

**IMPLIKASI MODEL COX REGRESSION DALAM PENENTUAN PREMI
ASURANSI JiWA PADA DATA SURVIVAL PT ASURANSI BRI LIFE
CABANG MAKASSAR**

SKRIPSI



MUH. ROJIL ALHAMDI

H081201038

**PROGRAM STUDI ILMU AKTUARIA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
JANUARI 2024**

**IMPLIKASI MODEL COX REGRESSION DALAM
PENENTUAN PREMI ASURANSI JIWA PADA DATA SURVIVAL PT
ASURANSI BRI LIFE CABANG MAKASSAR**

SKRIPSI

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

**MUH. ROJIL ALHAMDI
H081201038**

**PROGRAM STUDI ILMU AKTUARIA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
JANUARI 2024**

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

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

IMPLIKASI MODEL COX REGRESSION DALAM PENENTUAN PREMI ASURANSI JIWA PADA DATA SURVIVAL PT ASURANSI BRI LIFE CABANG MAKASSAR

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

Makassar, 31 Januari 2024



Muh. Rojil Alhamdi


NIM: H081201038

**IMPLIKASI MODEL COX REGRESSION DALAM PENENTUAN PREMI
ASURANSI JIWA PADA DATA SURVIVAL PT ASURANSI BRI LIFE
CABANG MAKASSAR**

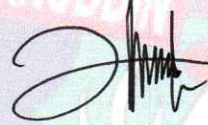
Disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama



Edy Saputra Rusdi, S.Si., M.Si.
NIP. 199104102020053001



Ainun Mawaddah Abdal, S.Si., M.Si.
NIP. 199301152021074001

Pada 31 Januari 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Muh. Rojil Alhamdi
NIM : H081201038
Program Studi : Ilmu Aktuaria
Judul Skripsi : Implikasi Model Cox Regression dalam Penentuan
Premi Asuransi Jiwa pada Data Survival PT
Asuransi BRI Life Cabang Makassar

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	: Edy Saputra Rusdi, S.Si., M.Si	(.....)
Sekretaris	: Ainun Mawaddah Abdal, S.Si.,M.Si.	(.....)
Anggota	: Dr. Andi Muhammad Anwar, S.Si., M.Si	(.....)
Anggota	: Illuminata Wynnie, S.Si., M.Si.	(.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 31 Januari 2024

HALAMAN PENGESAHAN

**IMPLIKASI MODEL COX REGRESSION DALAM PENENTUAN
PREMI ASURANSI JIWA PADA DATA SURVIVAL
PT ASURANSI BRI LIFE CABANG MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

**MUH. ROJIL ALHAMDI
H081201038**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Ilmu Aktuaria Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Pada tanggal 31 Januari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama


Edy Saputra Rusdi, S.Si., M.Si.

NIP. 199104102020053001


Ainun Mawaddah Abdal, S.Si., M.Si.

NIP. 199301152021074001

Kepala Program Studi



Prof. Hasmawati, M.Si.

NIP. 196412311990032007



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala, karena dengan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implikasi Model Cox Regression dalam Penentuan Premi Asuransi Jiwa pada Data Survival PT Asuransi BRI Life Cabang Makassar”.

Skripsi ini disusun dan diajukan sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Sarjana Aktuaria di Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Banyak pengalaman dan makna berharga yang dapat menjadi pelajaran bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ayahanda **Nur Alim** dan ibunda **Rohani**, serta Kakanda **Muh. Alfy Syahrin Jalil** dan Adinda **Dafy Abyan Alim** yang selalu memberikan doa, dukungan, serta kasih sayang yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selain itu, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini dapat selesai tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan hingga pada penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini dengan segala ketulusan dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku rektor Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Bapak **Dr. Eng Amiruddin, M.Si.**, selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta jajarannya dan **Staf Fakultas MIPA** yang telah membantu dan memudahkan penulis dalam segala hal administrasi.
3. Bapak **Dr. Firman, S.Si., M.Si.** selaku Ketua Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Bapak dan Ibu **Dosen Prodi Ilmu Aktuaria** yang dengan tulus telah memberikan banyak ilmu dan pelajaran berharga, serta **Staf Departemen Matematika** yang telah membantu proses administrasi dalam penyusunan skripsi ini.

