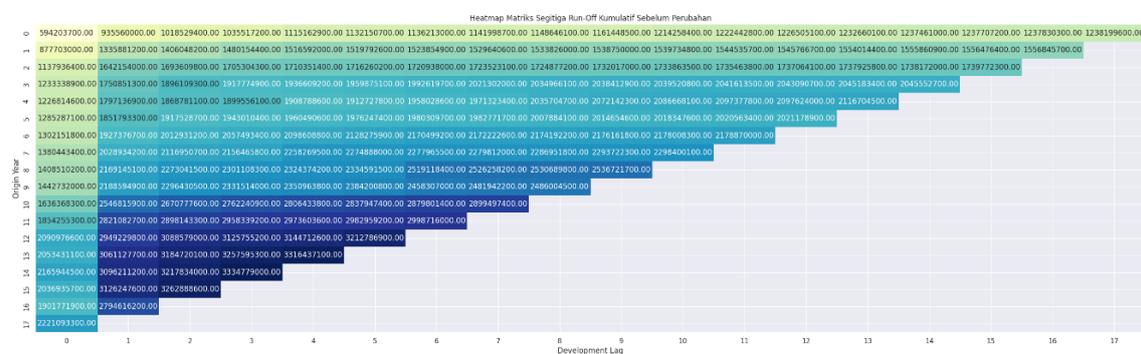
Persiapan data dilakukan untuk menyiapkan *dataframe* sebelumnya untuk bisa diolah ke dalam model yang diinginkan. Persiapan data yang dilakukan pertama adalah pembuatan *dataframe* baru untuk membentuk matriks *run-off triangle*. Namun sebelum pembuatan matriks perlu membentuk *dataframe* baru sebagai pendefinisian ke dalam matriks *run off triangle*. *Dataframe* baru ini mengubah nilai *origin* yang sama dengan urutan angka 1 sampai 18 sehingga terdapat kesamaan dari nilai *lag* dan *origin*. Berikut merupakan *dataframe* baru untuk mempermudah pembuatan matriks *run-off triangle*:

```
   origin  lag      claim
0        1    1  5.942037e+08
1        1    2  9.355600e+08
2        1    3  1.018529e+09
3        1    4  1.035517e+09
4        1    5  1.115163e+09
..      ...  ...      ...
166     16    2  3.126248e+09
167     16    3  3.262889e+09
168     17    1  1.901772e+09
169     17    2  2.794616e+09
170     18    1  2.221093e+09

[171 rows x 3 columns]
```

Gambar 5. 5 *Dataframe Baru*

Berdasarkan *dataframe* yang sudah dibentuk kemudian dapat diolah menjadi matriks *run-off triangle*. Matriks *run-off triangle* ini memiliki bentuk  $18 \times 18$  yang mana memiliki keterisian nilai klaim adalah setengah dari matriks. Keterisian nilai klaim ini membentuk segitiga diagonal yang mana periode *origin* sebagai baris dan periode *development* sebagai kolom matriks. Kolom dan baris yang tidak memiliki nilai didefinisikan dengan nilai NaN (*Not a Number*). Berikut merupakan visualisasi dari matriks *run-off triangle* yang berbentuk *heatmap*:



Gambar 5. 6 Run-Off Triangle Matrix

Berdasarkan matriks *run-off triangle* diatas dapat dilihat bahwa nilai klaim akan diisi sesuai dengan periode *origin* dan *development*. Sebagai contoh untuk klaim yang terjadi di periode *origin* dan dilaporkan di periode *development* pertama akan menempati matriks kolom ke-1 dan baris ke-1. Nilai klaim yang lain akan mengikuti seperti halnya contoh yang sudah dijelaskan. Kolom dan baris yang berwarna abu-abu memiliki nilai NaN (*Not a Number*) sehingga tidak terdapat angka di dalamnya. Kolom dan baris yang berwarna abu-abu ini nantinya akan diestimasi untuk menentukan besaran cadangan klaim IBNR yang perlu disiapkan oleh perusahaan.

## 5.2 Analisis Model Chain-Ladder

Model *Chain-Ladder* menggunakan faktor *loss development factors* dalam perhitungannya. *Loss development factors* ditentukan untuk setiap periode *development* yang berbeda. Berikut merupakan hasil nilai *loss development factors* yang dibentuk:

|    | development | total_claim_by_dev | claim_difference | LDF      |
|----|-------------|--------------------|------------------|----------|
| 0  | 1           | 2.784990e+10       | 2.562880e+10     | 1.483595 |
| 1  | 2           | 3.802276e+10       | 3.522814e+10     | 1.045270 |
| 2  | 3           | 3.682290e+10       | 3.356001e+10     | 1.021055 |
| 3  | 4           | 3.426661e+10       | 3.093183e+10     | 1.015827 |
| 4  | 5           | 3.142140e+10       | 2.810496e+10     | 1.009527 |
| 5  | 6           | 2.837270e+10       | 2.515992e+10     | 1.018142 |
| 6  | 7           | 2.561637e+10       | 2.261766e+10     | 1.004980 |
| 7  | 8           | 2.273029e+10       | 1.983079e+10     | 1.006704 |
| 8  | 9           | 1.996374e+10       | 1.747774e+10     | 1.004937 |
| 9  | 10          | 1.756403e+10       | 1.502731e+10     | 1.005423 |
| 10 | 11          | 1.510880e+10       | 1.281040e+10     | 1.002378 |
| 11 | 12          | 1.284087e+10       | 1.066200e+10     | 1.000866 |
| 12 | 13          | 1.067123e+10       | 8.650051e+09     | 1.004212 |
| 13 | 14          | 8.686488e+09       | 6.569784e+09     | 1.001106 |
| 14 | 15          | 6.577047e+09       | 4.531494e+09     | 1.000543 |
| 15 | 16          | 4.533956e+09       | 2.794184e+09     | 1.000176 |
| 16 | 17          | 2.794676e+09       | 1.237830e+09     | 1.000298 |
| 17 | 18          | 1.238200e+09       | 0.000000e+00     | 1.000000 |

Gambar 5.7 *Loss Development Factors*

Berdasarkan *dataframe* baru diatas terbentuk kolom (*total\_claim\_by\_dev*), (*claim\_difference*), dan (*LDF*). Sesuai penjelasan yang sudah ada sebelumnya nilai (*LDF*) didapatkan dari pembagian (*total\_claim\_by\_dev*) dengan (*claim\_difference*). Nilai (*total\_claim\_by\_dev*) merupakan penjumlahan keseluruhan untuk setiap klaim di periode *development* yang sama. Sedangkan untuk nilai (*claim\_difference*) merupakan penjumlahan nilai klaim di periode *development* yang sama kecuali untuk nilai klaim di periode *origin* terakhir.

Kemudian dapat dilakukan pengolahan dengan model *chain-ladder* untuk mengisi nilai klaim kumulatif yang masih kosong atau segitiga bawah pada matriks *run-off triangle* awal. Matriks yang dibentuk nantinya akan menjadi sempurna yaitu  $18 \times 18$  dengan semuanya memiliki keterisian nilai klaim. Berikut merupakan bentuk matriks yang divisualisasikan dalam *heatmap*:



Gambar 5. 8 *Matrix* Estimasi *Chain-Ladder*

Berdasarkan matriks yang sudah dibentuk diatas maka dapat dilihat nilai estimasi klaim kumulatif pada periode akan datang. Sebelumnya matriks hanya diagonal atas saja yang berisi nilai klaim sekarang nilai yang kosong sudah berisi nilai menggunakan perhitungan *Chain-Ladder*. Matriks 18 × 18 masih berisi klaim yang belum dilaporkan maupun sudah dilaporkan. Sehingga perlu dilakukan pengurangan pengurangan nilai klaim kumulatif yang sudah dilaporkan dengan keseluruhan nilai klaim kumulatif pada setiap periode *origin* yang sama. Berikut merupakan total estimasi klaim IBNR menggunakan model *Chain-Ladder*:

| DataFrame Baru: |               |              |                         |
|-----------------|---------------|--------------|-------------------------|
|                 | Diagonal_Data | Last_Column  | Perbedaan_Last_Diagonal |
| 0               | 1.238200e+09  | 1.238200e+09 | 0.000000e+00            |
| 1               | 1.556846e+09  | 1.557310e+09 | 4.644765e+05            |
| 2               | 1.739772e+09  | 1.740598e+09 | 8.257314e+05            |
| 3               | 2.045553e+09  | 2.047635e+09 | 2.082755e+06            |
| 4               | 2.116704e+09  | 2.121202e+09 | 4.497602e+06            |
| 5               | 2.021179e+09  | 2.034006e+09 | 1.282676e+07            |
| 6               | 2.178870e+09  | 2.194596e+09 | 1.572621e+07            |
| 7               | 2.298400e+09  | 2.320495e+09 | 2.209440e+07            |
| 8               | 2.536722e+09  | 2.574996e+09 | 3.827411e+07            |
| 9               | 2.486004e+09  | 2.535973e+09 | 4.996827e+07            |
| 10              | 2.899497e+09  | 2.977606e+09 | 7.810869e+07            |
| 11              | 2.998716e+09  | 3.094833e+09 | 9.611749e+07            |
| 12              | 3.212787e+09  | 3.375921e+09 | 1.631342e+08            |
| 13              | 3.316437e+09  | 3.518033e+09 | 2.015955e+08            |
| 14              | 3.334779e+09  | 3.593479e+09 | 2.586995e+08            |
| 15              | 3.262889e+09  | 3.590039e+09 | 3.271509e+08            |
| 16              | 2.794616e+09  | 3.214012e+09 | 4.193953e+08            |
| 17              | 2.221093e+09  | 3.789722e+09 | 1.568629e+09            |

Total Estimasi IBNR *Chain-Ladder*: 3259590474.681855

Gambar 5. 9 Estimasi Cadangan Klaim IBNR *Chain-Ladder*

Berdasarkan hasil tersebut terdapat kolom (*Diagonal\_Data*) merupakan nilai klaim yang sudah dilaporkan dan kolom (*Last\_Column*) merupakan klaim keseluruhan yang terjadi di setiap periode *origin*. Kemudian nilai (*Last\_Column*) dikurangkan dengan (*Diagonal\_Data*) dikurangkan sehingga membentuk nilai klaim IBNR yang dimasukkan ke kolom (*Perbedaan\_Last\_Diagonal*). Nilai tersebut kemudian dijumlahkan keseluruhan sehingga membentuk cadangan klaim IBNR untuk periode yang akan datang yaitu Rp. 3.259.590.474,682. Cadangan klaim IBNR menjadi acuan perusahaan untuk menyiapkan dana klaim yang nantinya akan dilaporkan oleh pemegang polis di periode berikutnya.

### 5.3 Analisis Model *Bornhuetter-Ferguson*

Model *Bornhuetter-Ferguson* menggunakan dua faktor yaitu *beta*, nilai premi, dan *loss ratio* dalam perhitungannya. Sebelum menentukan nilai *beta* ditentukan terlebih dahulu nilai *cumulative distribution factors* (CDF) untuk setiap periode *development*. Nilai *cumulative distribution factors* dapat dicari dengan perkalian dari *loss development factors* di periode *development* ke-n sampai terakhir. Berikut merupakan hasil *dataframe* yang ditambahkan (CDF) sebagai nilai *cumulative distribution factors*:

|    | development | total_claim_by_dev | claim_difference | LDF      | CDF      |
|----|-------------|--------------------|------------------|----------|----------|
| 0  | 1           | 2.784990e+10       | 2.562880e+10     | 1.483595 | 1.706242 |
| 1  | 2           | 3.802276e+10       | 3.522814e+10     | 1.045270 | 1.150073 |
| 2  | 3           | 3.682290e+10       | 3.356001e+10     | 1.021055 | 1.100264 |
| 3  | 4           | 3.426661e+10       | 3.093183e+10     | 1.015827 | 1.077576 |
| 4  | 5           | 3.142140e+10       | 2.810496e+10     | 1.009527 | 1.060787 |
| 5  | 6           | 2.837270e+10       | 2.515992e+10     | 1.018142 | 1.050777 |
| 6  | 7           | 2.561637e+10       | 2.261766e+10     | 1.004980 | 1.032053 |
| 7  | 8           | 2.273029e+10       | 1.983079e+10     | 1.006704 | 1.026939 |
| 8  | 9           | 1.996374e+10       | 1.747774e+10     | 1.004937 | 1.020100 |
| 9  | 10          | 1.756403e+10       | 1.502731e+10     | 1.005423 | 1.015088 |
| 10 | 11          | 1.510880e+10       | 1.281040e+10     | 1.002378 | 1.009613 |
| 11 | 12          | 1.284087e+10       | 1.066200e+10     | 1.000866 | 1.007218 |
| 12 | 13          | 1.067123e+10       | 8.650051e+09     | 1.004212 | 1.006346 |
| 13 | 14          | 8.686488e+09       | 6.569784e+09     | 1.001106 | 1.002125 |
| 14 | 15          | 6.577047e+09       | 4.531494e+09     | 1.000543 | 1.001018 |
| 15 | 16          | 4.533956e+09       | 2.794184e+09     | 1.000176 | 1.000475 |
| 16 | 17          | 2.794676e+09       | 1.237830e+09     | 1.000298 | 1.000298 |
| 17 | 18          | 1.238200e+09       | 0.000000e+00     | 1.000000 | 1.000000 |

