

**ESTIMASI CADANGAN KLAIM IBNR (*INCURRED BUT NOT REPORTED*) MENGGUNAKAN METODE *MUNICH CHAIN LADDER* DAN *CAPE COD*
(STUDI KASUS KOMPENSASI PEKERJA
ZURICH INSURANCE 2013-2022)**

SKRIPSI



DIKA AWALINDAH

H081201047

PROGRAM STUDI ILMU AKTUARIA

DEPARTEMEN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

FEBRUARI 2024



**ESTIMASI CADANGAN KLAIM IBNR (*INCURRED BUT NOT REPORTED*) MENGGUNAKAN METODE *MUNICH CHAIN LADDER* DAN *CAPE COD*
(STUDI KASUS KOMPENSASI PEKERJA
ZURICH INSURANCE 2013-2022)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Aktuaria pada Program Studi Ilmu Aktuaria Departemen Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**

**DIKA AWALINDAH
H081201047**

**PROGRAM STUDI ILMU AKTUARIA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

FEBRUARI 2024



Optimization Software:
www.balesio.com

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

ESTIMASI CADANGAN KLAIM IBNR (*INCURRED BUT NOT REPORTED*) MENGGUNAKAN METODE *MUNICH CHAIN LADDER* DAN *CAPE COD* (STUDI KASUS KOMPENSASI PEKERJA ZURICH INSURANCE 2013-2022)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.

Makassar, 26 Februari 2024



Dika Awalindah

NIM : H081201047



**ESTIMASI CADANGAN KLAIM IBNR (*INCURRED BUT NOT REPORTED*) MENGGUNAKAN METODE *MUNICH CHAIN LADDER* DAN *CAPE COD*
(STUDI KASUS KOMPENSASI PEKERJA ZURICH INSURANCE 2013-2022)**

Disetujui oleh :

Pembimbing Utama


Mauliddin, S.Si., M.Si.

NIP. 198308052015031005

Pada 26 Februari 2024



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Dika Awalindah

NIM : H081201047

Program Studi : Ilmu Aktuaria

Judul Skripsi : Estimasi Cadangan Klaim IBNR (*Incurred but not Reported*)
Menggunakan Metode *Munich Chain Ladder* dan *Cape Cod*
(Studi Kasus Kompensasi Pekerja Zurich Insurance 2013-2022)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Aktuaria pada Program Studi Ilmu Aktuaria Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

| | | Tanda Tangan | |
|---------|--------------------------------------|---|--|
| Ketua | : Mauliddin, S.Si., M.Si. | () | |
| Anggota | : Edy Saputra Rusdi, S.Si., M.Si. | () | |
| Anggota | : Ainun Mawaddah Abdal, S.Si., M.Si. | () | |

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 26 Februari 2024



HALAMAN PENGESAHAN

ESTIMASI CADANGAN KLAIM IBNR (*INCURRED BUT NOT REPORTED*) MENGGUNAKAN METODE *MUNICH CHAIN LADDER* DAN *CAPE COD*
(STUDI KASUS KOMPENSASI PEKERJA ZURICH INSURANCE 2013-2022)

Disusun dan diajukan oleh

DIKA AWALINDAH
H081201047

Menyetujui,

Kepala Program Studi



Prof. Dr. Hasmawati, M.Si.

NIP. 196412311990032007

Pembimbing Utama



Mauliddin, S.Si., M.Si.

NIP. 198308052015031005



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas nikmat kesehatan dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Estimasi Cadangan Klaim IBNR (*Incurred but not Reported*) Menggunakan Metode *Munich Chain Ladder* dan *Cape Cod* (Studi Kasus Kompensasi Pekerja Zurich Insurance 2013-2022)**”. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) Aktuaria di Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua penulis serta adik tercinta atas cinta dan dukungan yang tidak pernah putus sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Selain itu, penulisan skripsi ini juga tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku rektor Universitas Hasanuddin
2. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam beserta jajarannya.
3. Bapak **Dr. Firman** selaku Ketua Departemen Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin serta Bapak dan Ibu Dosen Prodi Ilmu Aktuaria yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Program Studi Ilmu Aktuaria, serta para Staf Departemen Matematika yang telah membantu dan memudahkan penulis dalam berbagai hal administrasi.
4. Ibu **Prof. Dr. Hasmawati M.Si.** selaku Ketua Program Studi Ilmu Aktuaria yang senantiasa sabar, tulus, dan ikhlas meluangkan banyak waktu di tengah kesibukan dan prioritasnya untuk membimbing dan memberi masukan serta

vasi dalam penulisan skripsi ini.

ak **Mauliddin, S.Si., M.Si.** selaku pembimbing utama penulis yang
ntiasa membimbing dengan sabar, serta ikhlas meluangkan banyak waktu



di tengah kesibukan, sehingga penulisan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.

6. Dosen Penguji Bapak **Edy Saputra Rusdi, S.Si., M.Si.**, dan Ibu **Ainun Mawaddah Abdal, S.Si., M.Si.** yang telah meluangkan waktunya sejak seminar hasil hingga sidang skripsi untuk memberikan saran dan masukan dalam proses penulisan skripsi penulis.
7. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Ilmu Aktuaria yang telah mendidik dan memberikan ilmunya kepada penulis selama proses perkuliahan. Serta kepada staf serta pegawai departemen Matematika yang telah membantu dalam proses administrasi.
8. Ibu **Illuminata Wynnies, S.Si., M.Si.**, yang telah sabar dalam memberikan masukan dan saran dalam penulisan skripsi.
9. Terima kasih penulis ucapkan kepada **Fiha, Asti, dan Mifta** serta teman-teman yang membantu dan memberikan dukungan dalam proses skripsi ini.
10. Keluarga penulis yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan penuh sehingga skripsi ini dapat selesai
11. Terima kasih kepada teman-teman "**Ilmu Aktuaria 2020**", terima kasih telah hadir dalam keceriaan perkuliahan dan kebersamaannya.
12. Serta pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.
13. Dan terima kasih kepada **Dika Awalindah**, diri saya sendiri karena telah berjuang, berproses dan tidak menyerah meskipun berbagai rintangan menghadang, sehingga mampu mencapai titik ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan terbatasnya pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, penulis memohon maaf serta mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, untuk saat ini dan di masa yang akan datang.

Makassar, 26 Februari 2024


Dika Awalindah



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dika Awalindah
NIM : H081201047
Program Studi : Ilmu Aktuaria
Departemen : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Estimasi Cadangan Klaim IBNR (*Incurred but not Reported*) Menggunakan Metode *Munich Chain Ladder* dan *Cape Cod* (Studi Kasus Kompensasi Pekerja Zurich Insurance 2013-2022)

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar

Pada Tanggal 26 Februari 2024

Yang Menyatakan



Dika Awalindah



ABSTRAK

Banyaknya kasus kecelakaan kerja mengakibatkan melonjaknya biaya pembayaran klaim asuransi kompensasi pekerja. Hal ini mendorong perusahaan asuransi untuk mempersiapkan cadangan dana dengan baik guna menjaga keseimbangan kesehatan keuangannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi cadangan klaim IBNR pada asuransi kompensasi pekerja untuk mengantisipasi munculnya klaim di masa depan. Metode yang digunakan adalah metode *Munich Chain Ladder* dan *Cape Cod* dengan menggunakan data asuransi kompensasi pekerja Zurich Insurance wilayah Amerika Utara tahun 2013-2022. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Munich Chain Ladder* menghasilkan nilai estimasi IBNR sebesar 2.020.194 USD lebih tinggi daripada metode *Cape Cod* yang sebesar 1.881.190 USD. Metode *Munich Chain Ladder* juga lebih akurat berdasarkan kriteria nilai MAPE dengan akurasi 18,28% dibandingkan dengan metode *Cape Cod* yang menghasilkan akurasi 18,95%.