4. Ibu **Prof. Hasmawati, M.Si.**, selaku Ketua Program Studi Ilmu Aktuaria, Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
5. Bapak **Edy Saputra Rusdi, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Utama penulis yang dengan ikhlas meluangkan waktu di tengah kesibukannya untuk membimbing serta memberikan arahan dalam masa studi hingga penyusunan skripsi ini.
6. Ibu **Ainun Mawaddah Abdal, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Pertama sekaligus Penasihat Akademik penulis yang dengan tulus memberikan kesediaannya untuk membantu dan memberikan arahan dalam masa studi hingga proses penyusunan skripsi ini.
7. Bapak **Dr. Andi Muhammad Anwar S.Si., M.Si.** dan Ibu **Illuminata Wynnies, S.Si., M.Si.**, selaku Dosen Penguji yang senantiasa memberikan waktu dan kesediaannya untuk memberikan kritik dan masukan yang berharga dalam pelaksanaan seminar proposal hingga sidang skripsi.
8. Bapak/Ibu **Dosen Program Studi Ilmu Aktuaria** yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang berharga selama proses perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi berjalan dengan lancar.
9. Bapak/Ibu **Pegawai PT. Asuransi BRI Life Cabang Makassar** yang memberikan saya kesempatan dan bantuan untuk melakukan penelitian sekaligus menerima saya untuk melaksanakan program magang mandiri yang memberikan banyak pelajaran dan pengalaman berharga.
10. Teman – teman penulis, “**DomRoom**” yang selalu memberikan tawa, doa, dukungan, semangat satu sama lain sehingga penulis dapat termotivasi menyelesaikan proses penyusunan skripsi ini.
11. Teman seperjuangan penulis, **Nur Ifni Indriatna Irta** yang berkontribusi memberikan saran dan masukan serta menjadi saksi perjuangan penulis dalam proses penyusunan proposal penelitian hingga skripsi.
12. Seluruh teman – teman program studi Ilmu Aktuaria Angkatan 2020 yang telah hadir memberikan semangat, keceriaan, dan dukungan selama masa perkuliahan.

13. Terakhir, saya ingin berterima kasih kepada diri saya sendiri yang telah berjuang dan bertahan melewati banyak hal dalam masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, atas segala kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, penulis memohon maaf dan bersedia menerima kritik, saran, dan masukan yang membangun. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Akhir kata, penulis berharap Allah Subhanahu wa Ta'ala memberikan balasan atas segala kebaikan bagi semua pihak yang telah membantu penulis hingga penyelesaian skripsi ini.

Makassar, 31 Januari 2024



Muh. Rojil Alhamdi

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

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

Nama : Muh. Rojil Alhamdi
NIM : H081201038
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:

**Implikasi Model Cox Regression dalam Penentuan Premi Asuransi Jiwa
pada Data Survival PT Asuransi BRI Life Cabang Makassar**

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 sebenar-benarnya.

Dibuat di Makassar
Pada Tanggal 31 Januari 2024
Yang menyatakan



Muh. Rojil Alhamdi

ABSTRAK

Dalam menghadapi ketidakpastian di masa yang akan datang yakni kematian, perlu dilakukan pengelolaan risiko dengan asuransi jiwa. Asuransi jiwa memberikan kewajiban bagi nasabah untuk membayar sejumlah uang ke perusahaan asuransi jiwa yang kemudian dialokasikan untuk santunan dan manfaat kepada penerima manfaat jika bertanggung meninggal dunia. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan implikasi dari model *Cox Regression* dalam penentuan premi asuransi jiwa pada data *survival* PT Asuransi BRI Life Cabang Makassar menggunakan metode estimasi parameter *Maximum Partial Likelihood Estimation* (MPLE) atau Breslow Partial Likelihood apabila terdapat kejadian bersama (*ties*). Hasil penelitian ini menunjukkan implikasi model *Cox Regression* dalam penentuan premi asuransi jiwa, yakni pada proses pengidentifikasian dan perhitungan tingkat kematian (*mortality rate*) dari faktor yang krusial yaitu usia masuk dan status merokok dari keempat faktor yang memengaruhi kematian (*event*) yang terdiri dari usia masuk, jenis kelamin, BMI, dan status merokok. Kemudian model ini memberikan penyesuaian perhitungan premi berdasarkan tingkat kematian (*mortality rate*). Oleh karena itu, penentuan premi yang adil dan tepat sasaran sesuai kondisi dan karakteristik nasabah dapat menjaga keseimbangan keuangan perusahaan.