Gambar 5. 10 Nilai *Cumulative Distribution Factors* (CDF)

Berdasarkan *dataframe* yang dibentuk maka dapat ditentukan nilai *beta* untuk masing-masing periode *development*. Nilai *beta* didapatkan dengan membagi nilai satu dengan nilai *cumulative distribution factors (CDF)*. Hasil *beta* ini kemudian ditambahkan ke dalam *dataframe* membentuk kolom baru bersamaan dengan nilai *premium*. Berikut merupakan nilai *beta* dan *premium* yang sudah dimasukkan ke dalam *dataframe*.

|    | Beta     | premi      |
|----|----------|------------|
| 0  | 0.586083 | 2009602200 |
| 1  | 0.869510 | 2515093600 |
| 2  | 0.908873 | 2737695900 |
| 3  | 0.928009 | 3055218900 |
| 4  | 0.942697 | 3309789700 |
| 5  | 0.951677 | 3412364200 |
| 6  | 0.968943 | 4011213500 |
| 7  | 0.973768 | 4028570600 |
| 8  | 0.980296 | 4277393200 |
| 9  | 0.985136 | 4539066300 |
| 10 | 0.990479 | 4793267800 |
| 11 | 0.992834 | 5183617900 |
| 12 | 0.993694 | 5024695800 |
| 13 | 0.997880 | 5315458000 |
| 14 | 0.998983 | 5793209100 |
| 15 | 0.999526 | 5961486800 |
| 16 | 0.999702 | 6470751500 |
| 17 | 1.000000 | 6490816800 |

Gambar 5. 11 Nilai *Beta* dan *Premi*

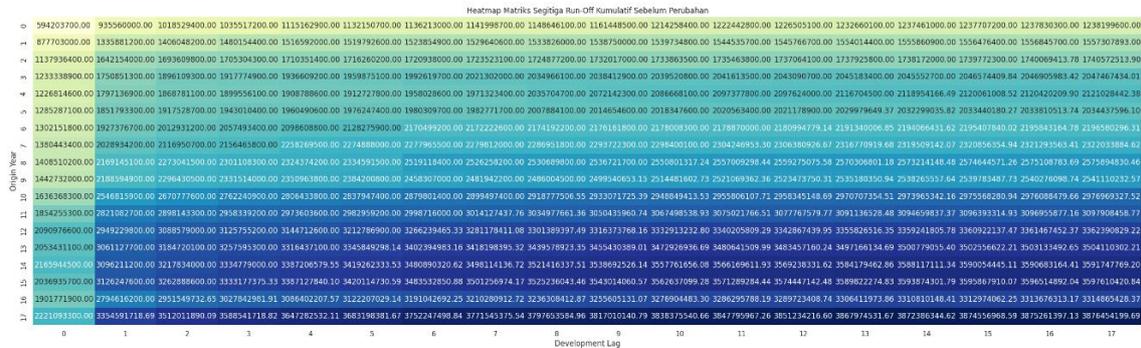
Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat hasil dari perhitungan *beta* di kolom (*beta*) dan nilai *premium* di kolom (*premi*). Setelah menentukan *beta* dapat dilakukan perhitungan *loss ratio*. *Loss ratio* yang digunakan hanya menggunakan data di periode pertama saja. Perhitungan *loss ratio* ini dengan membagi nilai klaim kumulatif di periode pertama dengan nilai premi pada periode pertama. Berikut merupakan hasil dari perhitungan *loss ratio* yang telah dilakukan:

Loss Ratio : 0.6161416423608612

Gambar 5. 12 Nilai *Loss Ratio*

Hasil *loss ratio* memberikan hasil 0,616 dan nantinya akan digunakan sebagai perhitungan estimasi klaim IBNR model *Bornhuettter-Ferguson*. Perhitungan estimasi klaim IBNR dapat dilakukan untuk periode berikutnya sesuai dengan pengolahan data

menggunakan faktor-faktor yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu *beta*, *loss ratio*, dan nilai premi. Berikut merupakan bentuk matriks estimasi IBNR menggunakan model *Bornhuetter-Ferguson*:



Gambar 5. 13 *Matrix* Estimasi *Bornhuetter-Ferguson*

Berdasarkan matriks yang sudah dibentuk diatas maka dapat dilihat nilai estimasi klaim kumulatif pada periode akan datang. Sebelumnya matriks hanya diagonal atas saja yang berisi nilai klaim sekarang nilai yang kosong sudah berisi nilai menggunakan perhitungan *Bornhuetter-Ferguson*. Matriks  $18 \times 18$  masih berisi klaim yang belum dilaporkan maupun sudah dilaporkan. Sehingga perlu dilakukan pengurangan antara nilai klaim kumulatif yang sudah dilaporkan dengan keseluruhan nilai klaim kumulatif pada setiap periode *origin* yang sama. Berikut merupakan total estimasi klaim IBNR menggunakan model *Bornhuetter-Ferguson*:

| DataFrame Baru: |               |              |                         |
|-----------------|---------------|--------------|-------------------------|
|                 | Diagonal_Data | Last_Column  | Perbedaan_Last_Diagonal |
| 0               | 1.238200e+09  | 1.238200e+09 | 0.000000e+00            |
| 1               | 1.556846e+09  | 1.557308e+09 | 4.621930e+05            |
| 2               | 1.739772e+09  | 1.740573e+09 | 8.002139e+05            |
| 3               | 2.045553e+09  | 2.047467e+09 | 1.914734e+06            |
| 4               | 2.116704e+09  | 2.121028e+09 | 4.323942e+06            |
| 5               | 2.021179e+09  | 2.034438e+09 | 1.325870e+07            |
| 6               | 2.178870e+09  | 2.196580e+09 | 1.771030e+07            |
| 7               | 2.298400e+09  | 2.322034e+09 | 2.363378e+07            |
| 8               | 2.536722e+09  | 2.575895e+09 | 3.917313e+07            |
| 9               | 2.486004e+09  | 2.541110e+09 | 5.510573e+07            |
| 10              | 2.899497e+09  | 2.976969e+09 | 7.747193e+07            |
| 11              | 2.998716e+09  | 3.097908e+09 | 9.919246e+07            |
| 12              | 3.212787e+09  | 3.362391e+09 | 1.496039e+08            |
| 13              | 3.316437e+09  | 3.504110e+09 | 1.876732e+08            |
| 14              | 3.334779e+09  | 3.591748e+09 | 2.569688e+08            |
| 15              | 3.262889e+09  | 3.597610e+09 | 3.347218e+08            |
| 16              | 2.794616e+09  | 3.314865e+09 | 5.202492e+08            |
| 17              | 2.221093e+09  | 3.876454e+09 | 1.655361e+09            |

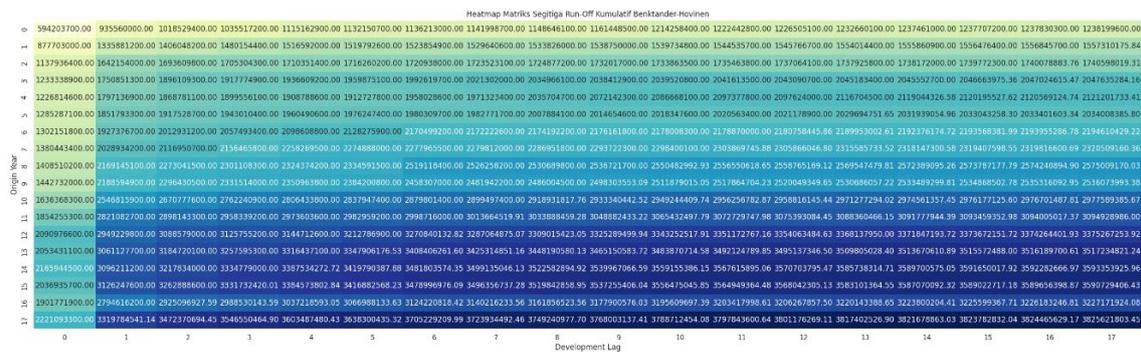
Total Estimasi IBNR *Bornhuetter-Ferguson*: 3437624959.1524878

Gambar 5. 14 Estimasi Cadangan Klaim IBNR *Bornhuetter-Ferguson*

Berdasarkan hasil tersebut terdapat kolom (*Diagonal\_Data*) merupakan nilai klaim yang sudah dilaporakn dan kolom (*Last\_Column*) merupakan klaim keseluruhan yang terjadi di setiap periode *origin*. Kemudaian nilai (*Last\_Column*) dikurangkan dengan (*Diagonal\_Data*) dikuurangkan sehingga membentuk nilai klaim IBNR yang dimasukkan ke kolom (*Perbedaan\_Last\_Diagonal*). Nilai tersebut kemudian dijumlahkan keseluruhan sehingga membentuk cadangan klaim IBNR untuk periode yang akan datang yaitu Rp. 3.437.624.959,152. Cadangan klaim IBNR menjadi acuan perusahaan untuk menyiapkan dana klaim yang nantinya akan dilaporkan oleh pemegang polis di periode berikutnya.

### 5.4 Analisis Model *Benktander-Hovinen*

Model *Benktander-Hovinen* menggunakan hasil dari estimasi *Bornhuetter-Ferguson* dan *Beta* dalam perhitungannya. Konsep pemodelan yang digunakan hampir sama dengan *Bornhuetter-Ferguson*, namun yang membedakannya faktor yang digunakan untuk *loss ratio* dan *premi* diganti dengan nilai estimasi kalim kumulatif *Bornhuetter-Ferguson* untuk setiap periode *origin* yang berbeda. Berikut merupakan berntuk matriks estimasi klaim IBNR menggunakan model *Benktander-Hovinen*:



Gambar 5. 15 *Matrix* Estimasi *Benktander-Hovinen*

Berdasarkan matriks yang sudah dibentuk diatas maka dapat dilihat nilai estimasi klaim kumulatif pada periode akan datang. Sebelumnya matriks hanya diagonal atas saja yang berisi nilai klaim sekarang nilai yang kosong sudah berisi nilai menggunakan

perhitungan *Benktander-Hovinen*. Matriks  $18 \times 18$  masih berisi klaim yang belum dilaporkan maupun sudah dilaporkan. Sehingga perlu dilakukan pengurangan antara nilai klaim kumulatif yang sudah dilaporkan dengan keseluruhan nilai klaim kumulatif pada setiap periode *origin* yang sama. Berikut merupakan total estimasi klaim IBNR menggunakan model *Benktander-Hovinen*:

| DataFrame Baru: |               |              |                         |
|-----------------|---------------|--------------|-------------------------|
|                 | Diagonal_Data | Last_Column  | Perbedaan_Last_Diagonal |
| 0               | 1.238200e+09  | 1.238200e+09 | 0.000000e+00            |
| 1               | 1.556846e+09  | 1.557310e+09 | 4.644758e+05            |
| 2               | 1.739772e+09  | 1.740598e+09 | 8.257193e+05            |
| 3               | 2.045553e+09  | 2.047635e+09 | 2.082584e+06            |
| 4               | 2.116704e+09  | 2.121202e+09 | 4.497233e+06            |
| 5               | 2.021179e+09  | 2.034008e+09 | 1.282949e+07            |
| 6               | 2.178870e+09  | 2.194610e+09 | 1.574043e+07            |
| 7               | 2.298400e+09  | 2.320509e+09 | 2.210906e+07            |
| 8               | 2.536722e+09  | 2.575009e+09 | 3.828747e+07            |
| 9               | 2.486004e+09  | 2.536074e+09 | 5.006949e+07            |
| 10              | 2.899497e+09  | 2.977589e+09 | 7.809199e+07            |
| 11              | 2.998716e+09  | 3.094929e+09 | 9.621299e+07            |
| 12              | 3.212787e+09  | 3.375267e+09 | 1.624804e+08            |
| 13              | 3.316437e+09  | 3.517235e+09 | 2.007977e+08            |
| 14              | 3.334779e+09  | 3.593354e+09 | 2.585749e+08            |
| 15              | 3.262889e+09  | 3.590729e+09 | 3.278408e+08            |
| 16              | 2.794616e+09  | 3.227172e+09 | 4.325557e+08            |
| 17              | 2.221093e+09  | 3.825622e+09 | 1.604529e+09            |