Kata Kunci : Cadangan IBNR, Metode *Munich Chain Ladder*, Metode *Cape Cod*

Judul : Estimasi Cadangan Klaim IBNR (*Incurred but not Reported*)
Menggunakan Metode *Munich Chain Ladder* dan *Cape Cod*
(Studi Kasus Kompensasi Pekerja Zurich Insurance 2013-2022)

Nama : Dika Awalindah

NIM : H081201047

Program Studi: Ilmu Aktuaria



ABSTRACT

The increasing number of work accident cases has led to a surge in workers' compensation insurance claim payment costs. This has prompted insurance companies to prepare adequate reserves to maintain the balance of their financial stability. This study aims to estimate the IBNR claim reserves for workers' compensation insurance to anticipate future claims. By utilizing data from Zurich Insurance's North America workers' compensation from 2013 to 2022, we compare the Munich Chain Ladder and Cape Cod methods. Our findings reveal that the Munich Chain Ladder method produced an IBNR estimate USD 2,020,194 higher than the Cape Cod method's USD 1,881,190. The Munich Chain Ladder method was also more accurate based on the MAPE value criterion with an accuracy of 18.28% compared to the Cape Cod method which produced an accuracy of 18.95%.

Keywords : *IBNR Reserve, Munich Chain Ladder Method, Cape Cod Method*

Title : Estimation of IBNR (Incurred but not Reported) Reserve Using Munich Chain Ladder and Cape Cod Method (Case Study Workers Compensation Zurich Insurance 2013-2022)

Name : Dika Awalindah

Student ID : H081201047

Study Program : Actuarial Science



DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| KATA PENGANTAR | vi |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR | viii |
| ABSTRAK | ix |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiv |
| DAFTAR NOTASI..... | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 5 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 6 |
| 2.1 Definisi Asuransi | 6 |
| 2.2 Definisi Klaim, Polis dan Premi..... | 7 |
| 2.3 Cadangan Klaim Asuransi | 7 |
| 2.4 Run Off Triangle | 9 |
| 2.5 Metode Munich Chain Ladder..... | 10 |
| 2.5.1 Asumsi Model | 11 |
| 2.5.2 Estimasi Parameter..... | 13 |
| 2.6 Metode <i>Cape Cod</i> | 16 |
| <i>Prediction Error</i> | 19 |
| METODE PENELITIAN | 20 |
| Jenis dan Sumber Data | 20 |



| | | |
|---|---|-----------|
| 3.2 | Variabel Penelitian | 20 |
| 3.3 | Metodologi Penelitian | 20 |
| 3.4 | Waktu dan Tempat Penelitian | 20 |
| 3.5 | Metode <i>Munich Chain Ladder</i> | 20 |
| 3.6 | Metode <i>Cape Cod</i> | 21 |
| 3.7 | Alur Penelitian..... | 22 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 23 |
| 4.1 | Deskripsi Data | 23 |
| 4.2 | Estimasi Cadangan Menggunakan Metode <i>Munich Chain Ladder</i> | 27 |
| 4.3 | Estimasi Cadangan Menggunakan Metode <i>Cape Cod</i> | 34 |
| 4.4 | Rekapitulasi Hasil Estimasi Cadangan Klaim..... | 37 |
| 4.5 | Perbandingan Hasil Estimasi Cadangan Klaim..... | 38 |
| BAB V PENUTUP..... | | 39 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 39 |
| 5.2 | Saran | 39 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 40 |
| LAMPIRAN..... | | 42 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Run-off Triangle Incremental..... | 9 |
| Tabel 2.2 Run-off Triangle Cumulative | 10 |
| Tabel 2.3 Tabel kinerja MAPE | 19 |
| Tabel 4.1 Pendapatan premi perusahaan (dalam USD)..... | 23 |
| Tabel 4.2 <i>Run-off triangle</i> kumulatif klaim dibayar ($P_{i,s}$) (dalam USD)..... | 25 |
| Tabel 4.3 <i>Run-off triangle</i> kumulatif klaim dilaporkan ($I_{i,s}$) (dalam USD)..... | 26 |
| Tabel 4.4 Proyeksi kumulatif klaim yang dilaporkan | 33 |
| Tabel 4.5 IBNR dengan metode munich chain ladder | 34 |
| Tabel 4.6 Perhitungan nilai CDF | 35 |
| Tabel 4.7 Nilai CDF | 35 |
| Tabel 4.8 Rasio klaim yang dilaporkan..... | 36 |
| Tabel 4.9 IBNR dengan metode Cape Cod | 36 |
| Tabel 4.10 Rekapitulasi estimasi cadangan klaim IBNR | 37 |
| Tabel 4.11 Perbandingan data actual dan data prediksi ultimate claim..... | 38 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Ilustrasi Proses Klaim..... | 8 |
| Gambar 3.1 Alur Penelitian..... | 22 |



DAFTAR NOTASI

| <u>Notasi</u> | <u>Keterangan</u> |
|-----------------------------------|--|
| $\mathcal{B}_i(s)$ | : Data-data dari <i>development</i> klaim dibayar (<i>paid</i>) dan klaim dilaporkan (<i>incurred</i>) hingga akhir dari <i>development period</i> s . |
| \widehat{CR}_i | : <i>Claim ratio</i> (estimasi klaim rasio pada periode kejadian i) |
| $\widehat{f}_{s \rightarrow t}^I$ | : <i>Development factor</i> klaim dilaporkan (<i>incurred</i>) dari periode s ke t . |
| $\widehat{f}_{s \rightarrow t}^P$ | : <i>Development factor</i> klaim dibayar (<i>paid</i>) dari periode s ke t . |
| i | : Periode kejadian klaim |
| I | : Kerugian yang sudah terjadi dan dilaporkan |
| $I_{i,j}$ | : Besar klaim kumulatif untuk klaim yang terjadi pada periode i dan dilaporkan sampai dengan <i>development period</i> j |
| $J_i(s)$ | : Waktu tunda dari kerugian yang terjadi pada tahun kecelakaan ke- i diberikan sampai akhir tahun penundaan ke- s |
| P | : Kerugian yang sudah terjadi dan dibayarkan |
| P_i | : <i>Earned Premium</i> (Premi yang diterima pada periode kejadian i) |
| $P_{i,j}$ | : Besar klaim kumulatif untuk klaim yang terjadi pada periode i dan dibayarkan sampai dengan <i>development period</i> j |
| $p_i(s)$ | : Waktu tunda dari kerugian yang dibayarkan pada tahun kecelakaan ke- i diberikan sampai akhir tahun penundaan ke- s |
| \widehat{P}_i | : <i>Used up premium</i> (premi yang digunakan pada periode klaim ke i) |
| \widehat{R} | : <i>Selected claim ratio</i> (rata-rata dari estimasi rasio klaim) |
| S_i^I | : Jumlah klaim dilaporkan (<i>Incurred</i>) pada periode kejadian ke- i . |
| \widehat{S}_i | : <i>Estimated expected claim</i> (estimasi nilai klaim pada periode kejadian i) |
| $\widehat{\gamma}_i$ | : <i>Cumulative development factor</i> |
| $\widehat{\gamma}_i^{CC}$ | : Nilai IBNR pada periode i |
| | : <i>Percentage unreported claim</i> |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1. <i>Run-off triangle incremental</i> klaim dibayar (<i>paid</i>)..... | 42 |
| Lampiran 2. <i>Run-off triangle incremental</i> klaim dilaporkan (<i>incurred</i>) | 42 |
| Lampiran 3. Hasil estimasi <i>development factor</i> dan parameter σ | 43 |
| Lampiran 4. Hasil estimasi pola rasio (P/I), rasio (I/P) dan parameter ρ | 43 |
| Lampiran 5. Hasil estimasi <i>triangle residual</i> $\widehat{Res}(P_{i,t})$ | 44 |
| Lampiran 6. Hasil estimasi <i>triangle residual</i> $\widehat{Res}(I_{i,t})$ | 44 |
| Lampiran 7. Hasil estimasi <i>triangle residual</i> $\widehat{Res}(Q_{i,s})$ | 45 |
| Lampiran 8. Hasil estimasi <i>triangle residual</i> $\widehat{Res}(Q_{i,s}^{-1})$ | 45 |
| Lampiran 9. Hasil perhitungan $\widehat{Res}(Q_{i,s}^{-1})\widehat{Res}(P_{i,t})$ | 46 |
| Lampiran 10. Hasil perhitungan $\widehat{Res}(Q_{i,s}^{-1})^2$ | 46 |
| Lampiran 11. Hasil perhitungan $\widehat{Res}(Q_{i,s})\widehat{Res}(I_{i,t})$ | 47 |
| Lampiran 12. Hasil perhitungan $\widehat{Res}(Q_{i,s})^2$ | 47 |
| Lampiran 13. Segitiga <i>development factor</i> klaim dibayar (<i>paid</i>)..... | 48 |
| Lampiran 14. Segitiga <i>development factor</i> klaim dilaporkan (<i>incurred</i>)..... | 48 |
| Lampiran 15. Hasil proyeksi kumulatif klaim yang dibayar..... | 49 |
| Lampiran 16. Nilai MAPE untuk metode <i>munich chain ladder</i> | 50 |
| Lampiran 17. Nilai MAPE untuk metode <i>cape cod</i> | 50 |



