

**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
W. 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

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
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
BAB III METODE PENELITIAN.....		28
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
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		34
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
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		50
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
BAB VI PENUTUP		65
6.1.	Kesimpulan	65
6.2.	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN		1
	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 & 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, Tahun	Objek Penelitian	Metode		
			<i>Chain- Ladder</i>	<i>Bornhuetter- Ferguson</i>	<i>Benktander- Hovinen</i>
1	(Saputra, Nurrohmah, & Sari, 2018)	Pembayaran kerugian dan biaya administratif (ALAE) asuransi <i>Commercial Auto/Truck Liability/Medical</i>		√	
2	(Yuliana, 2018)	Data individual klaim asuransi di Indonesia	√	√	√
3	(Triana, Novita, & Sari, 2018)	Klaim bisnis dengan periode penyelesaian lama (<i>private passenger auto liability/medical</i>) di Amerika Serikat	√	√	√
4	(Kocovic, Mitrasevic, &	Klaim <i>Non-Life Insurance</i>	√	√	

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

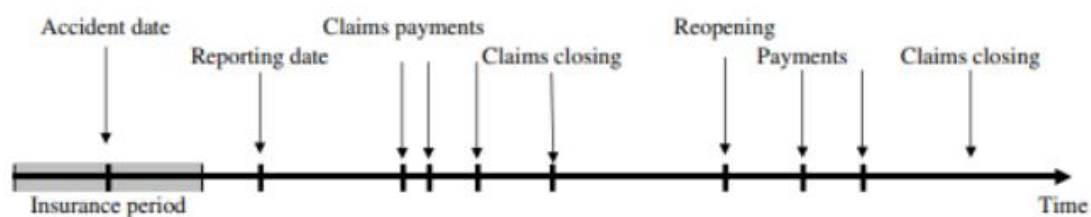
Berdasarkan Surat Edaran Otoritas Jasa Keuangan Nomor 1/SEOJK.05/2021 tentang Penilaian Tingkat Kesehatan Perusahaan Asuransi, Perusahaan Asuransi Syariah, Perusahaan Reasuransi, dan Perusahaan Reasuransi Syariah dijelaskan bahwa *loss ratio* merupakan salah satu parameter penilaian tingkat kesehatan 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*.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 μ_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 μ_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

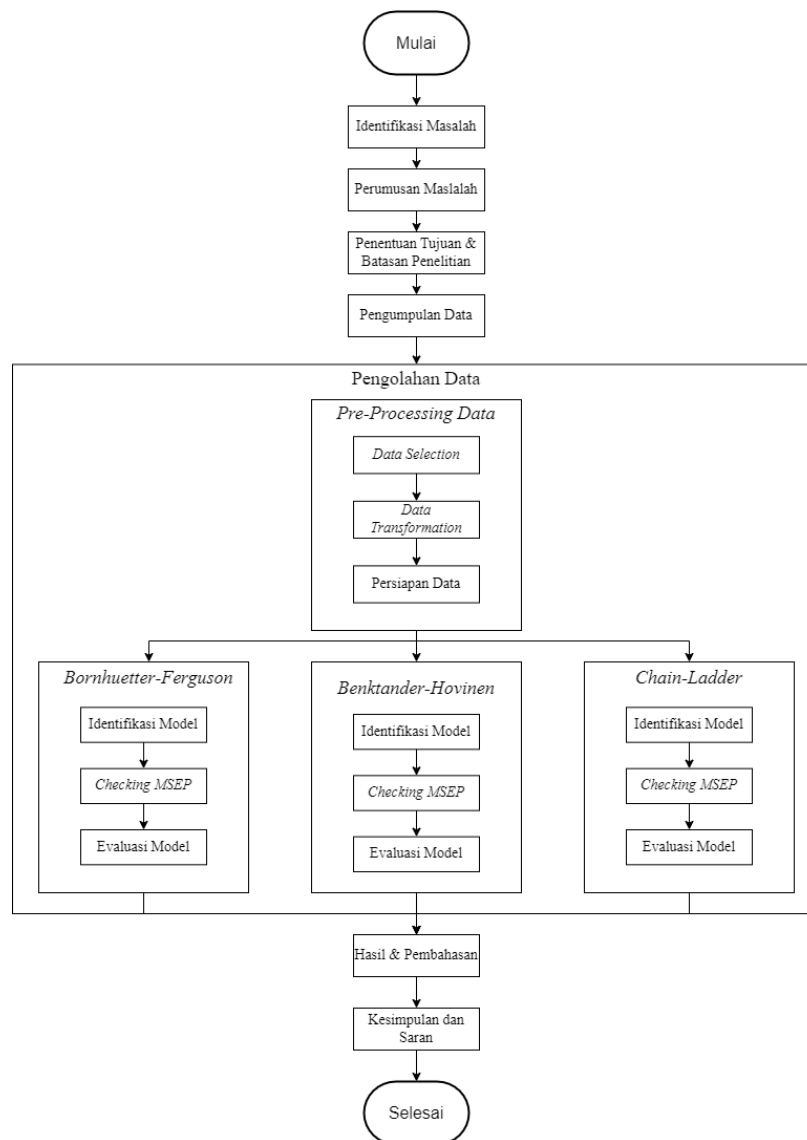
Y_i = nilai aktual dari data observasi ke- i