Total Estimasi IBNR Benktander-Hovinen: 3307988958.2586794

Gambar 5. 16 Estimasi Cadangan Klaim IBNR *Benktander-Hovinen*

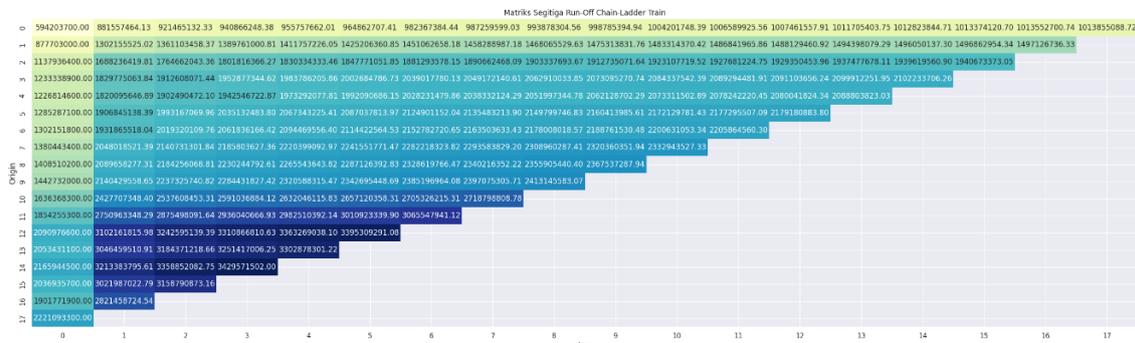
Berdasarkan hasil tersebut terdapat kolom (*Diagonal\_Data*) merupakan nilai klaim yang sudah dilaporkan dan kolom (*Last\_Column*) merupakan klaim keseluruhan yang terjadi di setiap periode *origin*. Kemudian nilai (*Last\_Column*) dikurangkan dengan (*Diagonal\_Data*) dikurangkan sehingga membentuk nilai klaim IBNR yang dimasukkan ke kolom (*Perbedaan\_Last\_Diagonal*). Nilai tersebut kemudian dijumlahkan keseluruhan sehingga membentuk cadangan IBNR untuk periode yang akan datang yaitu Rp. 3.307.988.958,259. Cadangan klaim IBNR menjadi acuan perusahaan untuk menyiapkan dana klaim yang nantinya akan dilaporkan oleh pemegang polis di periode berikutnya.

### 5.5 Analisis Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan untuk membandingkan hasil pemodelan estimasi cadangan klaim IBNR agar perusahaan asuransi bisa mengetahui jumlah cadangan klaim yang harus disiapkan nantinya untuk periode berikutnya. Pemilihan model terbaik ini menggunakan perhitungan tingkat *errors* yaitu dengan mencari nilai *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Sebelum menentukan MAE dan MAPE diperlukan pembuatan matriks *train run-off triangle* untuk masing-masing model. Matriks *train* digunakan untuk membandingkan nilai dari klaim yang sudah dilaporkan sesuai data asli dengan hasil estimasi klaim yang sudah dilaporkan menggunakan perhitungan masing-masing model.

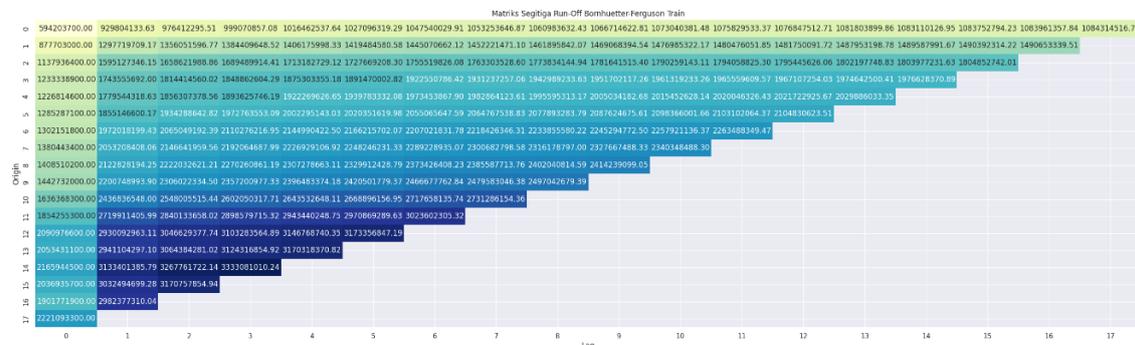
Matriks *train run-off triangle* ini akan berisi nilai klaim yang sudah dilaporkan diganti dengan estimasi nilai klaim menggunakan perhitungan masing-masing model seperti pada pembahasan sebelumnya. Dalam perhitungannya untuk klaim pada periode *development* pertama akan tetap menggunakan data asli. Sedangkan pada periode *development* selanjutnya akan dilakukan estimasi. Berikut merupakan hasil dari matriks *train run-off triangle* untuk setiap model estimasi:

### 1. Matriks *train run-off triangle* model *Chain-Ladder*



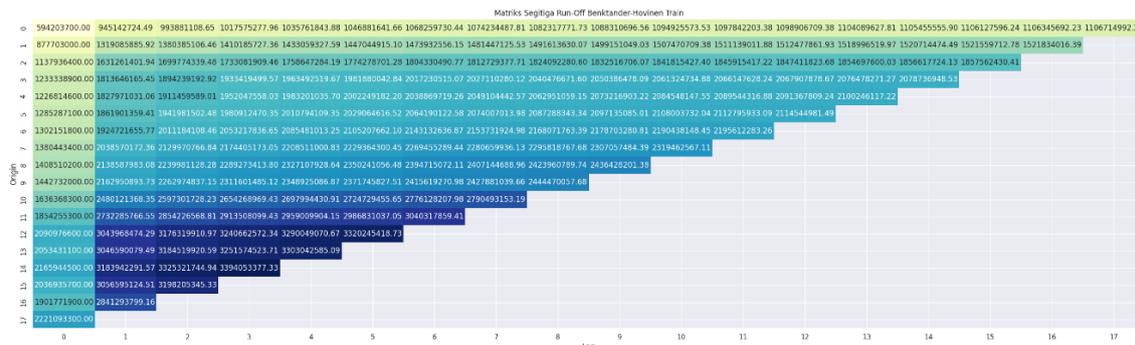
Gambar 5. 17 Matrix Train Chain-Ladder

### 2. Matriks *train run-off triangle* model *Bornhuetter-Ferguson*



Gambar 5. 18 Matrix Train Bornhuetter-Ferguson

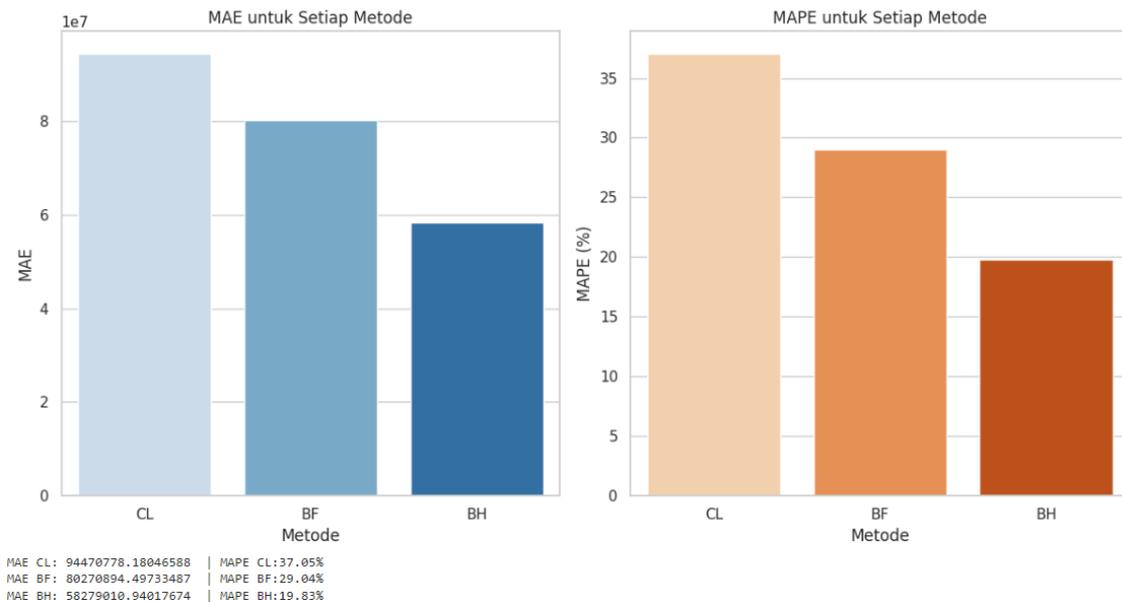
### 3. Matriks *train run-off triangle* model *Benktander-Hovinen*



Gambar 5. 19 Matrix Train Benktander-Hovinen

Berdasarkan matriks *train run-off triangle* yang sudah dibentuk dapat dilakukan perhitungan *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

untuk masing-masing model. MAE dihitung dengan membandingkan matriks *run-off triangle* pada data asli dengan matriks *train run-off triangle* untuk masing-masing model. Sementara MAPE merupakan persentase keakuratan nilai estimasi dengan nilai aktual. Berikut merupakan hasil dari MAE dan MAPE yang di visualisasikan dengan *bar plot*:



Gambar 5. 20 Bar Plot Nilai MAE dan MAPE

Berdasarkan gambar diatas maka dapat dilihat untuk nilai *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) masing-masing model. Model *Chain-Ladder* memiliki nilai MAE sebesar 94.470.778,18 dan MAPE sebesar 37,05%. Model *Bornhuetter-Ferguson* memiliki nilai MAE sebesar 80.270.894,497 dan MAPE sebesar 29,04%. Model *Benktander-Hovinen* memiliki nilai MAE sebesar 58.279.010,94 dan MAPE sebesar 19,83%.

Pemilihan model estimasi terbaik ditentukan menurut tingkat *errors* terkecil dari MAE dan MAPE. Berdasarkan nilai MAE dan MAPE terkecil ada di model *Benktander-Hovinen*. Kemudian untuk interpretasi dari nilai MAPE untuk model *Chain-Ladder* dan *Bornhuetter-Ferguson* memiliki nilai antara 20% – 50% yang berarti nilai estimasi layak, sedangkan *Benktander-Hovinen* berada di *range* 10% – 20% yang berarti nilai estimasi akurat. Sehingga dapat disimpulkan untuk model terbaik dalam mengestimasi cadangan klaim IBNR adalah dengan menggunakan *Benktander-Hovinen*.

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1. Kesimpulan**

Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan untuk menjawab rumusan masalah:

1. Berdasarkan hasil dari estimasi cadangan IBNR untuk periode berikutnya pada Perusahaan Asuransi XYZ di Indoensia memiliki besaran nilai yang berbeda-beda sesuai metode yang digunakan. Pada metode *Chain-Ladder* mendapatkan hasil estimasi cadangan klaim IBNR sejumlah Rp. 3.259.590.474,682 dengan nilai MAE sebesar 94.470.778,18 dan MAPE sebesar 37,05% atau layak. Metode *Bornhuetterr-Ferguson* mendapatkan hasil estimasi cadangan klaim IBNR sejumlah Rp. 3.437.624.959,152 dengan nilai MAE sebesar 80.270.894,497 dan MAPE sebesar 29,04% atau layak. Metode *Benktander-Hovinen* mendapatkan hasil estimasi cadangan klaim IBNR sejumlah Rp. 3.307.988.958,259 dengan nilai MAE sebesar 58.279.010,94 dan MAPE sebesar 19,83% atau akurat.
2. Berdasarkan evaluasi hasil dari perhitungan estimasi cadangan klaim IBNR mneggunakan masing-masing metode dapat ditentukan yang paling baik untuk Perusahaan Asuransi XYZ di Indonesia untuk klaim yang sudah terjadi dari periode Januari 2019 sampai Juni 2023 melalui MAE terendah dan interpretasi MAPE paling akurat yaitu metode *Benktander-Hovinen* dengan nilai estimasi klaim IBNR yang dicadangkan sampai periode Desember 2027 sebesar Rp. 3.307.988.958,259.