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perusahaan asuransi memiliki tanggung jawab finansial terhadap pemegang polis untuk membayar klaim yang mungkin muncul di masa yang akan datang. Selain itu, bagi perusahaan asuransi, cadangan klaim merupakan satu dari sekian parameter yang dilihat dalam menentukan tingkat Kesehatan Perusahaan Asuransi. Menurut peraturan Otoritas Jasa Keuangan (OJK) No.27/SEOJK.05/2017 perihal Pedoman Pembentukan Cadangan Teknis Bagi Perusahaan Asuransi dan Reasuransi, menyatakan bahwa salah satu faktor dalam penentuan Kesehatan Keuangan Perusahaan Asuransi yang juga merupakan bagian dari liabilitas perusahaan adalah cadangan teknis. Cadangan teknis ini merupakan kewajiban yang harus disiapkan oleh perusahaan asuransi.

Untuk memastikan kewajiban ini terpenuhi dan stabilitas keuangan tetap terjaga, perusahaan asuransi perlu menyiapkan cadangan dana. Berbagai jenis cadangan yang perlu dipersiapkan di antaranya cadangan untuk klaim yang dilaporkan dan belum dilaporkan, cadangan premi, cadangan untuk risiko reasuransi, serta perlu menyediakan cadangan untuk biaya administrasi dan pengelolaan klaim. Karena banyaknya kewajiban yang harus dipenuhi, maka perusahaan harus mempersiapkan cadangan dengan sebaik mungkin untuk memastikan kelangsungan operasional dan dapat memberikan perlindungan kepada pemegang polis.

Asuransi kompensasi pekerja adalah jenis asuransi yang memberikan biaya perawatan medis bagi dan rehabilitasi bagi pekerja yang terluka selama bekerja, bahkan manfaat kematian jika terjadi kecelakaan terkait pekerjaan (Wilkinson, 2010). ILO (*International Labour Organization*) memperkirakan bahwa sekitar 2,3 juta perempuan dan laki-laki di seluruh dunia meninggal akibat kecelakaan atau penyakit terkait pekerjaan setiap tahun atau setara dengan lebih dari 6000 kematian setiap hari. Serta, terdapat sekitar 340 juta kecelakaan kerja dan 160 juta korban terkait pekerjaan setiap tahun di seluruh dunia. OSHA (*Occupational and Health Administration*) memperkirakan biaya yang dikeluarkan untuk



kompensasi pekerja di Amerika tahun 2018 adalah lebih dari \$1 Milyar dollar per minggu untuk cedera non fatal yang mengakibatkan cacat di tempat kerja.

Dalam industri asuransi, klaim yang telah dilaporkan tidak langsung dilakukan pembayaran. Perusahaan perlu melakukan penyelidikan atas kerugian yang terjadi untuk memastikan keabsahan klaim yang dilakukan. Hubungan antara waktu kejadian dan penundaan terkait klaim ini disebut dengan *outstanding claims* (Abiyyu, 2015). Menurut Hossack (1999) dalam Abiyyu (2015) ada dua jenis *outstanding claims*, yaitu peristiwa yang sudah terjadi tapi belum dilaporkan (*Incurred but not Reported – IBNR*) dan peristiwa yang sudah dilaporkan namun belum diselesaikan (*Reported but not Settled*). Jenis cadangan yang umumnya menjadi risiko utama perusahaan asuransi adalah klaim yang sudah terjadi tapi belum dilaporkan (*Incurred but not Reported – IBNR*).

IBNR umumnya menjadi risiko utama perusahaan asuransi, karena berkaitan dengan ketidakpastian dalam klaim yang mungkin muncul di masa depan. Perhitungan cadangan IBNR yang akurat merupakan langkah esensial dalam mengelola klaim yang belum dilaporkan, yang dapat muncul dimasa depan. Perhitungan dan pengelolaan IBNR yang tidak tepat dapat mengancam kestabilan Kesehatan keuangan perusahaan asuransi. Cadangan IBNR ini juga mencerminkan bahwa perusahaan memiliki dana yang cukup untuk memenuhi kewajiban mereka membayar klaim sesuai dengan yang telah disepakati dalam polis.

Ada berbagai macam metode yang bisa digunakan dalam mengestimasi cadangan klaim. Salah satu metode yang paling populer dalam mengestimasi cadangan klaim IBNR adalah *Chain Ladder*, karena kesederhanaannya dalam mengestimasi. Namun, karena kesederhanaan inilah *Chain Ladder* dinilai memiliki banyak kelemahan. Metode *Chain Ladder* ini tidak memperhitungkan korelasi antara kerugian yang dibayarkan (*paid*) dan kerugian yang terjadi (*incurred*). Selain itu, premi yang diterima juga perlu dipertimbangkan dalam perhitungan IBNR, premi mencerminkan seberapa besar premi yang diterima oleh perusahaan asuransi dalam periode tertentu.

Metode *Munich Chain Ladder* juga merupakan pengembangan dari metode *Chain Ladder* yang diperkenalkan oleh Mack dan Quack pada tahun 2008. Metode *Munich Chain Ladder* mengatasi kelemahan metode *Chain Ladder*, dengan menghitung



secara paralel data di masa lalu untuk memproyeksikan data di masa depan dan mengurangi kesenjangan antara kerugian yang dibayarkan (*paid*) dan kerugian yang dilaporkan (*incurred*) (Quarg & Mack, 2008). Penelitian yang dilakukan Abiyyu (2015) tentang *Munich Chain Ladder* yang berjudul “Proyeksi Cadangan Klaim dengan Metode *Munich Chain Ladder*” memberikan gambaran tentang estimasi cadangan klaim menggunakan metode *Chain Ladder* dan *Munich Chain Ladder*, serta memberikan hasil bahwa metode *Munich Chain Ladder* memberikan hasil proyeksi yang lebih bagus dibandingkan dengan metode *Chain Ladder*.