Kata Kunci: Premi, Asuransi Jiwa, *Cox Regression*, Data *Survival*

Judul : Implikasi Model Cox Regression dalam Penentuan Premi Asuransi Jiwa pada Data Survival PT Asuransi BRI Life Cabang Makassar
Nama : Muh. Rojil Alhamdi
NIM : H081201038
Program Studi : Ilmu Aktuaria

ABSTRACT

In the face of uncertainty in the future, namely death, it is necessary to manage risk with life insurance. Life insurance entails customers paying a certain amount of money to the life insurance company, which is then allocated for compensation and benefits to the beneficiaries in the event of the insured's death. This study aims to describe the implications of the Cox Regression model in determining life insurance premiums on survival data of PT Asuransi BRI Life Service Office Makassar using the Maximum Partial Likelihood Estimation (MPLE) or Breslow Partial Likelihood parameter estimation method if there are co-occurrences (ties). The results of this study show the implications of the Cox Regression model in determining life insurance premiums, namely in the process of identifying and calculating the mortality rate of crucial factors, namely age of entry and smoking status of the four factors that affect death (event) consisting of age of entry, gender, BMI, and smoking status. Then this model provides an adjustment to the premium calculation based on the mortality rate. Therefore, determining a fair and targeted premium according to the conditions and characteristics of the customer can maintain the company's financial balance.

Keywords: *Premium, Life Insurance, Cox Regression, Survival Data*

Title : Implication of Cox Regression Model in Determining Life Insurance Premiums on Survival Data of PT Asuransi BRI Life Service Office Makassar

Name : Muh. Rojil Alhamdi

Student ID : H081201038

Study Program : Actuarial Science

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Asuransi.....	6
2.1.1 Premi.....	6
2.1.2 Asuransi Jiwa.....	7
2.1.3 PT Asuransi BRI Life	7
2.2 Analisis <i>Survival</i> (<i>Survival Analysis</i>)	8
2.1.1 Fungsi Kepadatan Peluang.....	8
2.1.2 Fungsi <i>Survival</i>	9
2.1.3 Fungsi <i>Hazard</i>	9
2.3 Data Tersensor (<i>Censored Data</i>)	10
2.4 Pemodelan <i>Cox Regression</i>	12
2.4.1 Pengecekan Asumsi Model <i>Cox Regression</i>	12

2.4.2	Model <i>Cox Regression</i>	15
2.5	Uji Signifikansi Parameter	17
2.5.1	Uji Signifikansi Secara Serentak (<i>Overall Parameter Significance Test</i>).....	17
2.5.2	Uji Signifikansi Secara Parsial (<i>Partial Parameter Significance Test</i>).....	18
2.6	<i>Maximum Partial Likelihood Estimation</i> (MPLE).....	18
2.7	Metode <i>Breslow Partial Likelihood</i> untuk Kejadian Bersama (<i>Ties</i>).....	20
2.8	Penentuan Premi Asuransi Jiwa	21
2.8.1	Tingkat Kematian (<i>Mortality Rate</i>)	21
2.8.2	Premi Asuransi Jiwa (<i>Insurance Life Premium</i>)	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Pendekatan dan Jenis Penelitian.....	25
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.3	Objek Penelitian	25
3.4	Jenis dan Sumber Data	25
3.5	Metode Pengumpulan Data	26
3.6	Metode Analisis Data	27
3.7	Alur Kerja.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Data Penelitian	29
4.2	Analisis Deskriptif Tiap Variabel	29
4.3	Estimasi Parameter Model Awal <i>Cox Regression</i>	32
4.4	Pengecekan Asumsi Proportional Hazard	32
4.5	Uji Signifikansi Variabel Independen.....	33
4.6	Penentuan Premi Asuransi Jiwa	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		42
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....		43
LAMPIRAN.....		45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Data Tersensor Kanan (*Right-Censored*).....11
Gambar 2.2 Data Tersensor Kiri (*Left-Censored*) 12
Gambar 2.3 Data Tersensor Interval (*Interval-Censored*)..... 12
Gambar 2.4 Dua Tipe Graphical Technique dalam Pengecekan asumsi
Proportional Hazard (PH) 13
Gambar 2.5 Ilustrasi Kejadian Bersama (*Ties*) pada Data *Survival* 20
Gambar 3.1 Alur Kerja Penelitian 28