#### **6.2. Saran**

Berikut merupakan saran dari peneliti berdasarkan hasil penelitian sebelumnya:

1. Pada penelitian selanjutnya, selain menggunakan metode deterministik dan stokastik dapat ditambahkan metode *machine learning* sebagai perbandingan metode yang digunakan dalam mengestimasi cadangan klaim *incurred but not reported* (IBNR).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Majid, A., Puspita, E., & Agustina, F. (2018). Penggunaan Metode Bornhuetter-Ferguson pada Peramalan Besar Cadangan Claims Asuransi. *EurekaMatika, Vol. 6, No. 1*, 54-61.
- Amini, R., & Hikmah, Y. (2022). Estimasi Cadangan Klaim IBNR Menggunakan Metode Chain-Ladder dan Bornhuetter-Ferguson pada Produk Indemnity di PT. XYZ. *MAP Journal*, 50-59.
- Arifudin, O., Wahrudin, U., & Rusmana, F. (2020). *Manajemen Risiko*. Bandung: Widina Bhakti Persada Bandung.
- Artanto EP, A. (2018). Faktor-Faktor Penyebab Klaim Tertunda BPJS Kesehatan RSUD Dr. Kanujoso Djatiwibowo Periode Januari - Maret 2016. *Jurnal Asri Vol 4, No 2*, 122-134.
- Benktander, G. (1976). An Approach to Credibility in Calculating IBNR for Casualty Excess Reinsurance The Actuarial Review. 312.
- Bornhuetter, R. a. (1972). The Actuary and IBNR Proc. of the Casualty Actuarial Society. 59, 181-195.
- Brown, R. L. (2009). Introduction to Ratemaking and Loss Reserving for Property and Casualty Insurance (3 ed.). *ACTEX Publications, Inc.*
- Chantika, S., & Nugraha, J. (2021). Comparison of Chain Ladder and Munich Chain Ladder Methods in Estimation of Incurred but Not Reported Claim Reserves. *Journal of Engineering Science and Technology*, 65-73.
- Elpidorou, V., Margraf, C., Martínez-Miranda, M., & Nielsen, B. (2019). A Likelihood Approach to Bornhuetter–Ferguson Analysis. *Risks*, 1-20.
- Hikmah, Y., & Hikmah, I. R. (2022). Perhitungan Cadangan Klaim dengan Metode Chain Ladder Menggunakan Excel dan R Studio. *MAP Journal*, 122-131.
- Johan, J., Kusnadi, F., & Yong, B. (2023). Analysis of Robust Chain Ladder Method in Estimating Australian Motor Insurance Reserves with Outlying Dataset. *Barekang : Journal of Mathematics and Its Applications*, 0225-0234.

- John, A., & L. Abonongo, I. (2021). Loss Reserving -the Mack Method and Associated Bootstrap Predictions. *Applied Mathematics 2021*, 11(3), 29-36.
- Johny, M., Purwoko, B., & Merawaty, E. (2020). Pengaruh Premi Bruto, Cadangan Klaim, Cadangan Premi, dan Pembayaran Klaim Terhadap ROA (Suatu Survey pada Perusahaan Asuransi Umum Tercatat di BEI). *Jurnal Ekbang Volume 3, Nomor 1*, 1-16.
- Karmila, S., Nurrohmah, S., & Sari, S. (2020). Claim Reserve Prediction Using the Credibility Theory for the Chain Ladder Method. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Kocovic, J., Mitrasevic, M., & Trifunovic, D. (2018). Advantages and Disadvantages of Loss Reserving Methods in Non-Life Insurance. *Yugoslav Journal of Operations Research*.
- Kulikov, N. &. (2014). Discussion Note: IBNR. *Life Insurance and Wealth Management Practice Committee*.
- Kulikov, N. &. (2014). Discussion Note: IBNR . *Life Insurance and Wealth Management Practice Committee*.
- Paramita, R., Umbara, R., & Rohmawati, A. (2018). Pemodelan Besar Klaim Asuransi Menggunakan Model Exponential Autoregressive Conditional Amount (EACA). *e-Proceeding of Engineering : Vol.5, No.2* , 3783-3791.
- Pertiwi, S., Widana, I., & Sari, K. (2023). Estimasi Cadangan Klaim pada Asuransi Umum dengan Metode Chain Ladder. *E-Jurnal Matematika Vol. 12(1)*, 71-76.
- Raeva, E., & Pavlov, V. (2022). Comparison of the Growth Between the Number and the Payments of IBNR Claims with Chain-Ladder Method. *Springer Proceedings in Mathematics & Statistics Vol 412*, 329–339.
- Raeva, E., Pavlov, V., & Georgieva, S. (2021). Claim Reserving Estimation by Using The Chain Ladder Method. *AIP Conference Proceedings*, 030029-1–030029-10.
- Rofikah, W., & Septiarini, D. (2020). Implementasi Manajemen Risiko Underwriting pada PT Asuransi Jasindo Syariah. *Jurnal Ekonomi Syariah Teori dan Terapan Vol. 7 No. 5*, 901-910.

- Saoudi, A., El Kassimi, F., & Zahi, J. (2023). Technical reserving in non-life insurance : A literature review of aggregated and individual methods. *Journal of Integrated Studies In Economics, Law, Technical Sciences & Communication*.
- Saputra, I., Nurrohmah, S., & Sari, S. (2018). Claim reserving prediction with Bornhuetter Ferguson method. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Sarwono, J. (2010). Pengertian Dasar Structural Equation Modeling (SEM). *Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis Ukrida*, 1-18.
- Soleha, A., & Hikmah, Y. (2022). Claim Reserve Estimation Using Double Chain Ladder Method. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, No. 4: 1-8.
- Triana, S., Novita, M., & Sari, S. (2018). The Benktander claim reserving method, combining chain ladder method and Bornhuetter-Ferguson method using optimal credibility. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Wasuta, A. (2023). Perlingungan Hukum Terhadap Pemegang Polis Asuransi Jiwa. *Jurnal Becoss (Business Economic, Communication, and Social Sciences)*, Vol.2 No.1, 105-113.
- Wilandari, Y., Gunardi, & Effendie, A. (2021). Estimasi Cadangan Klaim Menggunakan Metode Deterministik dan Stokastik. *Statistika*, Vol. 9, No. 1, 56-63.
- Wuthrich, M. a. (2008). *Stochastic Claims Reserving Methods in Insurance*. England: John Wiley & Sons, Ltd.
- Yuliana, T. a. (2018). Comparison of chain-ladder, Bornhuetter-Ferguson, and Benktander-Hovinen methods for individual claims reserving. 25-28.
- Zaroudi, S., Faridrohani, M., Behzadi, M., & Safari-Katesari, H. (2022). Copula-based Modeling for IBNR Claim Loss Reserving. *Scientia Iranica*.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1

#### *Reported Claim Data*

| origin  | development | lag | claim     | premium    | customer<br>claim | customer<br>premium |
|---------|-------------|-----|-----------|------------|-------------------|---------------------|
| 2019 Q1 | 2019 Q1     | 0   | 594203700 | 2009602200 | 11791             | 60824               |
| 2019 Q1 | 2019 Q2     | 1   | 341356300 | 2009602200 | 6087              | 60824               |
| 2019 Q1 | 2019 Q3     | 2   | 82969400  | 2009602200 | 3995              | 60824               |
| 2019 Q1 | 2019 Q4     | 3   | 16987800  | 2009602200 | 3893              | 60824               |
| 2019 Q1 | 2020 Q1     | 4   | 79645700  | 2009602200 | 1817              | 60824               |
| 2019 Q1 | 2020 Q2     | 5   | 16987800  | 2009602200 | 1534              | 60824               |
| 2019 Q1 | 2020 Q3     | 6   | 4062300   | 2009602200 | 877               | 60824               |
| 2019 Q1 | 2020 Q4     | 7   | 5785700   | 2009602200 | 689               | 60824               |
| 2019 Q1 | 2021 Q1     | 8   | 6647400   | 2009602200 | 491               | 60824               |
| 2019 Q1 | 2021 Q2     | 9   | 12802400  | 2009602200 | 369               | 60824               |
| 2019 Q1 | 2021 Q3     | 10  | 52809900  | 2009602200 | 349               | 60824               |
| 2019 Q1 | 2021 Q4     | 11  | 8184400   | 2009602200 | 335               | 60824               |
| 2019 Q1 | 2022 Q1     | 12  | 4062300   | 2009602200 | 279               | 60824               |
| 2019 Q1 | 2022 Q2     | 13  | 6155000   | 2009602200 | 255               | 60824               |
| 2019 Q1 | 2022 Q3     | 14  | 4800900   | 2009602200 | 237               | 60824               |
| 2019 Q1 | 2022 Q4     | 15  | 246200    | 2009602200 | 19168             | 60824               |
| 2019 Q1 | 2023 Q1     | 16  | 123100    | 2009602200 | 96                | 60824               |
| 2019 Q1 | 2023 Q2     | 17  | 369300    | 2009602200 | 100               | 60824               |
| 2019 Q2 | 2019 Q2     | 0   | 877703000 | 2515093600 | 11097             | 63253               |
| 2019 Q2 | 2019 Q3     | 1   | 458178200 | 2515093600 | 6997              | 63253               |
| 2019 Q2 | 2019 Q4     | 2   | 70167000  | 2515093600 | 3855              | 63253               |
| 2019 Q2 | 2020 Q1     | 3   | 74106200  | 2515093600 | 3653              | 63253               |
| 2019 Q2 | 2020 Q2     | 4   | 36437600  | 2515093600 | 1715              | 63253               |
| 2019 Q2 | 2020 Q3     | 5   | 3200600   | 2515093600 | 1569              | 63253               |

|         |         |    |            |            |       |       |
|---------|---------|----|------------|------------|-------|-------|
| 2019 Q2 | 2020 Q4 | 6  | 4062300    | 2515093600 | 1016  | 63253 |
| 2019 Q2 | 2021 Q1 | 7  | 5785700    | 2515093600 | 672   | 63253 |
| 2019 Q2 | 2021 Q2 | 8  | 4185400    | 2515093600 | 61824 | 63253 |
| 2019 Q2 | 2021 Q3 | 9  | 4924000    | 2515093600 | 397   | 63253 |
| 2019 Q2 | 2021 Q4 | 10 | 984800     | 2515093600 | 363   | 63253 |
| 2019 Q2 | 2022 Q1 | 11 | 4800900    | 2515093600 | 323   | 63253 |
| 2019 Q2 | 2022 Q2 | 12 | 1231000    | 2515093600 | 289   | 63253 |
| 2019 Q2 | 2022 Q3 | 13 | 8247700    | 2515093600 | 278   | 63253 |
| 2019 Q2 | 2022 Q4 | 14 | 1846500    | 2515093600 | 221   | 63253 |
| 2019 Q2 | 2023 Q1 | 15 | 615500     | 2515093600 | 203   | 63253 |
| 2019 Q2 | 2023 Q2 | 16 | 369300     | 2515093600 | 148   | 63253 |
| 2019 Q3 | 2019 Q3 | 0  | 1137936400 | 2737695900 | 11292 | 61431 |
| 2019 Q3 | 2019 Q4 | 1  | 504217600  | 2737695900 | 6093  | 61431 |
| 2019 Q3 | 2020 Q1 | 2  | 51455800   | 2737695900 | 3929  | 61431 |
| 2019 Q3 | 2020 Q2 | 3  | 11694500   | 2737695900 | 3931  | 61431 |
| 2019 Q3 | 2020 Q3 | 4  | 5047100    | 2737695900 | 1856  | 61431 |
| 2019 Q3 | 2020 Q4 | 5  | 5908800    | 2737695900 | 1449  | 61431 |
| 2019 Q3 | 2021 Q1 | 6  | 4677800    | 2737695900 | 1089  | 61431 |
| 2019 Q3 | 2021 Q2 | 7  | 2585100    | 2737695900 | 689   | 61431 |
| 2019 Q3 | 2021 Q3 | 8  | 1354100    | 2737695900 | 491   | 61431 |
| 2019 Q3 | 2021 Q4 | 9  | 7139800    | 2737695900 | 369   | 61431 |
| 2019 Q3 | 2022 Q1 | 10 | 1846500    | 2737695900 | 349   | 61431 |
| 2019 Q3 | 2022 Q2 | 11 | 1600300    | 2737695900 | 335   | 61431 |
| 2019 Q3 | 2022 Q3 | 12 | 1600300    | 2737695900 | 279   | 61431 |
| 2019 Q3 | 2022 Q4 | 13 | 861700     | 2737695900 | 255   | 61431 |
| 2019 Q3 | 2023 Q1 | 14 | 246200     | 2737695900 | 237   | 61431 |
| 2019 Q3 | 2023 Q2 | 15 | 1600300    | 2737695900 | 19168 | 61431 |
| 2019 Q4 | 2019 Q4 | 0  | 1233338900 | 3055218900 | 10925 | 73516 |