Saluz (2015) menyatakan dalam penelitiannya bahwa metode *Cape Cod* dimaksudkan untuk memperbaiki kekurangan yang dimiliki oleh *Chain Ladder* yaitu tidak memperhitungkan nilai pembayaran premi dan hanya menggunakan nilai klaim saja sebagai acuan perhitungan. Penelitiannya juga menemukan bahwa prediktor *Chain Ladder* yang digunakan untuk menghitung besar cadangan IBNR bernilai proporsional dengan nilai klaim saat ini, sehingga hasil yang dihasilkan oleh metode ini tidak akan akurat apabila dalam kasus di mana ada klaim yang bernilai nol atau outlier.

Penelitian lain yang membahas tentang metode *Cape Cod* adalah “Penerapan Metode *Cape Cod* dalam Prediksi Cadangan Klaim *Incurred But not Reported* (IBNR) Dalam Asuransi Jiwa (Studi Kasus Asuransi Jiwa ABC)” oleh Prajitno (2021), mendapatkan hasil bahwa model pencadangan klaim IBNR dengan menggunakan metode *Cape Cod* memiliki nilai kecukupan yang cukup untuk membayarkan klaim di periode berikutnya serta metode *Cape Cod* menghasilkan nilai IBNR yang lebih mendekati klaim sesungguhnya sehingga memiliki tingkat eror yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *Chain Ladder*.

Berdasarkan pemaparan terkait permasalahan di atas tentang kekurangan metode *Chain Ladder* dalam mengestimasi cadangan klaim serta banyaknya kasus kecelakaan kerja dan besarnya dana yang perlu disiapkan demi terpenuhinya klaim. Maka, penelitian ini akan berfokus pada estimasi cadangan klaim untuk asuransi kompensasi pekerja. Adapun metode yang dipilih yaitu metode *Munich Chain*

dan metode *Cape Cod*. Sehingga, penulis membuat penelitian yang berjudul **Estimasi Cadangan Klaim IBNR (*Incurred But Not Reported*) Menggunakan**



Metode *Munich Chain Ladder* dan Metode *Cape Cod* (Studi Kasus Kompensasi Pekerja 2013-2022 Zurich Insurance)”

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, penulis dapat merumuskan masalah yaitu:

1. Bagaimana estimasi cadangan klaim IBNR menggunakan metode *Munich Chain Ladder* dan metode *Cape Cod*?
2. Bagaimana perbandingan nilai estimasi cadangan klaim IBNR menggunakan metode *Munich Chain Ladder* dan metode *Cape Cod*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui estimasi cadangan klaim IBNR menggunakan metode *Munich Chain Ladder* dan metode *Cape Cod*.
2. Mengetahui perbandingan nilai estimasi cadangan klaim IBNR menggunakan metode *Munich Chain Ladder* dan metode *Cape Cod*.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis membatasi masalah dengan mengidentifikasi sejumlah batasan, antara lain:

1. Penulis fokus pada Asuransi Kompensasi Pekerja *Zurich Insurance* di Amerika Utara.
2. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data *run-off triangle* kumulatif klaim dibayar (*paid*) dan klaim dilaporkan (*incurred*), premi yang diterima (*earned premium*) serta *ultimate claim* untuk asuransi pekerja dalam bentuk data tahunan 2013-2022 (dalam USD).
3. Data klaim diasumsikan selesai dalam 10 tahun.

1.5 Manfaat Penelitian

Setelah menyelesaikan penelitian ini, diharapkan penelitian dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

memberikan manfaat kepada pembaca bahwa ada berbagai macam metode untuk mengestimasi cadangan klaim, seperti *Munich Chain Ladder* dan *Cape Cod*.



2. Menjadi sumber referensi untuk penelitian selanjutnya, sehingga dapat dikembangkan dan disempurnakan metode untuk mengestimasi cadangan klaim IBNR.
3. Menambah wawasan penulis dalam ilmu aktuaria khususnya estimasi cadangan klaim.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan pada penelitian ini akan terbagi menjadi 5 BAB utama, yaitu :

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini, penulis menjelaskan secara umum tentang latar belakang masalah, rumusan, tujuan, manfaat, dan sistematika dalam penelitian ini.

BAB II Landasan Teori

Bab ini berisi teori tentang asuransi, cadangan klaim, serta dasar-dasar teori perhitungan cadangan klaim menggunakan metode *Munich Chain Ladder* dan *Cape Cod*.

BAB III Metode Penelitian

Bab ini berisi kerangka pemikiran, variabel dan data yang digunakan dalam penelitian, serta langkah menghitung cadangan klaim IBNR menggunakan metode *Munich Chain Ladder* dan *Cape Cod*.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini memuat hasil penelitian dan pembahasan dari hasil perhitungan estimasi cadangan klaim IBNR menggunakan metode *Munich Chain Ladder* dan *Cape Cod*.

BAB V Penutup

Bab ini memuat kesimpulan dari hasil penelitian, dan saran berdasarkan analisa dari hasil penelitian.



BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Asuransi

Menurut undang-undang Nomor 40 Tahun 2014 tentang Perasuransian, 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 (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 biaya hidupnya tertanggung dengan manfaat yang besarnya telah ditetapkan dan/atau didasarkan pada hasil pengelolaan dana.

Beberapa hal penting tentang asuransi adalah asuransi merupakan perjanjian yang harus memenuhi Pasal 1320 KUH Perdata, yang bersifat adhesive artinya perjanjian tersebut telah ditentukan oleh Perusahaan Asuransi (Kontrak Standar). Terdapat 2 (dua) pihak dalam asuransi, yaitu Penanggung dan tertanggung, tetapi dapat juga diperjanjikan bahwa Tertanggung berbeda pihak dengan yang akan menerima tanggungan; Adanya premi menunjukkan bahwa Tertanggung setuju dengan perjanjian asuransi; Perjanjian asuransi membuat kedua belah pihak terikat untuk memenuhi kewajibannya (Guntara, 2016).

Dari pernyataan di atas, dapat disimpulkan bahwa unsur-unsur yang harus ada pada asuransi adalah:

- a) Subyek hukum (penanggung dan tertanggung);
- b) Persetujuan bebas antara penanggung dan tertanggung;
- c) Benda asuransi dan kepentingan tertanggung;

uan yang ingin dicapai;

iko dan premi;

enemen (peristiwa yang tidak pasti) dan ganti kerugian;



- g) Syarat-syarat yang berlaku;
- h) Polis asuransi.

2.2 Definisi Klaim, Polis dan Premi

Klaim asuransi adalah tuntutan atas suatu hak dari pihak bertanggung kepada penanggung karena persyaratan dalam perjanjian yang ditentukan telah terpenuhi. Persyaratan-persyaratan perjanjian tercantum dalam polis asuransi (Badruzaman, 2019). Polis asuransi merupakan perjanjian asuransi yang dibuat secara tertulis dalam bentuk akta sesuai dengan ketentuan pasal 225 Kitab UU Hukum Dagang (KUHD). Polis tersebut memuat kesepakatan, syarat-syarat khusus, dan janji-janji khusus yang menjadi dasar pemenuhan hak dan kewajiban para pihak (penanggung dan tertanggung) dalam mencapai tujuan asuransi.

Dengan demikian, polis asuransi berfungsi sebagai alat bukti tertulis yang menunjukkan adanya perjanjian asuransi antara tertanggung dan penanggung. Polis asuransi memberikan dasar hukum yang jelas mengenai hak dan kewajiban masing-masing pihak dalam konteks asuransi. Ketika tertanggung menghadapi situasi yang memenuhi persyaratan dalam polis, dia dapat mengajukan klaim kepada penanggung untuk memperoleh hak yang dijanjikan. Oleh karena itu, penting bagi tertanggung dan penanggung untuk memahami isi polis asuransi dengan baik agar dapat memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan dan melaksanakan kewajiban yang telah disepakati. Selain itu, dalam konteks asuransi terdapat juga istilah premi. Premi merupakan sejumlah uang yang harus dibayarkan oleh pemegang polis kepada penanggung sehubungan dengan adanya perjanjian pertanggungan (The Secret of Wealth Management, 2013).