\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 intepretatif 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.

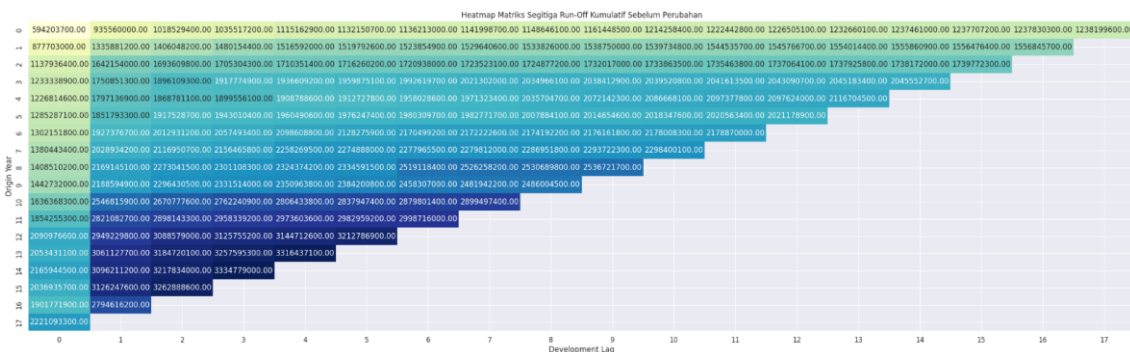
Nilai klaim pada data ini masih berbentuk inkremental untuk setiap periode *origin*, sedangkan seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya estimasi IBNR dapat dilakukan dengan menggunakan nilai klaim kumulatif klaim. Oleh karena itu perlu dilakukan penjumlahan kumulatif nilai untuk setiap periode *development* 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 18×18 . Sebagai contoh untuk kolom matriks 1×1 diisi dengan nilai klaim di *origin* ke 1 dan *development* ke 1, kolom matriks 1×2 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*

Chain-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:

$$LDF \text{ development ke } 1 = \frac{\text{Total_total_claim_by_dev development 2}}{\text{Claim_difference development 1}}$$