|         |         |    |            |            |       |       |
|---------|---------|----|------------|------------|-------|-------|
| 2019 Q4 | 2020 Q1 | 1  | 517512400  | 3055218900 | 7694  | 73516 |
| 2019 Q4 | 2020 Q2 | 2  | 145258000  | 3055218900 | 3729  | 73516 |
| 2019 Q4 | 2020 Q3 | 3  | 21665600   | 3055218900 | 3677  | 73516 |
| 2019 Q4 | 2020 Q4 | 4  | 18834300   | 3055218900 | 1832  | 73516 |
| 2019 Q4 | 2021 Q1 | 5  | 23265900   | 3055218900 | 1609  | 73516 |
| 2019 Q4 | 2021 Q2 | 6  | 32744600   | 3055218900 | 929   | 73516 |
| 2019 Q4 | 2021 Q3 | 7  | 28682300   | 3055218900 | 769   | 73516 |
| 2019 Q4 | 2021 Q4 | 8  | 13664100   | 3055218900 | 449   | 73516 |
| 2019 Q4 | 2022 Q1 | 9  | 3446800    | 3055218900 | 363   | 73516 |
| 2019 Q4 | 2022 Q2 | 10 | 1107900    | 3055218900 | 348   | 73516 |
| 2019 Q4 | 2022 Q3 | 11 | 2092700    | 3055218900 | 328   | 73516 |
| 2019 Q4 | 2022 Q4 | 12 | 1477200    | 3055218900 | 287   | 73516 |
| 2019 Q4 | 2023 Q1 | 13 | 2092700    | 3055218900 | 249   | 73516 |
| 2019 Q4 | 2023 Q2 | 14 | 369300     | 3055218900 | 229   | 73516 |
| 2020 Q1 | 2020 Q1 | 0  | 1226814600 | 3309789700 | 11489 | 76104 |
| 2020 Q1 | 2020 Q2 | 1  | 570322300  | 3309789700 | 6926  | 76104 |
| 2020 Q1 | 2020 Q3 | 2  | 71644200   | 3309789700 | 3865  | 76104 |
| 2020 Q1 | 2020 Q4 | 3  | 30775000   | 3309789700 | 3852  | 76104 |
| 2020 Q1 | 2021 Q1 | 4  | 9232500    | 3309789700 | 2093  | 76104 |
| 2020 Q1 | 2021 Q2 | 5  | 3939200    | 3309789700 | 1574  | 76104 |
| 2020 Q1 | 2021 Q3 | 6  | 45300800   | 3309789700 | 927   | 76104 |
| 2020 Q1 | 2021 Q4 | 7  | 13294800   | 3309789700 | 773   | 76104 |
| 2020 Q1 | 2022 Q1 | 8  | 64381300   | 3309789700 | 529   | 76104 |
| 2020 Q1 | 2022 Q2 | 9  | 36437600   | 3309789700 | 356   | 76104 |
| 2020 Q1 | 2022 Q3 | 10 | 14525800   | 3309789700 | 332   | 76104 |
| 2020 Q1 | 2022 Q4 | 11 | 10709700   | 3309789700 | 320   | 76104 |
| 2020 Q1 | 2023 Q1 | 12 | 246200     | 3309789700 | 283   | 76104 |
| 2020 Q1 | 2023 Q2 | 13 | 19080500   | 3309789700 | 279   | 76104 |

|         |         |    |            |            |         |       |
|---------|---------|----|------------|------------|---------|-------|
| 2020 Q2 | 2020 Q2 | 0  | 1285287100 | 3412364200 | 1129736 | 73428 |
| 2020 Q2 | 2020 Q3 | 1  | 566506200  | 3412364200 | 7748    | 73428 |
| 2020 Q2 | 2020 Q4 | 2  | 65735400   | 3412364200 | 3763    | 73428 |
| 2020 Q2 | 2021 Q1 | 3  | 25481700   | 3412364200 | 3760    | 73428 |
| 2020 Q2 | 2021 Q2 | 4  | 17480200   | 3412364200 | 1609    | 73428 |
| 2020 Q2 | 2021 Q3 | 5  | 15756800   | 3412364200 | 1568    | 73428 |
| 2020 Q2 | 2021 Q4 | 6  | 4062300    | 3412364200 | 1089    | 73428 |
| 2020 Q2 | 2022 Q1 | 7  | 2462000    | 3412364200 | 949     | 73428 |
| 2020 Q2 | 2022 Q2 | 8  | 25112400   | 3412364200 | 613     | 73428 |
| 2020 Q2 | 2022 Q3 | 9  | 6770500    | 3412364200 | 396     | 73428 |
| 2020 Q2 | 2022 Q4 | 10 | 3693000    | 3412364200 | 369     | 73428 |
| 2020 Q2 | 2023 Q1 | 11 | 2215800    | 3412364200 | 357     | 73428 |
| 2020 Q2 | 2023 Q2 | 12 | 615500     | 3412364200 | 280     | 73428 |
| 2020 Q3 | 2020 Q3 | 0  | 1302151800 | 4011213500 | 11709   | 57214 |
| 2020 Q3 | 2020 Q4 | 1  | 625224900  | 4011213500 | 4948    | 57214 |
| 2020 Q3 | 2021 Q1 | 2  | 85554500   | 4011213500 | 4554    | 57214 |
| 2020 Q3 | 2021 Q2 | 3  | 44562200   | 4011213500 | 3949    | 57214 |
| 2020 Q3 | 2021 Q3 | 4  | 41115400   | 4011213500 | 2449    | 57214 |
| 2020 Q3 | 2021 Q4 | 5  | 29667100   | 4011213500 | 1926    | 57214 |
| 2020 Q3 | 2022 Q1 | 6  | 42223300   | 4011213500 | 1237    | 57214 |
| 2020 Q3 | 2022 Q2 | 7  | 1723400    | 4011213500 | 449     | 57214 |
| 2020 Q3 | 2022 Q3 | 8  | 1969600    | 4011213500 | 399     | 57214 |
| 2020 Q3 | 2022 Q4 | 9  | 1969600    | 4011213500 | 302     | 57214 |
| 2020 Q3 | 2023 Q1 | 10 | 1846500    | 4011213500 | 283     | 57214 |
| 2020 Q3 | 2023 Q2 | 11 | 861700     | 4011213500 | 243     | 57214 |
| 2020 Q4 | 2020 Q4 | 0  | 1380443400 | 4028570600 | 12348   | 51992 |
| 2020 Q4 | 2021 Q1 | 1  | 648490800  | 4028570600 | 6992    | 51992 |
| 2020 Q4 | 2021 Q2 | 2  | 88016500   | 4028570600 | 3902    | 51992 |

|         |         |    |            |            |       |       |
|---------|---------|----|------------|------------|-------|-------|
| 2020 Q4 | 2021 Q3 | 3  | 39515100   | 4028570600 | 3788  | 51992 |
| 2020 Q4 | 2021 Q4 | 4  | 101803700  | 4028570600 | 2315  | 51992 |
| 2020 Q4 | 2022 Q1 | 5  | 16618500   | 4028570600 | 1956  | 51992 |
| 2020 Q4 | 2022 Q2 | 6  | 3077500    | 4028570600 | 1706  | 51992 |
| 2020 Q4 | 2022 Q3 | 7  | 1846500    | 4028570600 | 443   | 51992 |
| 2020 Q4 | 2022 Q4 | 8  | 7139800    | 4028570600 | 432   | 51992 |
| 2020 Q4 | 2023 Q1 | 9  | 6770500    | 4028570600 | 253   | 51992 |
| 2020 Q4 | 2023 Q2 | 10 | 4677800    | 4028570600 | 229   | 51992 |
| 2021 Q1 | 2021 Q1 | 0  | 1408510200 | 4277393200 | 12738 | 62990 |
| 2021 Q1 | 2021 Q2 | 1  | 760634900  | 4477393200 | 9794  | 62990 |
| 2021 Q1 | 2021 Q3 | 2  | 103896400  | 4477393200 | 4770  | 62990 |
| 2021 Q1 | 2021 Q4 | 3  | 28066800   | 4477393200 | 3752  | 62990 |
| 2021 Q1 | 2022 Q1 | 4  | 23265900   | 4477393200 | 2409  | 62990 |
| 2021 Q1 | 2022 Q2 | 5  | 10217300   | 4477393200 | 2289  | 62990 |
| 2021 Q1 | 2022 Q3 | 6  | 184526900  | 4477393200 | 96548 | 62990 |
| 2021 Q1 | 2022 Q4 | 7  | 7139800    | 4477393200 | 409   | 62990 |
| 2021 Q1 | 2023 Q1 | 8  | 4431600    | 4477393200 | 329   | 62990 |
| 2021 Q1 | 2023 Q2 | 9  | 6031900    | 4477393200 | 192   | 62990 |
| 2021 Q2 | 2021 Q2 | 0  | 1442732000 | 4539066300 | 13559 | 59166 |
| 2021 Q2 | 2021 Q3 | 1  | 745862900  | 4539066300 | 6087  | 59166 |
| 2021 Q2 | 2021 Q4 | 2  | 107835600  | 4539066300 | 4833  | 59166 |
| 2021 Q2 | 2022 Q1 | 3  | 35083500   | 4539066300 | 3893  | 59166 |
| 2021 Q2 | 2022 Q2 | 4  | 19449800   | 4539066300 | 1817  | 59166 |
| 2021 Q2 | 2022 Q3 | 5  | 33237000   | 4539066300 | 1534  | 59166 |
| 2021 Q2 | 2022 Q4 | 6  | 74106200   | 4539066300 | 877   | 59166 |
| 2021 Q2 | 2023 Q1 | 7  | 23635200   | 4539066300 | 689   | 59166 |
| 2021 Q2 | 2023 Q2 | 8  | 4062300    | 4539066300 | 491   | 59166 |
| 2021 Q3 | 2021 Q3 | 0  | 1636368300 | 4793267800 | 12991 | 69516 |

|         |         |   |            |            |       |       |
|---------|---------|---|------------|------------|-------|-------|
| 2021 Q3 | 2021 Q4 | 1 | 910447600  | 4793267800 | 7287  | 69516 |
| 2021 Q3 | 2022 Q1 | 2 | 123961700  | 4793267800 | 3995  | 69516 |
| 2021 Q3 | 2022 Q2 | 3 | 91463300   | 4793267800 | 3893  | 69516 |
| 2021 Q3 | 2022 Q3 | 4 | 44192900   | 4793267800 | 1817  | 69516 |
| 2021 Q3 | 2022 Q4 | 5 | 31513600   | 4793267800 | 924   | 69516 |
| 2021 Q3 | 2023 Q1 | 6 | 41854000   | 4793267800 | 357   | 69516 |
| 2021 Q3 | 2023 Q2 | 7 | 19696000   | 4793267800 | 289   | 69516 |
| 2021 Q4 | 2021 Q4 | 0 | 1854255300 | 5183617900 | 13468 | 62770 |
| 2021 Q4 | 2022 Q1 | 1 | 966827400  | 5183617900 | 6492  | 62770 |
| 2021 Q4 | 2022 Q2 | 2 | 77060600   | 5183617900 | 4355  | 62770 |
| 2021 Q4 | 2022 Q3 | 3 | 60195900   | 5183617900 | 4293  | 62770 |
| 2021 Q4 | 2022 Q4 | 4 | 15264400   | 5183617900 | 2092  | 62770 |
| 2021 Q4 | 2023 Q1 | 5 | 9355600    | 5183617900 | 1409  | 62770 |
| 2021 Q4 | 2023 Q2 | 6 | 15756800   | 5183617900 | 1318  | 62770 |
| 2022 Q1 | 2022 Q1 | 0 | 2090976600 | 5024695800 | 12492 | 68063 |
| 2022 Q1 | 2022 Q2 | 1 | 858253200  | 5024695800 | 6892  | 68063 |
| 2022 Q1 | 2022 Q3 | 2 | 139349200  | 5024695800 | 3942  | 68063 |
| 2022 Q1 | 2022 Q4 | 3 | 37176200   | 5024695800 | 3805  | 68063 |
| 2022 Q1 | 2023 Q1 | 4 | 18957400   | 5024695800 | 1696  | 68063 |
| 2022 Q1 | 2023 Q2 | 5 | 68074300   | 5024695800 | 1590  | 68063 |
| 2022 Q2 | 2022 Q2 | 0 | 2053431100 | 5315458000 | 12249 | 74139 |
| 2022 Q2 | 2022 Q3 | 1 | 1007696600 | 5315458000 | 7764  | 74139 |
| 2022 Q2 | 2022 Q4 | 2 | 123592400  | 5315458000 | 3993  | 74139 |
| 2022 Q2 | 2023 Q1 | 3 | 72875200   | 5315458000 | 3573  | 74139 |
| 2022 Q2 | 2023 Q2 | 4 | 58841800   | 5315458000 | 2049  | 74139 |
| 2022 Q3 | 2022 Q3 | 0 | 2165944500 | 5793209100 | 11929 | 68055 |
| 2022 Q3 | 2022 Q4 | 1 | 930266700  | 5793209100 | 7468  | 68055 |
| 2022 Q3 | 2023 Q1 | 2 | 121622800  | 5793209100 | 3888  | 68055 |

|         |         |   |            |            |         |       |
|---------|---------|---|------------|------------|---------|-------|
| 2022 Q3 | 2023 Q2 | 3 | 116945000  | 5793209100 | 3812    | 68055 |
| 2022 Q4 | 2022 Q4 | 0 | 2036935700 | 5961486800 | 12169   | 62994 |
| 2022 Q4 | 2023 Q1 | 1 | 1089311900 | 5961486800 | 6513    | 62994 |
| 2022 Q4 | 2023 Q2 | 2 | 136641000  | 5961486800 | 3769    | 62994 |
| 2023 Q1 | 2023 Q1 | 0 | 1901771900 | 6470751500 | 1179928 | 78458 |
| 2023 Q1 | 2023 Q2 | 1 | 892844300  | 6470751500 | 7451    | 78458 |
| 2023 Q2 | 2023 Q2 | 0 | 2221093300 | 6490816800 | 12546   | 82727 |