2.3 Cadangan Klaim Asuransi

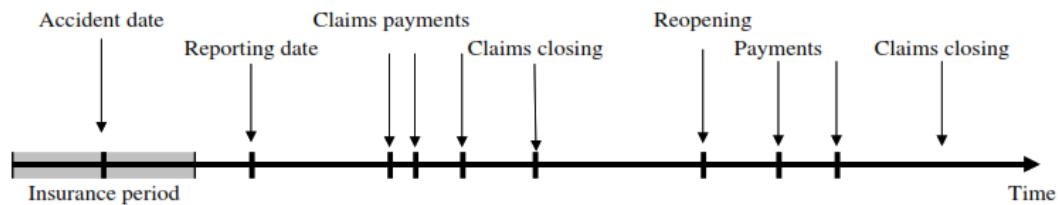
Perusahaan asuransi perlu menyiapkan alokasi dana yang cukup untuk membayarkan kepentingan klaim di masa depan untuk melindungi kepentingan pemegang polis. Karena klaim yang dilaporkan oleh pemegang polis tidak dapat diselesaikan secara langsung oleh perusahaan. Alokasi dana yang dimaksud disebut dengan istilah cadangan klaim.

Cadangan klaim merupakan sejumlah dana yang dialokasikan oleh perusahaan asuransi dalam memenuhi kewajiban terhadap pemegang polis pada



masa yang akan datang (Riyadi, 2022). Terdapat dua jenis cadangan klaim yaitu *reported claim* atau cadangan klaim RBNS (*Reported but not Settled*) dan *unreported settled* atau cadangan klaim IBNR (*Incurred but not reported*).

Proses klaim secara umum menurut Wüthrich & Merz (2008) ditampilkan dalam gambar berikut:



Gambar 2.1 Ilustrasi Proses Klaim
 Sumber: Wüthrich & Merz (2008)

Gambar 2.1 di atas menunjukkan proses penyelesaian klaim. Misalkan tertanggung mengalami kecelakaan pada *accident date*, kemudian pihak tertanggung akan melaporkan kejadian tersebut kepada perusahaan asuransi. Namun, tidak semua klaim yang terjadi dan dilaporkan dapat segera diterima. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kelengkapan berkas-berkas pendukung klaim (Hikmah & Hikmah, 2022). Setelah pelaporan klaim diterima, perusahaan akan melakukan proses pembayaran klaim, setelah proses klaim dibayarkan maka klaim akan ditutup. Klaim dapat dibuka kembali jika terjadi hal yang tidak terduga dan sangat dibutuhkan.

Rentang waktu dari tertanggung mengalami kecelakaan hingga proses pelaporan klaim diterima disebut dengan IBNR. IBNR adalah suatu peristiwa atau kejadian yang sudah terjadi namun belum dilaporkan kepada perusahaan asuransi, cadangan IBNR ini berada di antara *accident date* dan *reporting date* pada Gambar 2.1 (Adam, 2017). Oleh karena itu, IBNR disebut juga sebagai Cadangan klaim yang berhubungan dengan jumlah klaim yang akan dibayarkan perusahaan tetapi belum menjadi kewajiban perusahaan (Chadick dkk, 2009).

Periode waktu hingga laporan klaim diterima hingga klaim ditutup disebut RBNS. RBNS adalah peristiwa yang telah dilaporkan namun proses pelaporan klaim belum selesai, RBNS telah melewati proses pelaporan klaim dan pembayaran klaim belum diselesaikan.



2.4 Run Off Triangle

Run-off Triangle merupakan susunan spesifik dari data klaim masa lalu yang biasanya digunakan untuk mengestimasi cadangan klaim. Klaim yang telah diselesaikan setiap periode oleh perusahaan asuransi, hingga waktu perkiraan saat ini, disusun dalam baris berdasarkan periode kejadian dan kolom berdasarkan *development period* (Cipra, 2010).

Periode kejadian mengacu pada periode di mana klaim tertentu terjadi. Misalnya, jika segitiga tersebut melibatkan sepuluh tahun terakhir, baris pertama akan mencakup total pembayaran untuk klaim yang terjadi pada tahun pertama dari dekade tersebut. *Development period* (periode pengembangan) mengindikasikan berapa periode (sebelum diselesaikan) klaim yang diberikan dilaporkan. Data *run-off triangle* ini nantinya akan menjadi landasan perhitungan estimasi cadangan klaim (Cipra, 2010).

Run-off triangle memungkinkan kita untuk mengetahui apakah kerugian yang telah dibayar mengikuti tren selama periode kejadian atau mengikuti pola pengembangan yang umum untuk semua tahun kecelakaan. Dari tren dan pola pengembangan tersebut, maka dapat diperoleh gambaran kasar tentang jumlah pembayaran masa depan yang perlu disiapkan (Radtke & Schmidt, 2016).

Run-off triangle untuk data klaim secara *incremental* dinyatakan dengan parameter $C_{i,j}$ sebagai peubah acak besarnya klaim untuk klaim yang terjadi pada periode kejadian i dan dibayarkan pada periode penundaan (*development period*) j , dengan $1 \leq i \leq n$ dan $1 \leq j \leq n$.

Tabel 2.1 *Run-off Triangle Incremental*

| $C_{i,j}$ Tahun Kejadian (i) | <i>Development Period</i> (j) | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----|-----|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | ... | j | ... | n |
| 1 | $C_{1,1}$ | $C_{1,2}$ | $C_{1,3}$ | | | $C_{1,j}$ | $C_{1,n}$ |
| 2 | $C_{2,1}$ | $C_{2,2}$ | ... | | | | |
| 3 | $C_{3,1}$ | ... | | | | $C_{3,j}$ | |
| ... | ... | | | | | | |
| i | $C_{i,1}$ | | $C_{i,3}$ | | | | |
| ... | | | | | | | |
| m | $C_{m,1}$ | | | | | | |

berdasarkan Tabel 2.1 $C_{1,3}$ adalah peubah acak yang menyatakan besar klaim yang terjadi pada tahun pertama dan dibayarkan pada periode penundaan ke-3 yaitu



dua tahun setelah klaim terjadi. Sedangkan untuk membentuk *run-off cumulative* dapat dibentuk menggunakan $C_{i,j}$. *run-off triangle cumulative* dapat dibentuk berdasarkan *run-off triangle incremental* melalui hubungan berikut:

$$K_{i,j} = \sum_{k=1}^j C_{i,k}; \text{ Untuk } 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n \tag{2.1}$$

Tabel 2.2 *Run-off Triangle Cumulative*

| $K_{i,j}$ Tahun Kejadian (i) | Development Period (j) | | | | | | Incurred to Date (S_i^t) | Ultimate Claim |
|---|----------------------------|-----------|-----------|-----|-----------|-----|------------------------------------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | ... | j | ... | | |
| 1 | $K_{1,1}$ | $K_{1,2}$ | $K_{1,3}$ | | | | $K_{1,n}$ | $K_{1,n}$ |
| 2 | $K_{2,1}$ | $K_{2,2}$ | ... | | | | ... | ... |
| 3 | $K_{3,1}$ | ... | | | $K_{3,j}$ | | $K_{3,n}$ | $K_{3,n}$ |
| ... | ... | | | | | | ... | ... |
| i | | | $K_{i,3}$ | | | | $K_{i,n}$ | $K_{i,n}$ |
| ... | | | | | | | ... | ... |
| m | $K_{m,1}$ | | $K_{m,3}$ | | $K_{m,j}$ | | $K_{m,n}$ | $K_{m,n}$ |

Berdasarkan Tabel 2.2 di atas menggambarkan proses perkembangan klaim secara kumulatif dalam bentuk *run-off triangles* $K_{i,j}$ yang berada pada posisi segitiga bagian atas, sedangkan yang tabel yang berwarna abu adalah nilai *future triangles* atau estimasi proyeksi. Notasi $K_{1,3}$ pada tabel di atas adalah besar klaim kumulatif untuk klaim yang terjadi pada periode pertama dan diselesaikan (dilaporkan atau dibayarkan) sampai dengan *development period* ke-3. *Ultimate Claim* merupakan nilai total setelah semua klaim diselesaikan dan ditutup tanpa ada kemungkinan dibuka kembali (Friedland, 2010).