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

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

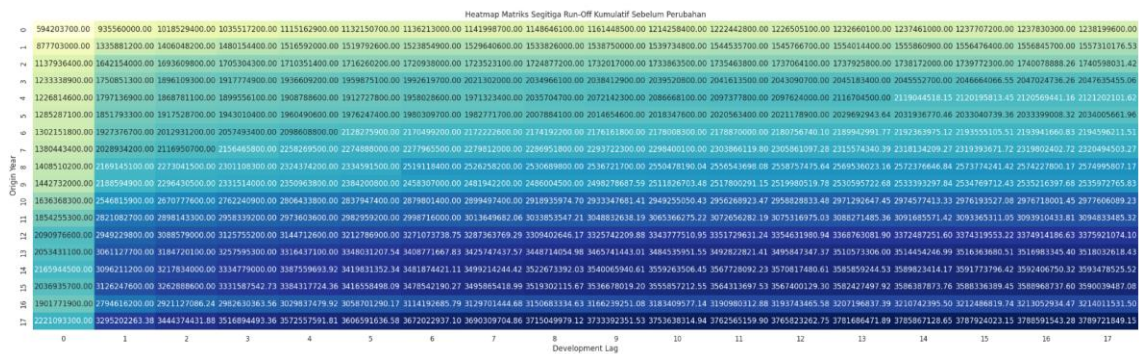
Gambar 4. 2 Hasil *Loss Development Factors*

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 2×18 yaitu:

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

Perhitungan ini dilakukan sampai semua kolom yang belum terisi pada matriks 18×18 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 1×18 yaitu 1238199600, origin kedua pada 2×18 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 1×18 yaitu 1238199600, origin kedua pada 2×17 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:

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

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

Perhitungan nilai *beta* ini dilakukan sama sampai *beta* ke-18. Berikut merupakan hasil dari perhitungan 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*

Perhitungan nilai *Loss Ratio* didapatkan melalui pembagian antara nilai klaim pada matriks *Run-Off Triangle* 1×18 dengan nilai premi pada periode *origin* ke-1. Berikut merupakan perhitungan 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*. Perhitungan *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 perhitungan untuk matriks kosong di kolom 2×18 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 18×18 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 1×18 yaitu 1238199600, origin kedua pada 2×18 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 1×18 yaitu 1238199600, origin kedua pada 2×17 yaitu 1556845700 dan selanjutnya sampai origin ke-18.

Setelah itu dapat ditentukan dihitung estimasi cadangan klaim per periode *origin* dengan nilai *Last_Couulumn* 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 2×18 yaitu:

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

$$\text{Kolom } 2 \times 18 = 1557310175,84$$

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



Gambar 4. 9 Hasil *Heatmap* Matriks *Run-Off Triangle Benktander-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 *Benktander-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 *Benktander-Hovinen* pada 1×18 yaitu 1238199600, origin kedua pada 2×18 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 1×18 yaitu 1238199600, origin kedua pada 2×17 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*

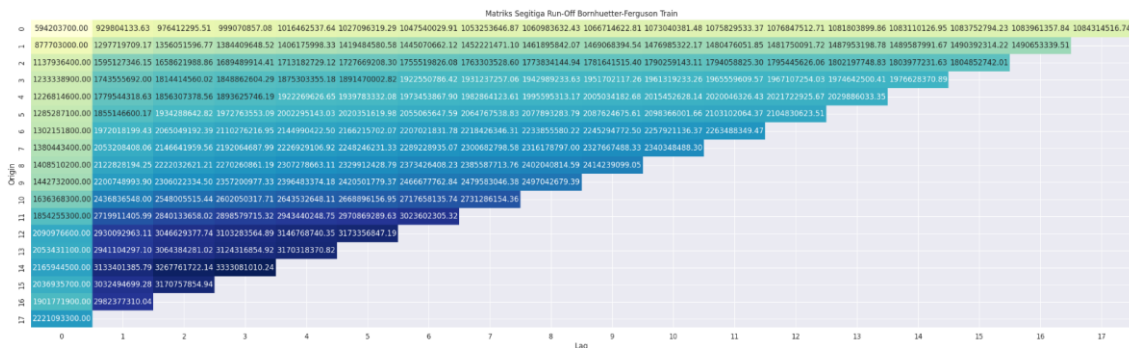
4.2.5.2 Model Bornhuetter-Ferguson

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 × 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 *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 × 1:

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

$$\text{Kolom } 2 \times 1 = 929804133,63$$

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 Bornhuetter-Ferguson Train*:



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

4.2.5.3 Model Benktander-Hovinen

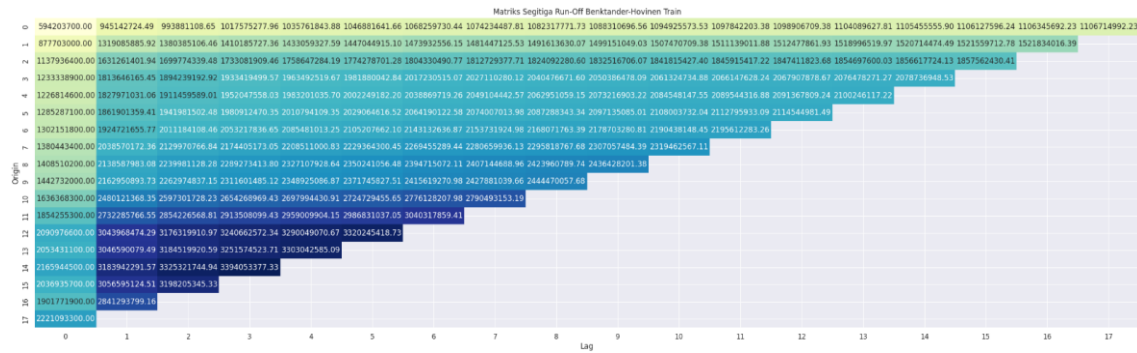
Pada tahap ini akan dibuat matriks *Run-Off Triangle* segitiga atas dengan memanfaatkan nilai klaim pada data *reported* klaim di lampiran 2. Nilai yang diambil hanya yang berada pada nilai *lag* = 1. Sehingga kolom sumbu X untuk *development* ke-1 akan berisi nilai tersebut. Sebagai contoh untuk kolom 1 × 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 *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 2×1 :

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

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

Kolom-kolom selanjutnya juga dilakukan perhitungan yang sama sampai matriks dapat berbentuk 18×18 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

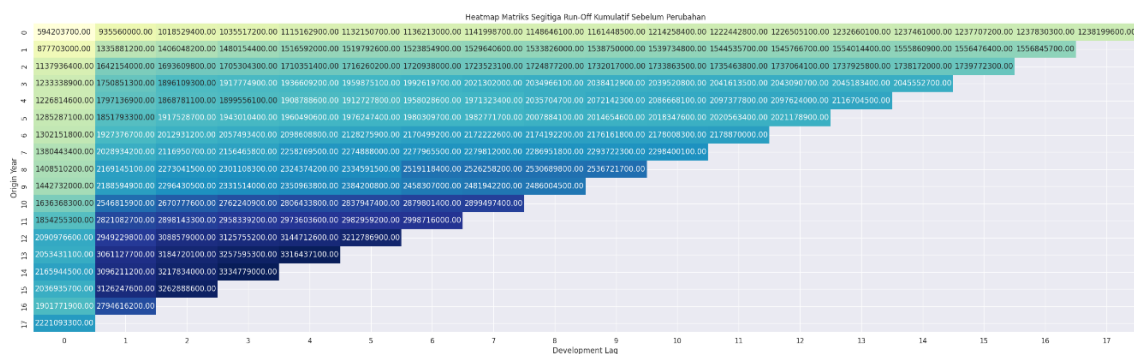
Persiapan data dilakukan untuk menyiapkan *dataframe* sebelumnya untuk bisa diolah ke dalam model yang diinginkan. Persiapan data yang dilakukan pertama adalah pembuatan *dataframe* baru untuk membentuk matriks *run-off triangle*. Namun sebelum pembuatan matriks perlu membentuk *dataframe* baru sebagai 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 18×18 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