## Lampiran 2

### Transformation Data

| origin | development | lag | claim      | premium    |
|--------|-------------|-----|------------|------------|
| 1      | 1           | 1   | 594203700  | 2009602200 |
| 1      | 2           | 2   | 935560000  | 2009602200 |
| 1      | 3           | 3   | 1018529400 | 2009602200 |
| 1      | 4           | 4   | 1035517200 | 2009602200 |
| 1      | 5           | 5   | 1115162900 | 2009602200 |
| 1      | 6           | 6   | 1132150700 | 2009602200 |
| 1      | 7           | 7   | 1136213000 | 2009602200 |
| 1      | 8           | 8   | 1141998700 | 2009602200 |
| 1      | 9           | 9   | 1148646100 | 2009602200 |
| 1      | 10          | 10  | 1161448500 | 2009602200 |
| 1      | 11          | 11  | 1214258400 | 2009602200 |
| 1      | 12          | 12  | 1222442800 | 2009602200 |
| 1      | 13          | 13  | 1226505100 | 2009602200 |
| 1      | 14          | 14  | 1232660100 | 2009602200 |
| 1      | 15          | 15  | 1237461000 | 2009602200 |
| 1      | 16          | 16  | 1237707200 | 2009602200 |
| 1      | 17          | 17  | 1237830300 | 2009602200 |
| 1      | 18          | 18  | 1238199600 | 2009602200 |

|   |    |    |            |            |
|---|----|----|------------|------------|
| 2 | 2  | 1  | 877703000  | 2515093600 |
| 2 | 3  | 2  | 1335881200 | 2515093600 |
| 2 | 4  | 3  | 1406048200 | 2515093600 |
| 2 | 5  | 4  | 1480154400 | 2515093600 |
| 2 | 6  | 5  | 1516592000 | 2515093600 |
| 2 | 7  | 6  | 1519792600 | 2515093600 |
| 2 | 8  | 7  | 1523854900 | 2515093600 |
| 2 | 9  | 8  | 1529640600 | 2515093600 |
| 2 | 10 | 9  | 1533826000 | 2515093600 |
| 2 | 11 | 10 | 1538750000 | 2515093600 |
| 2 | 12 | 11 | 1539734800 | 2515093600 |
| 2 | 13 | 12 | 1544535700 | 2515093600 |
| 2 | 14 | 13 | 1545766700 | 2515093600 |
| 2 | 15 | 14 | 1554014400 | 2515093600 |
| 2 | 16 | 15 | 1555860900 | 2515093600 |
| 2 | 17 | 16 | 1556476400 | 2515093600 |
| 2 | 18 | 17 | 1556845700 | 2515093600 |
| 3 | 3  | 1  | 1137936400 | 2737695900 |
| 3 | 4  | 2  | 1642154000 | 2737695900 |
| 3 | 5  | 3  | 1693609800 | 2737695900 |
| 3 | 6  | 4  | 1705304300 | 2737695900 |
| 3 | 7  | 5  | 1710351400 | 2737695900 |
| 3 | 8  | 6  | 1716260200 | 2737695900 |
| 3 | 9  | 7  | 1720938000 | 2737695900 |
| 3 | 10 | 8  | 1723523100 | 2737695900 |
| 3 | 11 | 9  | 1724877200 | 2737695900 |
| 3 | 12 | 10 | 1732017000 | 2737695900 |
| 3 | 13 | 11 | 1733863500 | 2737695900 |

|   |    |    |            |            |
|---|----|----|------------|------------|
| 3 | 14 | 12 | 1735463800 | 2737695900 |
| 3 | 15 | 13 | 1737064100 | 2737695900 |
| 3 | 16 | 14 | 1737925800 | 2737695900 |
| 3 | 17 | 15 | 1738172000 | 2737695900 |
| 3 | 18 | 16 | 1739772300 | 2737695900 |
| 4 | 4  | 1  | 1233338900 | 3055218900 |
| 4 | 5  | 2  | 1750851300 | 3055218900 |
| 4 | 6  | 3  | 1896109300 | 3055218900 |
| 4 | 7  | 4  | 1917774900 | 3055218900 |
| 4 | 8  | 5  | 1936609200 | 3055218900 |
| 4 | 9  | 6  | 1959875100 | 3055218900 |
| 4 | 10 | 7  | 1992619700 | 3055218900 |
| 4 | 11 | 8  | 2021302000 | 3055218900 |
| 4 | 12 | 9  | 2034966100 | 3055218900 |
| 4 | 13 | 10 | 2038412900 | 3055218900 |
| 4 | 14 | 11 | 2039520800 | 3055218900 |
| 4 | 15 | 12 | 2041613500 | 3055218900 |
| 4 | 16 | 13 | 2043090700 | 3055218900 |
| 4 | 17 | 14 | 2045183400 | 3055218900 |
| 4 | 18 | 15 | 2045552700 | 3055218900 |
| 5 | 5  | 1  | 1226814600 | 3309789700 |
| 5 | 6  | 2  | 1797136900 | 3309789700 |
| 5 | 7  | 3  | 1868781100 | 3309789700 |
| 5 | 8  | 4  | 1899556100 | 3309789700 |
| 5 | 9  | 5  | 1908788600 | 3309789700 |
| 5 | 10 | 6  | 1912727800 | 3309789700 |
| 5 | 11 | 7  | 1958028600 | 3309789700 |
| 5 | 12 | 8  | 1971323400 | 3309789700 |

|   |    |    |            |            |
|---|----|----|------------|------------|
| 5 | 13 | 9  | 2035704700 | 3309789700 |
| 5 | 14 | 10 | 2072142300 | 3309789700 |
| 5 | 15 | 11 | 2086668100 | 3309789700 |
| 5 | 16 | 12 | 2097377800 | 3309789700 |
| 5 | 17 | 13 | 2097624000 | 3309789700 |
| 5 | 18 | 14 | 2116704500 | 3309789700 |
| 6 | 6  | 1  | 1285287100 | 3412364200 |
| 6 | 7  | 2  | 1851793300 | 3412364200 |
| 6 | 8  | 3  | 1917528700 | 3412364200 |
| 6 | 9  | 4  | 1943010400 | 3412364200 |
| 6 | 10 | 5  | 1960490600 | 3412364200 |
| 6 | 11 | 6  | 1976247400 | 3412364200 |
| 6 | 12 | 7  | 1980309700 | 3412364200 |
| 6 | 13 | 8  | 1982771700 | 3412364200 |
| 6 | 14 | 9  | 2007884100 | 3412364200 |
| 6 | 15 | 10 | 2014654600 | 3412364200 |
| 6 | 16 | 11 | 2018347600 | 3412364200 |
| 6 | 17 | 12 | 2020563400 | 3412364200 |
| 6 | 18 | 13 | 2021178900 | 3412364200 |
| 7 | 7  | 1  | 1302151800 | 4011213500 |
| 7 | 8  | 2  | 1927376700 | 4011213500 |
| 7 | 9  | 3  | 2012931200 | 4011213500 |
| 7 | 10 | 4  | 2057493400 | 4011213500 |
| 7 | 11 | 5  | 2098608800 | 4011213500 |
| 7 | 12 | 6  | 2128275900 | 4011213500 |
| 7 | 13 | 7  | 2170499200 | 4011213500 |
| 7 | 14 | 8  | 2172222600 | 4011213500 |
| 7 | 15 | 9  | 2174192200 | 4011213500 |

|    |    |    |            |            |
|----|----|----|------------|------------|
| 7  | 16 | 10 | 2176161800 | 4011213500 |
| 7  | 17 | 11 | 2178008300 | 4011213500 |
| 7  | 18 | 12 | 2178870000 | 4011213500 |
| 8  | 8  | 1  | 1380443400 | 4028570600 |
| 8  | 9  | 2  | 2028934200 | 4028570600 |
| 8  | 10 | 3  | 2116950700 | 4028570600 |
| 8  | 11 | 4  | 2156465800 | 4028570600 |
| 8  | 12 | 5  | 2258269500 | 4028570600 |
| 8  | 13 | 6  | 2274888000 | 4028570600 |
| 8  | 14 | 7  | 2277965500 | 4028570600 |
| 8  | 15 | 8  | 2279812000 | 4028570600 |
| 8  | 16 | 9  | 2286951800 | 4028570600 |
| 8  | 17 | 10 | 2293722300 | 4028570600 |
| 8  | 18 | 11 | 2298400100 | 4028570600 |
| 9  | 9  | 1  | 1408510200 | 4277393200 |
| 9  | 10 | 2  | 2169145100 | 4477393200 |
| 9  | 11 | 3  | 2273041500 | 4477393200 |
| 9  | 12 | 4  | 2301108300 | 4477393200 |
| 9  | 13 | 5  | 2324374200 | 4477393200 |
| 9  | 14 | 6  | 2334591500 | 4477393200 |
| 9  | 15 | 7  | 2519118400 | 4477393200 |
| 9  | 16 | 8  | 2526258200 | 4477393200 |
| 9  | 17 | 9  | 2530689800 | 4477393200 |
| 9  | 18 | 10 | 2536721700 | 4477393200 |
| 10 | 10 | 1  | 1442732000 | 4539066300 |
| 10 | 11 | 2  | 2188594900 | 4539066300 |
| 10 | 12 | 3  | 2296430500 | 4539066300 |
| 10 | 13 | 4  | 2331514000 | 4539066300 |

|    |    |   |            |            |
|----|----|---|------------|------------|
| 10 | 14 | 5 | 2350963800 | 4539066300 |
| 10 | 15 | 6 | 2384200800 | 4539066300 |
| 10 | 16 | 7 | 2458307000 | 4539066300 |
| 10 | 17 | 8 | 2481942200 | 4539066300 |
| 10 | 18 | 9 | 2486004500 | 4539066300 |
| 11 | 11 | 1 | 1636368300 | 4793267800 |
| 11 | 12 | 2 | 2546815900 | 4793267800 |
| 11 | 13 | 3 | 2670777600 | 4793267800 |
| 11 | 14 | 4 | 2762240900 | 4793267800 |
| 11 | 15 | 5 | 2806433800 | 4793267800 |
| 11 | 16 | 6 | 2837947400 | 4793267800 |
| 11 | 17 | 7 | 2879801400 | 4793267800 |
| 11 | 18 | 8 | 2899497400 | 4793267800 |
| 12 | 12 | 1 | 1854255300 | 5183617900 |
| 12 | 13 | 2 | 2821082700 | 5183617900 |
| 12 | 14 | 3 | 2898143300 | 5183617900 |
| 12 | 15 | 4 | 2958339200 | 5183617900 |
| 12 | 16 | 5 | 2973603600 | 5183617900 |
| 12 | 17 | 6 | 2982959200 | 5183617900 |
| 12 | 18 | 7 | 2998716000 | 5183617900 |
| 13 | 13 | 1 | 2090976600 | 5024695800 |
| 13 | 14 | 2 | 2949229800 | 5024695800 |
| 13 | 15 | 3 | 3088579000 | 5024695800 |
| 13 | 16 | 4 | 3125755200 | 5024695800 |
| 13 | 17 | 5 | 3144712600 | 5024695800 |
| 13 | 18 | 6 | 3212786900 | 5024695800 |
| 14 | 14 | 1 | 2053431100 | 5315458000 |
| 14 | 15 | 2 | 3061127700 | 5315458000 |

|    |    |   |            |            |
|----|----|---|------------|------------|
| 14 | 16 | 3 | 3184720100 | 5315458000 |
| 14 | 17 | 4 | 3257595300 | 5315458000 |
| 14 | 18 | 5 | 3316437100 | 5315458000 |
| 15 | 15 | 1 | 2165944500 | 5793209100 |
| 15 | 16 | 2 | 3096211200 | 5793209100 |
| 15 | 17 | 3 | 3217834000 | 5793209100 |
| 15 | 18 | 4 | 3334779000 | 5793209100 |
| 16 | 16 | 1 | 2036935700 | 5961486800 |
| 16 | 17 | 2 | 3126247600 | 5961486800 |
| 16 | 18 | 3 | 3262888600 | 5961486800 |
| 17 | 17 | 1 | 1901771900 | 6470751500 |
| 17 | 18 | 2 | 2794616200 | 6470751500 |
| 18 | 18 | 1 | 2221093300 | 6490816800 |