2.5 Metode Munich Chain Ladder

Misalkan $m \in \mathbb{N}$ adalah angka dari tahun terjadinya kecelakaan dengan $T = \{1, 2, \dots, n\}$ dan $n \in \mathbb{N}$ adalah *development period* (biasanya $m = n$). Untuk $i = 1, 2, \dots, m$ misalkan $P_i = (P_{i,j})_{j \in T}$ menyatakan klaim yang dibayar (*paid*) dari tahun i dan $I_i = (I_{i,j})_{j \in T}$ adalah klaim yang dilaporkan (*incurred*). Sehingga, $P_{i,j}$ menyatakan klaim yang dibayar untuk tahun kejadian i setelah



j development period, dan I_{ij} menyatakan klaim yang dilaporkan (*incurred*) untuk tahun kejadian i setelah j development period.

Selain itu, $p_i(s) := \{P_{i,1}, \dots, P_{i,s}\}$ menjelaskan kondisi bahwa waktu tunda dari kerugian yang dibayarkan pada tahun kecelakaan ke- i diberikan sampai akhir tahun penundaan ke- s dan $J_i(s) := \{I_{i,1}, \dots, I_{i,s}\}$ menjelaskan kondisi bahwa waktu tunda dari kerugian yang terjadi pada tahun kecelakaan ke- i diberikan sampai akhir tahun penundaan ke- s (Abiyu, 2015).

2.5.1 Asumsi Model

Dalam metode *Munich Chain Ladder*, format yang digunakan adalah format kumulatif sesuai dengan objek yang akan dicari yaitu mencari *ultimate claim* pada masing-masing periode untuk menghitung cadangan klaim di akhir, dengan menggunakan formula modifikasi parameter dalam metode *Chain Ladder* sebagai berikut (Quarg & Mack, 2008):

1. Asumsi model untuk kerugian yang dibayarkan (P)
 - a. Asumsi Nilai Harapan (PE); Untuk $s, t \in T$ dengan $t = s + I$, ada sebuah *development factor* $f_{s \rightarrow t}^P > 0$ sedemikian sehingga untuk semua $i = 1, \dots, n$

$$E \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,s}} \mid p_i(s) \right) = f_{s \rightarrow t}^P \quad (2.2)$$

- b. Asumsi Ragam (PV); Untuk $s, t \in T$ dengan $t = s + I$, ada sebuah konstan secara proporsional $\sigma_{s \rightarrow t}^P \geq 0$ sedemikian sehingga untuk semua $i = 1, \dots, n$

$$var \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,s}} \mid p_i(s) \right) = \frac{(\sigma_{s \rightarrow t}^P)^2}{P_{i,s}} \quad (2.3)$$

- c. Asumsi Kebebasan (PU); setiap tahun kejadian adalah independen secara stokastik. $\{P_{1,j} \mid j \in T\}, \dots, \{P_{n,j} \mid j \in T\}$

2. Asumsi Model Untuk Kerugian yang terjadi (I)
 - a. Asumsi Nilai Harapan (IE); Untuk $s, t \in T$ dengan $t = s + I$, ada sebuah *development factor* $f_{s \rightarrow t}^I > 0$ sedemikian sehingga untuk semua $i = 1, \dots, n$



$$E \left(\frac{I_{i,t}}{I_{i,s}} \mid \mathcal{J}_i(s) \right) = f_{s \rightarrow t}^I \quad (2.4)$$

- b. Asumsi Ragam (IV); Untuk $s, t \in T$ dengan $t = s + I$, ada sebuah konstan secara proporsional $\sigma_{s \rightarrow t}^I \geq 0$ sedemikian sehingga untuk semua $i = 1, \dots, n$

$$var \left(\frac{I_{i,t}}{I_{i,s}} \mid \mathcal{J}_i(s) \right) = \frac{(\sigma_{s \rightarrow t}^I)^2}{I_{i,s}} \quad (2.5)$$

- c. Asumsi Kebebasan (IU); Berbagai tahun kejadian adalah independen secara stokastik. $\{I_{1,j} \mid j \in T\}, \dots, \{I_{n,j} \mid j \in T\}$

Sehingga asumsi dari model *Chain Ladder*, bahwa periode kejadian adalah independen secara stokastik, tetapi memiliki *development factor* dan parameter σ pada tiap *development period* (Adjuwono, 2016).

Asumsi di atas dirancang untuk 1 *triangle* saja, dan tidak ada hubungan antara klaim yang dibayar (*paid*) dan klaim dilaporkan (*incurred*). Ekspektasi bersyarat menjelaskan kemungkinan terbaik untuk menduga $P_{i,t}$ kalau hanya mengetahui klaim dibayar (*paid*) untuk tahun kejadian hingga waktu s . Hal ini berlaku pula untuk klaim dilaporkan (*incurred*) (Adjuwono, 2016).

Jika kedua *triangle* klaim, yaitu *paid* dan *incurred* diketahui dan hendak dilakukan proyeksi, maka berlaku ekspektasi bersyarat sebagai berikut:

$$E \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,s}} \mid \mathcal{B}_i(s) \right) \text{ dan } E \left(\frac{I_{i,t}}{I_{i,s}} \mid \mathcal{B}_i(s) \right)$$

Dimana $\mathcal{B}_i(s) = \{P_{i,1}, \dots, P_{i,s}, I_{i,1}, \dots, I_{i,s}\}$ merupakan data-data dari *development* klaim dibayar (*paid*) dan klaim dilaporkan (*incurred*) hingga akhir dari *development period* s .

Asumsi dasar dan pengembangan model *Munich Chain Ladder* merupakan model *Chain Ladder* yang diperkenalkan oleh Mack yaitu gabungan dari klaim yang dibayar (*paid*) dan klaim yang dilaporkan (*incurred*) dimana dalam perhitungan ada ketergantungan dari *development factor* dari rasio (P/I) dan (I/P).

asumsi tambahan terkait independensi, dimana PU dan IU, dapat menjadi PUI, sebagai independensi dari periode kejadian untuk data yang dibayar (*paid*) dan klaim yang dilaporkan (*incurred*). Sehingga



diperoleh himpunan stokastik secara independen adalah $\{P_{1,j}, I_{1,j} | j \in T\}, \dots, \{P_{n,j}, I_{n,j} | j \in T\}$ yang selanjutnya didefinisikan :

$$Q_i = \frac{P_i}{I_i} = \left(\frac{P_{i,j}}{I_{i,j}} \right)_{j \in T} \quad (2.6)$$

Yang menyatakan proses (P/I)

2.5.2 Estimasi Parameter

Pada model *Munich Chain Ladder*, untuk menghitung nilai residual dan estimasi *development factor* harus dihitung semua parameter yang berkaitan, dengan asumsi $t = s + 1$.