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Analisis Deskriptif Tiap Variabel.....	30
Tabel 4.2 Analisis Deskriptif Variabel Usia	30
Tabel 4.3 Analisis Deskriptif Variabel Jenis Kelamin.....	31
Tabel 4.4 Analisis Deskriptif Variabel BMI	31
Tabel 4.5 Analisis Deskriptif Variabel Status Merokok	31
Tabel 4.6 Estimasi Parameter	32
Tabel 4.7 Uji GOF (<i>Goodness-of-Fit</i>)	33
Tabel 4.8 Uji Signifikansi Secara Serentak	34
Tabel 4.9 Uji Signifikansi Secara Parsial	34
Tabel 4.10 Tingkat Kematian (<i>Mortality Rate</i>)	36
Tabel 4.11 Perhitungan Mortality Rate untuk Usia 40 sampai 45 tahun.....	39
Tabel 4.12 Perhitungan Premi Bersih Tahunan Usia Masuk 40 Tahun dengan Variasi Nilai Suku Bunga.....	40
Tabel 4.13 Perhitungan Premi Bersih Tahunan Usia Masuk 30 Tahun dengan Variasi Nilai Suku Bunga.....	40

DAFTAR NOTASI

<u>Notasi</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Halaman</u>
T	: variabel acak waktu <i>survival</i>	
t	: waktu <i>survival</i>	
Δt	: interval waktu	
$f(t)$: fungsi kepadatan peluang (<i>probability density function</i>)	
$S(t)$: fungsi <i>survival</i>	
$h(t)$: fungsi <i>hazard</i>	
T_i	: waktu <i>survival</i> untuk individu ke- i	
C_i	: waktu tersensor untuk individu ke- i	
X	: variabel (skalar) dan \mathbf{X} bersifat vektor	
\hat{r}_{ji}	: estimasi residual <i>Schoenfeld</i> dari variabel j untuk individu ke- i	
x_{ji}	: nilai variabel j untuk individu ke- i dengan $j = 1, 2, 3, \dots, p$	
δ_i	: indikator <i>censoring</i> untuk individu ke- i	
\hat{a}_{ji}	: rata-rata terukur dari nilai kovariat	
\dot{X}	: <i>Schoenfeld residual</i> untuk setiap variabel	
Y	: Urutan (<i>rank</i>) waktu kegagalan.	
$h_0(t)$: fungsi dasar <i>hazard</i> (<i>baseline hazard function</i>),	
β	: parameter regresi (skalar)	
x	: nilai dari setiap variabel bebas X	
G	: statistik uji berdistribusi <i>chi-square</i> dengan derajat kebebasan sebesar p (jumlah kovariat).	
L_0	: nilai <i>likelihood</i> tanpa variabel independen	
L_1	: nilai <i>likelihood</i> dengan variabel independen	
W	: statistic uji <i>Wald</i> yang berdistribusi <i>chi-square</i>	
$\hat{\beta}_k$: koefisien dari variabel bebas ke- k (skalar)	