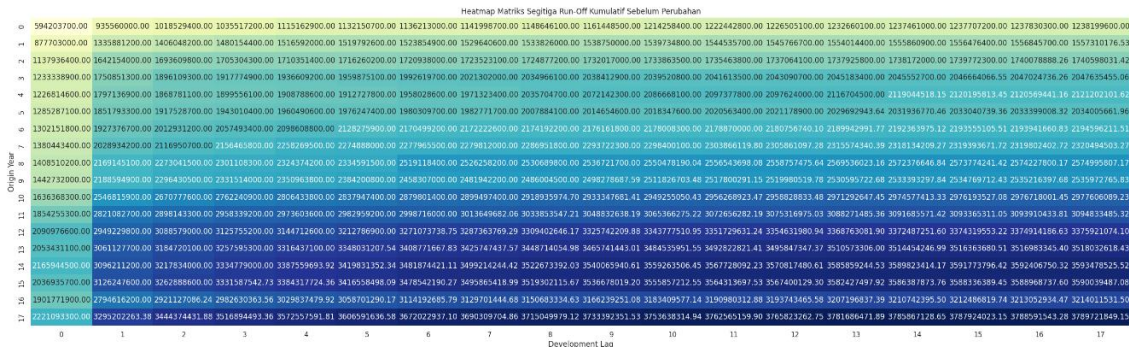
Model *Chain-Ladder* menggunakan faktor *loss development factors* dalam perhitungannya. *Loss development factors* ditentukan untuk setiap periode *development* yang berbeda. Berikut merupakan hasil nilai *loss development factors* yang dibentuk:

	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 18×18 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*

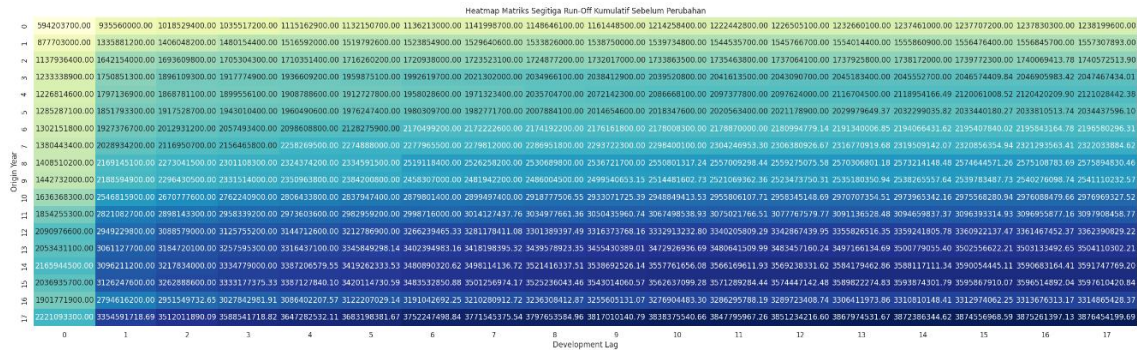
Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat hasil dari perhitungan *beta* di kolom (*beta*) dan nilai *premium* di kolom (*premi*). Setelah menentukan *beta* dapat dilakukan perhitungan *loss ratio*. *Loss ratio* yang digunakan hanya menggunakan data di periode pertama saja. Perhitungan *loss ratio* ini 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 18×18 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

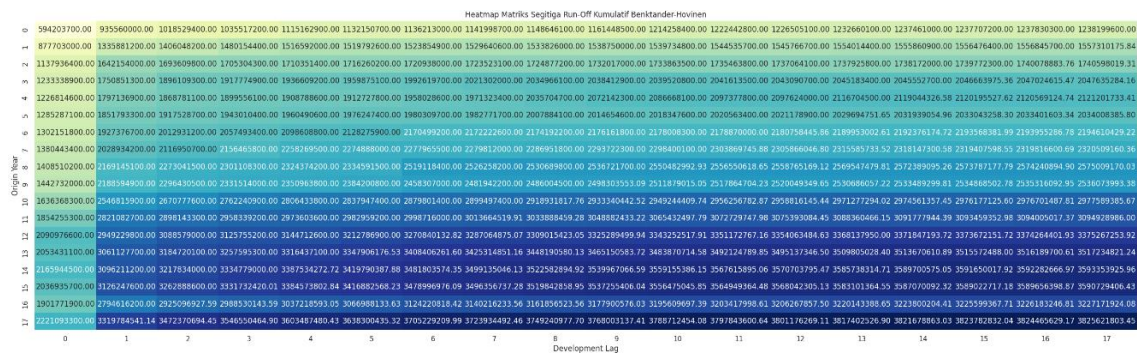
Total Estimasi IBNR *Bornhuetter-Ferguson*: 3437624959.1524878