### Lampiran 3

#### Syntax Python

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import seaborn as sns
%matplotlib inline

df = pd.read_excel('Data_Fix_TA.xlsx')
print(df)

# Menghapus kolom "customer_claim" dan "customer_premium" dari DataFrame
df = df.drop(columns=["customer claim", "customer premium"])

# Menampilkan DataFrame yang telah diperbarui

```

```
print(df)
df.info()

# Buat kamus pemetaan dari teks ke nilai numerik
pemetaan_origin = {
    "2019 Q1": 1, "2019 Q2": 2, "2019 Q3": 3, "2019 Q4": 4,
    "2020 Q1": 5, "2020 Q2": 6, "2020 Q3": 7, "2020 Q4": 8,
    "2021 Q1": 9, "2021 Q2": 10, "2021 Q3": 11, "2021 Q4": 12,
    "2022 Q1": 13, "2022 Q2": 14, "2022 Q3": 15, "2022 Q4": 16,
    "2023 Q1": 17, "2023 Q2": 18,
}

pemetaan_dev = {
    "2019 Q1": 1, "2019 Q2": 2, "2019 Q3": 3, "2019 Q4": 4,
    "2020 Q1": 5, "2020 Q2": 6, "2020 Q3": 7, "2020 Q4": 8,
    "2021 Q1": 9, "2021 Q2": 10, "2021 Q3": 11, "2021 Q4": 12,
    "2022 Q1": 13, "2022 Q2": 14, "2022 Q3": 15, "2022 Q4": 16,
    "2023 Q1": 17, "2023 Q2": 18,
}

# Gunakan metode map untuk mengganti nilai dalam kolom "origin"
df['origin'] = df['origin'].map(pemetaan_origin)
# Gunakan metode map untuk mengganti nilai dalam kolom "development"
df['development'] = df['development'].map(pemetaan_dev)

# Menampilkan DataFrame sebelum perubahan
print("DataFrame Sebelum Perubahan:")
print(df)
# Mengubah klaim inkremental menjadi kumulatif
df["claim"] = df.groupby("origin")["claim"].cumsum()
# Menampilkan DataFrame setelah perubahan
```

```

print("\nDataFrame Setelah Perubahan:")
print(df)

# Menampilkan DataFrame sebelum perubahan
print("DataFrame Sebelum Perubahan:")
print(df)
# Mengubah nilai lag
df["lag"] = df["lag"] + 1
# Menampilkan DataFrame setelah perubahan
print("\nDataFrame Setelah Perubahan:")
print(df)

# Menentukan ukuran matriks segitiga run-off
max_origin = df["origin"].max() - df["origin"].min() + 1
max_dev = df["lag"].max()
# Membuat matriks segitiga run-off dengan nilai NaN
cumulative_triangle_matrix = np.full((max_origin, max_dev), np.nan)
# Mengisi matriks segitiga run-off dengan data klaim
for index, row in df.iterrows():
    origin = row["origin"] - df["origin"].min()
    dev = row["lag"] - 1
    cumulative_triangle_matrix[origin, dev] = row["claim"]
# Menampilkan matriks segitiga run-off kumulatif sebelum perubahan
print("Matriks Segitiga Run-Off Kumulatif Sebelum Perubahan:")
print(cumulative_triangle_matrix)

# Matriks segitiga run-off kumulatif yang ingin divisualisasikan
matrix_to_visualize = cumulative_triangle_matrix
# Membuat plot heatmap menggunakan Seaborn
plt.figure(figsize=(30, 10)) # Atur ukuran gambar sesuai kebutuhan

```

```

sns.set(font_scale=1) # Skala font sesuai kebutuhan
# Membuat heatmap
sns.heatmap(matrix_to_visualize, annot=True, cmap="YlGnBu", fmt=".2f", cbar=True)
# Menambahkan label sumbu x dan y
plt.xlabel("Development Lag")
plt.ylabel("Origin Year")
# Memberikan judul plot
plt.title("Heatmap Matriks Segitiga Run-Off Kumulatif Sebelum Perubahan")
# Menampilkan plot
plt.show()

# Membuat DataFrame baru dari matriks
claim_data = []
for i in range(cumulative_triangle_matrix.shape[0]):
    for j in range(cumulative_triangle_matrix.shape[1]):
        origin = i + 1 # Atur sesuai dengan nilai origin yang sesuai
        lag = j + 1 # Atur sesuai dengan nilai lag yang sesuai
        claim = cumulative_triangle_matrix[i, j]
        if not np.isnan(claim):
            claim_data.append([origin, lag, claim])
new_df = pd.DataFrame(claim_data, columns=["origin", "lag", "claim"])
# Menampilkan DataFrame baru
print(new_df)

# Menghitung total nilai klaim pada setiap periode development yang sama
total_claim_by_dev = new_df.groupby("lag")["claim"].sum()
# Menghitung nilai selisih antara total_claim_by_dev dengan nilai klaim pada origin
terakhir di setiap n development
last_origin_claim = new_df.groupby("lag")["claim"].last()
claim_difference = total_claim_by_dev - last_origin_claim

```

```

# Membuat DataFrame baru dengan nilai total_claim_by_dev dan selisih
result_data = {
    "development": total_claim_by_dev.index,
    "total_claim_by_dev": total_claim_by_dev.values,
    "claim_difference": claim_difference.values
}
result_df = pd.DataFrame(result_data)
# Menampilkan DataFrame baru
print(result_df)

# Menghitung LDF (Loss Development Factor)
ldf_values = []
for dev in range(1, len(result_df)):
    ldf = result_df["total_claim_by_dev"].iloc[dev] /
result_df["claim_difference"].iloc[dev - 1]
    ldf_values.append(ldf)
# Menambahkan nilai LDF untuk development terakhir yang memiliki nilai 1
ldf_values.append(1.0)
# Menambahkan kolom LDF ke DataFrame
result_df["LDF"] = ldf_values
# Menampilkan DataFrame dengan LDF
print(result_df)

# Definisikan nilai LDF untuk setiap periode development
ldf = result_df["LDF"]
# Membuat matriks baru cumulative_triangle_matrix_chain_ladder
cumulative_triangle_matrix_chain_ladder = np.copy(cumulative_triangle_matrix)
# Loop untuk mengganti nilai NaN dengan perkalian nilai LDF pada n-1 dengan klaim
development-1
for i in range(max_origin):

```

```

for j in range(max_dev):
    if np.isnan(cumulative_triangle_matrix_chain_ladder[i, j]):
        if j == 0:
            cumulative_triangle_matrix_chain_ladder[i, j] = 0 # Jika development
            pertama, kita set nilai NaN menjadi 0
        else:
            cumulative_triangle_matrix_chain_ladder[i, j]=
            cumulative_triangle_matrix_chain_ladder[i, j - 1] * ldf_values[j - 1]
# Menampilkan matriks segitiga run-off kumulatif setelah perubahan
print("Matriks Segitiga Run-Off Kumulatif Setelah Perubahan:")
print(cumulative_triangle_matrix_chain_ladder)

# Matriks segitiga run-off kumulatif chain ladder yang ingin divisualisasikan
matrix_to_visualize = cumulative_triangle_matrix_chain_ladder
# Membuat plot heatmap menggunakan Seaborn
plt.figure(figsize=(40, 9)) # Atur ukuran gambar sesuai kebutuhan
sns.set(font_scale=1) # Skala font sesuai kebutuhan
# Membuat heatmap
sns.heatmap(matrix_to_visualize, annot=True, cmap="YlGnBu", fmt=".2f", cbar=True)
# Menambahkan label sumbu x dan y
plt.xlabel("Development Lag")
plt.ylabel("Origin Year")
# Memberikan judul plot
plt.title("Heatmap Matriks Segitiga Run-Off Kumulatif Sebelum Perubahan")
# Menampilkan plot
plt.show()

# Mengambil nilai pada kolom terakhir
last_column_values = cumulative_triangle_matrix_chain_ladder[:, -1]
# Mengambil data diagonal dari kolom terakhir ke kolom awal

```

```

diagonal_data = [cumulative_triangle_matrix[i, -1 - i] for i in
range(min(cumulative_triangle_matrix.shape[0],
cumulative_triangle_matrix.shape[1]))]
# Menghitung perbedaan antara kolom terakhir dan diagonal
difference = last_column_values - diagonal_data

# Menambahkan semua data yang berada di kolom "Perbedaan_Last_Diagonal"
total_difference = difference.sum()
# Membuat DataFrame baru untuk data diagonal, kolom terakhir, dan perbedaannya
result_CL = pd.DataFrame({"Diagonal_Data": diagonal_data, "Last_Column":
last_column_values, "Perbedaan_Last_Diagonal": difference})
# Menampilkan DataFrame baru
print("\nDataFrame Baru:")
print(result_CL)
# Menampilkan total semua data di kolom "Perbedaan_Last_Diagonal"
print("\nTotal Estimasi IBNR Chain-Ladder:", total_difference)
# Menginisialisasi daftar untuk menyimpan nilai CDF

cdfs = []
# Menghitung CDF 1
cdf = np.prod(ldf_values)
cdfs.append(cdf)
# Menghitung CDF ke n
for n in range(1, len(ldf_values)):
    cdf = np.prod(ldf_values[n:])
    cdfs.append(cdf)
# Menambahkan kolom CDF ke DataFrame result_df
result_df["CDF"] = cdfs
# Menampilkan DataFrame yang telah diperbarui
print(result_df)

```

```
# Menghitung Beta (1 / CDF)
betas = [1 / cdf for cdf in cdfs]
# Menambahkan kolom Beta ke DataFrame result_df
result_df["Beta"] = betas
# Menampilkan DataFrame yang telah diperbarui
print(result_df)

# Membuat DataFrame dari data
premi_df = pd.DataFrame(df)
# Periode awal
periode_awal = 2005
periode_akhir = 2023
# Inisialisasi daftar untuk menyimpan nilai premi
premi_values = []
# Menghitung nilai premi untuk setiap periode hingga periode 2005
for periode in range(periode_awal, periode_akhir + 1):
    premi = premi_df[premi_df["origin"] == periode]["premium"].iloc[0]
    premi_values.append(premi)
# Menambahkan kolom "premi" ke dalam result_df
result_df["premi"] = premi_values
# Menampilkan DataFrame yang telah diperbarui
print(result_df)

# Menemukan premi pada lag terakhir di periode origin pertama
premium_origin_first_year = result_df["premi"].iloc[0]
# Menemukan total klaim pada periode origin pertama (development = 19)
total_claim_origin_first_year = result_df["total_claim_by_dev"].iloc[18]
# Menghitung Loss Ratio
loss_ratio = total_claim_origin_first_year / premium_origin_first_year
```

```

# Menampilkan Loss Ratio
print("Loss Ratio pada Periode Origin Pertama:", loss_ratio)

# Mendapatkan data Beta dan premi dari result_df
betas = result_df["Beta"].tolist()
premi_values = result_df["premi"].tolist()

# Membuat matriks baru cumulative_triangle_matrix_bornhuetter_ferguson
cumulative_triangle_matrix_bornhuetter_ferguson =
np.copy(cumulative_triangle_matrix)

# Loop untuk mengganti nilai NaN dengan rumus Bornhuetter-Ferguson
for i in range(max_origin):
    for j in range(max_dev):
        if np.isnan(cumulative_triangle_matrix_bornhuetter_ferguson[i, j]):
            if j == 0:
                cumulative_triangle_matrix_bornhuetter_ferguson[i, j] = 0 # Jika
development pertama, kita set nilai NaN menjadi 0
            else:
                cumulative_triangle_matrix_bornhuetter_ferguson[i, j] =
cumulative_triangle_matrix_bornhuetter_ferguson[i, j - 1] + (betas[j] - betas[j - 1]) *
loss_ratio * premi_values[i]