- $SE(\hat{\beta}_k)$: standar error dari koefisien variabel bebas ke- k
 $L_j(\beta)$: *likelihood* untuk individu ke- j dengan β bersifat vektor
 $L(\beta)$: *partial likelihood* maksimum untuk seluruh individu
 $D(t_i)$: himpunan individu yang mengalami *event* pada waktu (t) ke- i
 $R(t_i)$: himpunan individu yang berisiko mengalami *event* pada saat t_i
 k : banyaknya individu yang tidak tersensor
 d_i : banyaknya *ties* pada saat t_i
 $\hat{h}_i(t)$: estimasi fungsi *hazard* untuk individu ke- i
 $\hat{H}_0(t)$: estimasi fungsi dasar *hazard* kumulatif (*cumulative baseline hazard function*)
 d_i : jumlah individu yang meninggal (*died*) pada waktu t_i .
 $\hat{S}_i(t)$: estimasi fungsi *survival*
 ${}_t p_x$: peluang bahwa seseorang yang berumur (x) bertahan hingga umur $x + t$
 q_x : peluang individu yang saat ini berusia x akan meninggal sebelum mencapai usia $x + 1$
 p_x : peluang individu yang saat ini berusia x akan bertahan hingga mencapai usia $x + 1$
 P : besaran premi bersih tahunan (*single net premium*) yang dibayarkan oleh pemegang polis
 $A_{\overline{t:n}|}$: ekspektasi nilai manfaat sekarang (*present value of benefit*)
 $\ddot{a}_{\overline{t:n}|}$: anuitas langsung (*immediate annuity*)
 v : tingkat diskon (*discount rate*)
 S : jumlah uang pertanggungan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kematian merupakan suatu hal yang tidak bisa dihindari dan pasti akan terjadi di masa yang akan datang. Waktu kematian tidak dapat diprediksi karena kematian termasuk suatu ketidakpastian. Dalam menghadapi ketidakpastian tersebut, perlu dilakukan pengelolaan risiko yakni dengan asuransi jiwa. Asuransi jiwa merupakan layanan yang diberikan oleh perusahaan asuransi yang berkaitan dengan hidup atau meninggalnya seseorang yang dipertanggungjawabkan (Aprijon, 2021). Dengan adanya asuransi jiwa, keluarga pemegang polis atau ahli waris terlindungi dari beban finansial seperti membayar utang, biaya hidup, pendidikan anak, atau kebutuhan finansial lainnya. Asuransi jiwa dapat diklaim di perusahaan asuransi dalam bentuk santunan apabila pemegang polis meninggal dunia selama masa pertanggungjawaban polis. Tentunya pemegang polis memiliki kewajiban untuk membayarkan sejumlah uang ke perusahaan asuransi atau biasa disebut dengan premi. Premi merupakan sejumlah uang yang dibayarkan oleh tertanggung kepada perusahaan yang besarnya sudah ditentukan yang kemudian akan dialokasikan oleh perusahaan asuransi untuk santunan atau manfaat yang akan dikembalikan ke tertanggung (pemegang polis). Premi yang dibayarkan ke perusahaan asuransi berbeda-beda setiap individu tergantung faktor-faktor seperti peluang hidup, tingkat bunga, dan berbagai faktor lainnya (Iriana *et al.*, 2020).

Dalam memperoleh informasi faktor-faktor yang memengaruhi besaran jumlah premi setiap individu, perusahaan asuransi terlebih dahulu melakukan proses *underwriting* setelah pemohon melakukan pendaftaran untuk menjadi seorang nasabah. *Underwriting* merupakan kegiatan perusahaan asuransi dengan tujuan untuk menilai risiko yang diterima untuk memberikan asuransi kepada nasabah, menentukan besaran premi yang sesuai dan ketentuan asuransi, serta membentuk portofolio asuransi yang menguntungkan (Toshmurzaevich, 2020). Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah penentuan besaran nilai premi yang tepat sesuai kondisi pemohon (calon tertanggung) untuk menghindari *polis*

lapse yang nantinya akan merugikan PT Asuransi BRI Life. Hasil penelitian Potalangi *et al.* (2022) pada perusahaan asuransi jiwa konvensional yang terdaftar di Otoritas Jasa Keuangan (OJK) di periode 2017 - 2021 menyatakan bahwa secara parsial, terdapat pengaruh positif antara pendapatan premi dengan laba perusahaan asuransi jiwa, sehingga meningkatnya pendapatan premi akan diikuti dengan meningkatnya laba perusahaan asuransi jiwa. PT Asuransi BRI Life sendiri mengalami penurunan laba yang awalnya sebesar 200.151 (juta rupiah) pada tahun 2020 menjadi sebesar 6.600 (juta rupiah) di tahun 2021, sehingga persentase penurunan laba sebesar 96,64% (OJK, 2022).