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 *Benklander-Hovinen*

Model *Benklander-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 *Benklander-Hovinen*:



Gambar 5. 15 *Matrix* Estimasi *Benklander-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 18×18 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*

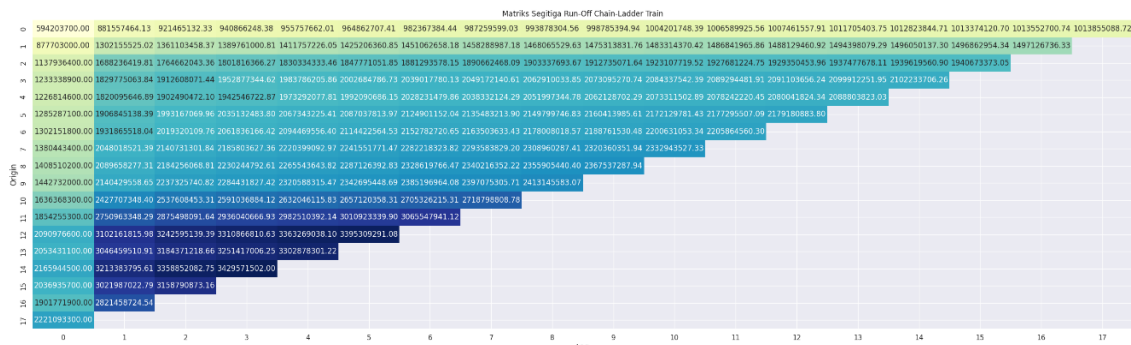
Berdasarkan hasil tersebut terdapat kolom (*Diagonal_Data*) merupakan nilai klaim yang sudah dilaporkan dan kolom (*Last_Column*) merupakan klaim keseluruhan yang terjadi di setiap periode *origin*. Kemudian nilai (*Last_Column*) dikurangkan dengan (*Diagonal_Data*) dikurangkan sehingga membentuk nilai 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.

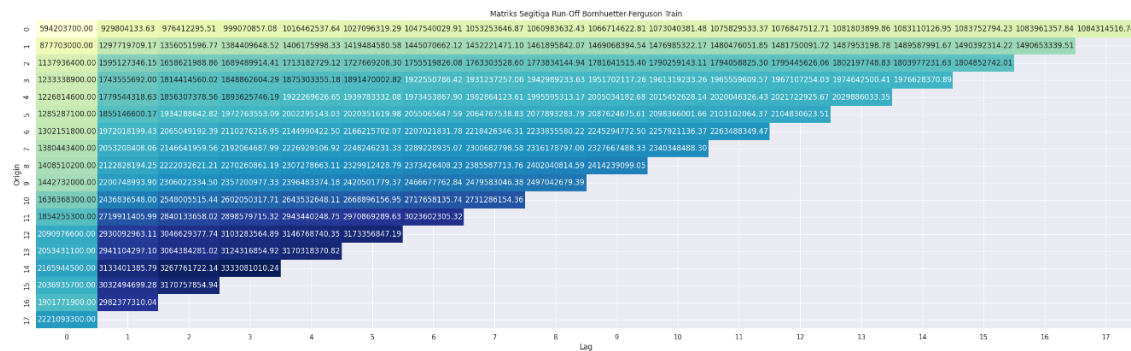
Matriks *train run-off triangle* ini akan berisi nilai klaim yang sudah dilaporkan diganti dengan estimasi nilai klaim menggunakan perhitungan masing-masing model seperti pada pembahasan sebelumnya. Dalam perhitungannya untuk klaim pada periode *development* pertama akan tetap menggunakan data asli. 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*