Untuk menentukan nilai *development factor* dari $f_{s \rightarrow t}^P$ dan $f_{s \rightarrow t}^I$ untuk setiap $s = 0, 1, 2, \dots, n - 2$, dapat digunakan estimasi dari model *Chain Ladder*, yaitu :

$$\hat{f}_{s \rightarrow t}^P = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n-s} P_{i,s}} \cdot \sum_{i=1}^{n-s} P_{i,s} \cdot \frac{P_{i,t}}{P_{i,s}} = \frac{\sum_{i=1}^{n-s} P_{i,t}}{\sum_{i=1}^{n-s} P_{i,s}} \quad (2.7)$$

Dan

$$\hat{f}_{s \rightarrow t}^I = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n-s} I_{i,s}} \cdot \sum_{i=1}^{n-s} I_{i,s} \cdot \frac{I_{i,t}}{I_{i,s}} = \frac{\sum_{i=1}^{n-s} I_{i,t}}{\sum_{i=1}^{n-s} I_{i,s}} \quad (2.8)$$

Untuk setiap nilai $s = 1, 2, \dots, n - 1$, dan dapat diestimasi parameter σ dengan persamaan :

$$\begin{aligned} (\hat{\sigma}_{s \rightarrow t}^P)^2 &= \frac{1}{n - s - 1} \sum_{i=1}^{n-s} P_{i,s} \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,s}} - \hat{f}_{s \rightarrow t}^P \right)^2 \\ \sigma_{s \rightarrow t}^P &= \sqrt{(\hat{\sigma}_{s \rightarrow t}^P)^2} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Dan

$$\begin{aligned} (\hat{\sigma}_{s \rightarrow t}^I)^2 &= \frac{1}{n - s - 1} \sum_{i=1}^{n-s} I_{i,s} \left(\frac{I_{i,t}}{I_{i,s}} - \hat{f}_{s \rightarrow t}^I \right)^2 \\ \sigma_{s \rightarrow t}^I &= \sqrt{(\hat{\sigma}_{s \rightarrow t}^I)^2} \end{aligned} \quad (2.10)$$



Untuk $s = 1, 2, \dots, n$, dapat digunakan asumsi berikut untuk menentukan ekspektasi bersyarat dan variansi dari rasio (P/I) menganjurkan estimator untuk $E(Q_{i,s}|J_i(s))$ sebagai berikut :

$$\hat{q}_s = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n-s+1} I_{j,s}} \sum_{i=1}^{n-s+1} I_{i,s} Q_{i,s}$$

$$\hat{q}_s = \frac{\sum_{j=1}^{n-s+1} P_{j,s}}{\sum_{j=1}^{n-s+1} I_{j,s}} \tag{2.11}$$

Yang mana sama untuk seluruh periode kejadian. Sedangkan untuk $\sigma(Q_{i,s}|J_i(s))$ digunakan estimator

$$\frac{\hat{\rho}_s^I}{\sqrt{I_{i,s}}}$$

Dimana parameter $\hat{\rho}_s^I$ dapat didefinisikan sebagai :

$$(\hat{\rho}_s^I)^2 = \frac{1}{n-s} \sum_{j=1}^{n-s} I_{j,s} (Q_{j,s} - \hat{q}_s)^2$$

$$(\hat{\rho}_s^I) = \sqrt{(\hat{\rho}_s^I)^2} \tag{2.12}$$

Untuk nilai $s = 1, 2, \dots, n - 1$ dan sebagai catatan $\hat{\rho}_s^I$ adalah independen dari periode kejadian ke $-i$.

Menggunakan tahapan yang sama pada rasio (P/I), dapat diperoleh estimator (I/P) sebagai berikut :

$$\hat{q}_s^{-1} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n-s+1} P_{j,s}} \sum_{i=1}^{n-s+1} p_{i,s} Q_{j,s}^{-1}$$

$$\hat{q}_s^{-1} = \frac{\sum_{j=1}^{n-s+1} I_{j,s}}{\sum_{j=1}^{n-s+1} P_{j,s}} \tag{2.13}$$

Untuk $E(Q_{i,s}^{-1}|p_i(s))$ dan

$$\frac{\hat{\rho}_s^P}{\sqrt{P_{i,s}}}$$

$$(Q_{i,s}^{-1}|p_i(s))$$



Dengan nilai dari $\widehat{\rho}_s^P$ didefinisikan sebagai berikut :

$$(\widehat{\rho}_s^P)^2 = \frac{1}{n-s} \sum_{j=1}^{n-s} P_{j,s} (Q_{j,s}^{-1} - \widehat{q}_s^{-1})^2$$

$$(\widehat{\rho}_s^P) = \sqrt{(\widehat{\rho}_s^P)^2} \quad (2.14)$$

Langkah selanjutnya adalah mengestimasi residual bersyarat. Untuk menyederhanakan notasi, estimator dinotasikan dari :

$$Res \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,s}} \middle| p_i(s) \right), Res \left(\frac{I_{i,t}}{I_{i,s}} \middle| J_i(s) \right)$$

$$Res (Q_{i,s}^{-1} | p_i(s)), Res (Q_{i,s} | J_i(s))$$

menjadi $\widehat{Res}(P_{i,t}), \widehat{Res}(I_{i,t}), \widehat{Res}(Q_{i,s}), \widehat{Res}(Q_{i,s}^{-1})$ dengan :

$$\widehat{Res}(P_{i,t}) = \frac{\frac{P_{i,t}}{P_{i,s}} - \widehat{f}_{s \rightarrow t}^P}{\widehat{\sigma}_{s \rightarrow t}^P} \sqrt{P_{i,s}} \quad (2.15)$$

$$\widehat{Res}(I_{i,t}) = \frac{\frac{I_{i,t}}{I_{i,s}} - \widehat{f}_{s \rightarrow t}^I}{\widehat{\sigma}_{s \rightarrow t}^I} \sqrt{I_{i,s}} \quad (2.16)$$

$$\widehat{Res}(Q_{i,s}) = \frac{Q_{i,s} - \widehat{q}_s}{\widehat{\rho}_s^I} \sqrt{I_{i,s}} \quad (2.17)$$

$$\widehat{Res}(Q_{i,s}^{-1}) = \frac{Q_{i,s}^{-1} - \widehat{q}_s^{-1}}{\widehat{\rho}_s^P} \sqrt{P_{i,s}} \quad (2.18)$$

Parameter korelasi $\widehat{\lambda}^P$ dan $\widehat{\lambda}^I$ dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan garis regresi dengan menggunakan pendekatan garis regresi dengan menggambar garis regresi pada residual plot dari data tabel segitiga residual, dapat juga menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\widehat{\lambda}^P = \frac{1}{\sum_{i,s} \widehat{Res}(Q_{i,s}^{-1})^2} \sum_{i,s} \widehat{Res}(Q_{i,s}^{-1})^2 \frac{\widehat{Res}(P_{i,t})}{\widehat{Res}(Q_{i,s}^{-1})}$$

$$\widehat{\lambda}^P = \frac{\sum_{i,s} \widehat{Res}(Q_{i,s}^{-1}) \widehat{Res}(P_{i,t})}{\sum_{i,s} \widehat{Res}(Q_{i,s}^{-1})^2} \quad (2.19)$$



$$\hat{\lambda}^I = \frac{1}{\sum_{i,s} \widehat{Res}(Q_{i,s})^2} \sum_{i,s} \widehat{Res}(Q_{i,s})^2 \frac{\widehat{Res}(I_{i,t})}{\widehat{Res}(Q_{i,s})}$$

$$\hat{\lambda}^I = \frac{\sum_{i,s} \widehat{Res}(Q_{i,s}) \widehat{Res}(P_{i,t})}{\sum_{i,s} \widehat{Res}(Q_{i,s})^2} \quad (2.20)$$

Perhitungan segitiga *development factor* untuk setiap periode dengan menggunakan *Munich Chain Ladder* untuk :