# Menampilkan matriks segitiga run-off kumulatif dengan Bornhuetter-Ferguson
print("Matriks Segitiga Run-Off Kumulatif Bornhuetter-Ferguson:")
print(cumulative_triangle_matrix_bornhuetter_ferguson)

# Matriks segitiga run-off kumulatif bornhuetter-ferguson yang ingin divisualisasikan
matrix_to_visualize = cumulative_triangle_matrix_bornhuetter_ferguson
# Membuat plot heatmap menggunakan Seaborn
plt.figure(figsize=(40, 9)) # Atur ukuran gambar sesuai kebutuhan
sns.set(font_scale=1) # Skala font sesuai kebutuhan

```

```

# Membuat heatmap
sns.heatmap(matrix_to_visualize, annot=True, cmap="YlGnBu", fmt=".2f", cbar=True)
# Menambahkan label sumbu x dan y
plt.xlabel("Development Lag")
plt.ylabel("Origin Year")

# Memberikan judul plot
plt.title("Heatmap Matriks Segitiga Run-Off Kumulatif Sebelum Perubahan")
# Menampilkan plot
plt.show()

# Mengambil nilai pada kolom terakhir
last_column_values = cumulative_triangle_matrix_bornhuetter_ferguson[:, -1]
# Mengambil data diagonal dari kolom terakhir ke kolom awal
diagonal_data = [cumulative_triangle_matrix[i, -1 - i] for i in
range(min(cumulative_triangle_matrix.shape[0],
cumulative_triangle_matrix.shape[1]))]
# Menghitung perbedaan antara kolom terakhir dan diagonal
difference = last_column_values - diagonal_data
# Menambahkan semua data yang berada di kolom "Perbedaan_Last_Diagonal"
total_difference = difference.sum()
# Membuat DataFrame baru untuk data diagonal, kolom terakhir, dan perbedaannya
result_BF = pd.DataFrame({"Diagonal_Data": diagonal_data, "Last_Column":
last_column_values, "Perbedaan_Last_Diagonal": difference})
# Menampilkan DataFrame baru
print("\nDataFrame Baru:")
print(result_BF)

# Menampilkan total semua data di kolom "Perbedaan_Last_Diagonal"
print("\nTotal Estimasi IBNR Bornhuetter-Ferguson:", total_difference)

```

```

# Mendapatkan data Beta dan premi dari result_df
betas = result_df["Beta"].tolist()
estimasi_BF = result_BF["Last_Column"].tolist()
# Membuat matriks baru cumulative_triangle_matrix_benktander_hovinen
cumulative_triangle_matrix_benktander_hovinen =
np.copy(cumulative_triangle_matrix)

# Loop untuk mengganti nilai NaN dengan rumus Benktander_Hovinen
for i in range(max_origin):
    for j in range(max_dev):
        if np.isnan(cumulative_triangle_matrix_benktander_hovinen[i, j]):
            if j == 0:
                cumulative_triangle_matrix_benktander_hovinen[i, j] = 0 # Jika development
                pertama, kita set nilai NaN menjadi 0
            else:
                loss_ratio = cumulative_triangle_matrix_benktander_hovinen[i, j - 1] /
                premi_values[i]
                cumulative_triangle_matrix_benktander_hovinen[i, j] =
                cumulative_triangle_matrix_benktander_hovinen[i, j - 1] + (betas[j] - betas[j - 1]) *
                estimasi_BF[i]
# Menampilkan matriks segitiga run-off kumulatif dengan Benktander-Hovinen
print("Matriks Segitiga Run-Off Kumulatif Benktander_Hovinen:")
print(cumulative_triangle_matrix_benktander_hovinen)

# Matriks segitiga run-off kumulatif yang ingin divisualisasikan
matrix_to_visualize = cumulative_triangle_matrix_benktander_hovinen
# Membuat plot heatmap menggunakan Seaborn
plt.figure(figsize=(40, 15)) # Atur ukuran gambar sesuai kebutuhan
sns.set(font_scale=1) # Skala font sesuai kebutuhan
# Membuat heatmap

```

```

sns.heatmap(matrix_to_visualize, annot=True, cmap="YlGnBu", fmt=".2f", cbar=True)
# Menambahkan label sumbu x dan y
plt.xlabel("Development Lag")
plt.ylabel("Origin Year")
# Memberikan judul plot
plt.title("Heatmap Matriks Segitiga Run-Off Kumulatif Benktander-Hovinen")
# Menampilkan plot
plt.show()

# Mengambil nilai pada kolom terakhir
last_column_values = cumulative_triangle_matrix_benktander_hovinen[:, -1]
# Mengambil data diagonal dari kolom terakhir ke kolom awal
diagonal_data = [cumulative_triangle_matrix[i, -1 - i] for i in
range(min(cumulative_triangle_matrix.shape[0],
cumulative_triangle_matrix.shape[1]))]
# Menghitung perbedaan antara kolom terakhir dan diagonal
difference = last_column_values - diagonal_data
# Menambahkan semua data yang berada di kolom "Perbedaan_Last_Diagonal"
total_difference = difference.sum()
# Membuat DataFrame baru untuk data diagonal, kolom terakhir, dan perbedaannya
result_BH = pd.DataFrame({"Diagonal_Data": diagonal_data, "Last_Column":
last_column_values, "Perbedaan_Last_Diagonal": difference})
# Menampilkan DataFrame baru
print("\nDataFrame Baru:")
print(result_BH)
# Menampilkan total semua data di kolom "Perbedaan_Last_Diagonal"
print("\nTotal Estimasi IBNR Benktander-Hovinen:", total_difference)

# Membuat salinan dari matriks segitiga run-off CL_train
triangle_matrix_CL_train = np.copy(cumulative_triangle_matrix)

```

```

# Loop untuk mengganti nilai klaim untuk lag ke-2 dan seterusnya
for origin in range(max_origin):
    for dev in range(1, max_dev): # Dimulai dari dev = 1 karena dev = 0 sudah tidak
    diubah
        if not np.isnan(triangle_matrix_CL_train[origin, dev]): # Hanya isi jika bukan
        NaN
            triangle_matrix_CL_train[origin, dev] = triangle_matrix_CL_train[origin, dev -
            1] * ldf_values[dev - 1]
# Menampilkan matriks segitiga run-off CL_train
print("Matriks Segitiga Run-Off Chain-Ladder Train:")
print(triangle_matrix_CL_train)

plt.figure(figsize=(40, 15)) # Ukuran gambar
sns.heatmap(triangle_matrix_CL_train, annot=True, cmap="YlGnBu", fmt=".2f")
plt.xlabel("Lag") # Label sumbu x
plt.ylabel("Origin") # Label sumbu y
plt.title("Matriks Segitiga Run-Off Chain-Ladder Train") # Judul plot
plt.show() # Menampilkan plot

# Membuat salinan dari matriks segitiga run-off BF_train
triangle_matrix_BF_train = np.copy(cumulative_triangle_matrix)
# Loop untuk mengganti nilai klaim untuk lag ke-2 dan seterusnya
for origin in range(max_origin):
    for dev in range(1, max_dev): # Dimulai dari dev = 1 karena dev = 0 sudah tidak
    diubah
        if not np.isnan(triangle_matrix_BF_train[origin, dev]): # Hanya isi jika bukan
        NaN
            triangle_matrix_BF_train[origin, dev] = triangle_matrix_BF_train[origin, dev
            - 1] + (betas[dev] - betas[dev - 1]) * loss_ratio * premi_values[origin]
# Menampilkan matriks segitiga run-off BF_train

```

```

print("Matriks Segitiga Run-Off Bornhuetter-Ferguson Train:")
print(triangle_matrix_BF_train)

plt.figure(figsize=(40, 15)) # Ukuran gambar
sns.heatmap(triangle_matrix_BF_train, annot=True, cmap="YlGnBu", fmt=".2f")
plt.xlabel("Lag") # Label sumbu x
plt.ylabel("Origin") # Label sumbu y
plt.title("Matriks Segitiga Run-Off Bornhuetter-Ferguson Train") # Judul plot
plt.show() # Menampilkan plot

# Membuat salinan dari matriks segitiga run-off BH_train
triangle_matrix_BH_train = np.copy(cumulative_triangle_matrix)
# Loop untuk mengganti nilai klaim untuk lag ke-2 dan seterusnya
for origin in range(max_origin):
    for dev in range(1, max_dev): # Dimulai dari dev = 1 karena dev = 0 sudah tidak
        diubah
            if not np.isnan(triangle_matrix_BH_train[origin, dev]): # Hanya isi jika bukan
                NaN
                triangle_matrix_BH_train[origin, dev] = triangle_matrix_BH_train[origin,
                    dev - 1] + (betas[dev] - betas[dev - 1]) * estimasi_BF[origin]
# Menampilkan matriks segitiga run-off BH_train
print("Matriks Segitiga Run-Off Benktander-Hovinen Train:")
print(triangle_matrix_BH_train)

plt.figure(figsize=(40, 15)) # Ukuran gambar
sns.heatmap(triangle_matrix_BH_train, annot=True, cmap="YlGnBu", fmt=".2f")
plt.xlabel("Lag") # Label sumbu x
plt.ylabel("Origin") # Label sumbu y
plt.title("Matriks Segitiga Run-Off Benktander-Hovinen Train") # Judul plot
plt.show() # Menampilkan plot

```

```

from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_absolute_percentage_error

# Mengganti NaN dengan 0 agar dapat menghitung MAE
# Mengambil data diagonal dari kolom terakhir ke kolom awal
actual_diagonal = [cumulative_triangle_matrix[i, -1 - i] for i in
range(min(cumulative_triangle_matrix.shape[0],
cumulative_triangle_matrix.shape[1]))]
CL_diagonal = [triangle_matrix_CL_train[i, -1 - i] for i in
range(min(triangle_matrix_CL_train.shape[0], triangle_matrix_CL_train.shape[1]))]
BF_diagonal = [triangle_matrix_BF_train[i, -1 - i] for i in
range(min(triangle_matrix_BF_train.shape[0], triangle_matrix_BF_train.shape[1]))]
BH_diagonal = [triangle_matrix_BH_train[i, -1 - i] for i in
range(min(triangle_matrix_BH_train.shape[0], triangle_matrix_BH_train.shape[1]))]

# Menghitung MAE antara aktual dan prediksi
mae_CL = mean_absolute_error(actual_diagonal, CL_diagonal)
mae_BF = mean_absolute_error(actual_diagonal, BF_diagonal)
mae_BH = mean_absolute_error(actual_diagonal, BH_diagonal)

# Menghitung MAE antara aktual dan prediksi
# Menghitung MAPE antara aktual dan prediksi
mape_CL = (mean_absolute_percentage_error(actual_diagonal, CL_diagonal) * 100)
mape_BF = (mean_absolute_percentage_error(actual_diagonal, BF_diagonal) * 100)
mape_BH = (mean_absolute_percentage_error(actual_diagonal, BH_diagonal) * 100)
# Menampilkan hasil MAE
print("MAE CL:", mae_CL)
print("MAE BF:", mae_BF)
print("MAE BH:", mae_BH)

```

```
# Menampilkan hasil MAPE
print("MAPE CL: {:.2f}%".format(mape_CL))
print("MAPE BF: {:.2f}%".format(mape_BF))
print("MAPE BH: {:.2f}%".format(mape_BH))
# Menampilkan hasil MSEP
print("MSEP CL:", msep_CL)
print("MSEP BF:", msep_BF)
print("MSEP BH:", msep_BH)

from matplotlib.ticker import PercentFormatter

# Daftar metode
methods = ["CL", "BF", "BH"]

# Daftar MAE dan MAPE untuk setiap metode
mae_values = [mae_CL, mae_BF, mae_BH]
mape_values = [mape_CL, mape_BF, mape_BH]
# Set tema Seaborn (opsional)
sns.set_theme(style="whitegrid")

# Plot MAE
plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.subplot(1, 2, 1)
sns.barplot(x=methods, y=mae_values, palette="Blues")
plt.xlabel('Metode')
plt.ylabel('MAE')
plt.title('MAE untuk Setiap Metode')

# Plot MAPE
```

```
plt.subplot(1, 2, 2)
sns.barplot(x=methods, y=mape_values, palette="Oranges")
plt.xlabel('Metode')
plt.ylabel('MAPE (%)') # Updated y-axis label
plt.title('MAPE untuk Setiap Metode')
plt.tight_layout()
plt.show()

# Menampilkan hasil MAE dan MAPE
print("MAE CL:", mae_CL, " | MAPE CL: {:.2f}%".format(mape_CL))
print("MAE BF:", mae_BF, " | MAPE BF: {:.2f}%".format(mape_BF))
print("MAE BH:", mae_BH, " | MAPE BH: {:.2f}%".format(mape_BH))
```