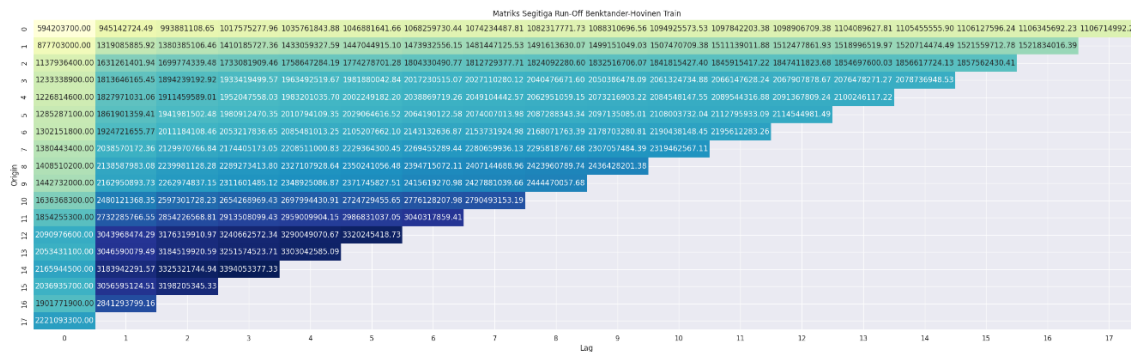
Gambar 5. 17 *Matrix Train Chain-Ladder*

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



Gambar 5. 18 *Matrix Train Bornhuetter-Ferguson*

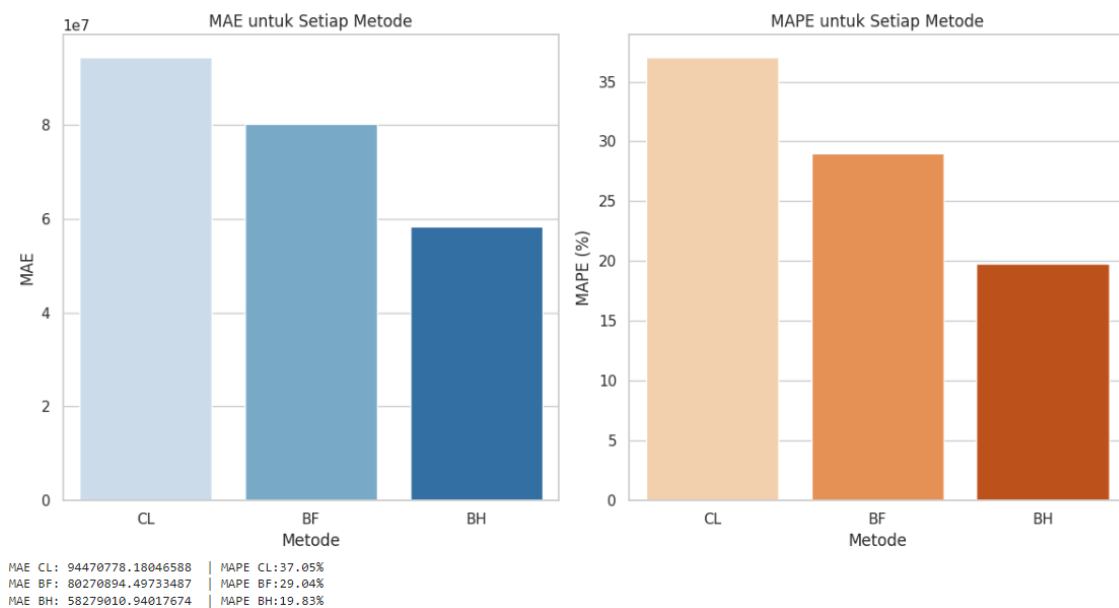
3. Matriks *train run-off triangle* model *Benktander-Hovinen*



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 claim	customer 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))
```