- Klaim dibayar (*paid*) menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\widehat{ft}_{i,t}^P = \widehat{f}_{s \rightarrow t}^P + \widehat{\lambda}^P \frac{\widehat{\sigma}_{s \rightarrow t}^P}{\widehat{\rho}_s^P} \left(\frac{\widehat{\gamma}_{i,s}}{\widehat{P}_{i,s}} - \widehat{q}_s^{-1} \right) \quad (2.21)$$

- Klaim dilaporkan (*Incurred*) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\widehat{ft}_{i,t}^I = \widehat{f}_{s \rightarrow t}^I + \widehat{\lambda}^I \frac{\widehat{\sigma}_{s \rightarrow t}^I}{\widehat{\rho}_s^I} \left(\frac{\widehat{P}_{i,s}}{\widehat{\gamma}_{i,s}} - \widehat{q}_s \right) \quad (2.22)$$

Setelah didapatkan *development factor*, maka dapat diproyeksikan tabel kumulatif klaim dibayar (*paid*) dengan menggunakan persamaan :

$$\widehat{P}_{i,t} = \widehat{P}_{i,s}(\widehat{ft}_{i,t}^P) \quad (2.23)$$

Proyeksi untuk klaim dilaporkan (*incurred*), dapat dihitung menggunakan :

$$\widehat{\gamma}_{i,t} = \widehat{\gamma}_{i,s}(\widehat{ft}_{i,t}^I) \quad (2.24)$$

2.6 Metode *Cape Cod*

Metode *Cape Cod* pertama kali dikembangkan oleh Buhlmann dan Straub (1983). Pada metode ini, cadangan untuk suatu tahun kecelakaan dihitung sebagai hasil perkalian antara estimasi klaim *ultimate* dan faktor “yang belum datang”. Estimasi klaim *ultimate* diperoleh dari hasil perkalian antara premi dan estimasi rasio kerugian. Sementara faktor “*still-to-come*” adalah hasil estimasi yang menggambarkan sejauh mana klaim masih akan berkembang (Saluz, 2015).

Asumsi utama dari metode *Cape Cod* adalah di mana klaim yang belum dilaporkan akan berkembang sesuai dengan asumsi ekspektasi klaim, yang

an penurunan dengan menggunakan klaim yang dilaporkan (atau an) dan premi yang diperoleh. Pola pengembangan dalam metode *Cape* sarkan dengan asumsi klaim yang tidak dilaporkan akan berkembang



sesuai dengan asumsi ekspektasi klaim dan bukan berkembang dengan klaim yang telah dilaporkan sampai saat ini (Friedland, 2010).

Menurut Struzzieri (1998) dalam Prajitno (2021), metode *Cape Cod* merupakan metode yang paling baik dalam melakukan estimasi *a priori* dibandingkan dengan metode-metode yang lainnya. Metode *Cape Cod* dinilai mendapatkan hasil yang lebih kuat karena juga mempertimbangkan nilai dari pendapatan premi.

Metode *Cape Cod* merupakan gabungan dari metode *Chain Ladder* dan metode *Loss Ratio* dengan persamaan yang digunakan pada metode *Cape Cod* (Friedland, 2010) :

$$IBNR = \text{estimated expected claim} \times \% \text{unreported claim} \quad (2.25)$$

Meneruskan dari *run-off triangle*, akan didapatkan faktor pengembangan untuk klaim yang dilaporkan dan selanjutnya faktor pengembangan tersebut untuk menghitung persentase klaim yang dilaporkan. Konsep baru dalam metode *Cape Cod* adalah “*used-up premium*”, yang digunakan sebagai penyebut untuk menghitung estimasi rasio klaim.

Secara matematis cara menghitung IBNR dengan menggunakan metode *Cape Cod* adalah:

Menghitung *Cumulative development factor* (CDF) untuk mendapatkan pola pengembangan pada masing-masing *development period* dengan rumus sebagai berikut:

$$\gamma_s = \left\{ \left(\prod_{s=s}^n \widehat{f_{s \rightarrow t}} \right) \right. \quad (2.26)$$

Dimana $\widehat{f_{s \rightarrow t}}$ adalah *development factor* untuk klaim dilaporkan (*incurred*) dari periode *s* ke *t*.

Cumulative development factor (CDF) di setiap *development period* klaim diubah menjadi CDF untuk periode kejadian klaim dengan rumus berikut:

$$\widehat{\gamma}_i = \gamma_{n+1-i} \quad (2.27)$$

$\widehat{\gamma}_i$ adalah CDF untuk periode kejadian ke-*i*.

Untuk menghitung *used up premium* pada masing-masing periode klaim *i* dengan mengalikan premi yang diterima pada periode klaim *i* dengan persentase klaim yang dilaporkan



$$\hat{P}_i = \frac{P_i}{\hat{\gamma}_i} \quad (2.28)$$

Dimana \hat{P}_i adalah *used up premium* periode kejadian ke- i , dan P_i adalah *earned premium* periode kejadian ke- i .

Kemudian dihitung estimasi rasio klaim pada periode i dengan membagi klaim yang dilaporkan dengan premi yang digunakan untuk masing-masing periode i .

$$\widehat{CR}_i = \frac{S_i^I}{\hat{P}_i} \quad (2.29)$$

Dimana \widehat{CR}_i adalah *estimated claim ratio*, dan S_i^I adalah jumlah klaim dilaporkan (*incurred*) pada periode kejadian ke- i .

Kemudian dipilih rasio klaim yang akan digunakan untuk metode *Cape Cod* yaitu dengan menjumlahkan perkalian pendapatan premi dengan estimasi rasio klaim di setiap periode kemudian dibagi dengan total pendapatan.

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^m (\widehat{CR}_i P_i)}{\sum P_i} \quad (2.30)$$

Dimana \hat{R} adalah *claim ratio*.

Untuk mendapatkan estimasi nilai klaim dengan premi dari masing-masing periode i dikalikan dengan *selected claim ratio*.

$$\hat{S}_i = P_i \times \hat{R} \quad (2.31)$$

Dimana \hat{S}_i adalah *estimated expected claim* (estimasi nilai klaim) pada periode kejadian i)

Untuk menghitung nilai IBNR, perlu dihitung terlebih dahulu nilai *percentage unreported claim*

$$\% UnR_i = 1 - \frac{1}{\hat{\gamma}_i} \quad (2.32)$$

Dengan $\% UnR$ adalah *percentage unreported klaim* pada periode kejadian i . IBNR dapat dihitung dengan mengalikan estimasi nilai klaim dengan *percentage unreported* untuk masing-masing periode i .

$$\hat{\gamma}_i^{CC} = \hat{S}_i (\% UnR) \quad (2.33)$$



2.7 Prediction Error

Terdapat berbagai metode untuk menghitung *prediction error*, salah satunya adalah *mean absolute percentage error* (MAPE). MAPE merupakan rata-rata difrensiasi absolut antara nilai peramalan dan nilai aktual (Rusdy dkk, 2022).

Persamaan yang digunakan untuk memperoleh nilai MAPE yaitu:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100\% \quad (2.34)$$

Dimana y_t adalah nilai aktual dan \hat{y}_t adalah nilai peramalan. Interpretasi nilai MAPE diperlihatkan pada Tabel 2.3 (Lewis, 1982).

Tabel 2.3 Tabel kinerja MAPE

| Rentang Nilai | Keterangan |
|----------------------------|----------------------------|
| $MAPE \leq 10\%$ | Prediksi sangat akurat |
| $10\% \leq MAPE \leq 20\%$ | Prediksi yang baik |
| $20\% \leq MAPE \leq 50\%$ | Prediksi yang layak |
| $50\% < MAPE$ | Prediksi yang tidak akurat |