Model *cox regression* yang digunakan dalam penelitian ini diperkenalkan pertama kali oleh D. R. Cox pada tahun 1972 dalam *Journal of The Royal Statistical Society*. Sanusi *et al.*, (2018) mengaplikasikan model *cox regression* untuk menganalisis ketahanan hidup pasien penderita diabetes mellitus. Selain itu, Fajarini & Fatekurohman (2018) menggunakan model *cox regression* ini untuk menganalisis faktor – faktor yang memengaruhi premi asuransi jiwa. Kedua penelitian tersebut sama-sama memanfaatkan nilai *hazard ratio* yang dihasilkan model dari variabel-variabel setiap individu untuk kemudian diaplikasikan pada masing-masing keperluan analisis. Model *cox regression* tergolong semiparametrik yang menggabungkan metode parametrik dan non parametrik, dengan fungsi *baseline hazard* mengikuti model - model non parametrik dan variabel bebasnya mengikuti model parametrik. Selain itu, fungsi dari *baseline hazard* bergantung pada waktu tanpa melibatkan kovariat (variabel independent/prediktor). Oleh karena itu, model *cox regression* ini lebih sering digunakan karena walaupun nilai *baseline hazard* tidak diketahui, model akan tetap memberikan informasi mengenai *hazard ratio* (HR) (Dukalang, 2019).

Dalam suatu data survival yang diperoleh, terdapat data berupa waktu bertahan (*time-to-event*) dan status kejadian (*event status*). Kedua hal tersebut dapat menjadi masalah dalam penelitian ini jika *event* terjadi pada dua atau lebih individu pada waktu yang bersamaan. Akibatnya, kejadian tersebut akan berpengaruh pada proses pembentukan *partial likelihood*. Dalam penelitian ini, metode *Maximum Partial Likelihood Estimation* (MPLE) digunakan untuk

mengestimasi parameter Model *Cox Regression*. Data yang diambil dalam metode ini hanya data individu - individu yang mengalami kejadian (*event*) saja. Artinya Metode MPLE digunakan hanya mencakup pada individu yang memiliki status peristiwa telah terjadi (*event*), sehingga tidak memperhitungkan data dari individu yang berstatus belum terjadi (*censored*) (Ainurrochmah *et al.*, 2021). Allison (2010) dalam (Soraya *et al.*, 2018) menyatakan bahwa kejadian yang bersamaan tersebut dinamakan *ties* dan dapat diatasi dengan menggunakan metode Efron, metode Breslow, dan metode *Exact*. Perhitungan metode *Exact* terlalu rumit dan jika membandingkan metode Breslow dan metode Efron, metode Breslow terlihat lebih sederhana dan proses perhitungannya lebih cepat. Oleh karena itu, metode Breslow yang akan digunakan pada penelitian ini.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan, maka penulis tertarik meneliti tentang penentuan premi asuransi jiwa dengan judul masalah **“Implikasi Model *Cox Regression* dalam Penentuan Premi Asuransi Jiwa pada Data Survival PT Asuransi BRI Life Cabang Makassar”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, maka rumusan masalah yang akan disusun pada penelitian ini adalah bagaimana implikasi model *Cox Regression* dalam penentuan premi asuransi jiwa pada data survival PT Asuransi BRI Life Cabang Makassar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui implikasi model *Cox Regression* dalam penentuan premi asuransi jiwa pada data survival PT Asuransi BRI Life Cabang Makassar.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang baik untuk berbagai pihak seperti:

1. Bagi calon pemegang polis dapat mengetahui faktor-faktor apa saja yang dapat memengaruhi besaran premi asuransi jiwa yang akan dibayarkan ke perusahaan asuransi sehingga dapat memperkirakan dan mempersiapkan

dana yang cukup untuk pembayaran premi ke perusahaan. Calon pemegang polis juga mendapatkan transparansi perhitungan premi yang adil sesuai situasi dan kondisi yang sebenarnya.

2. Bagi perusahaan asuransi jiwa dapat menjadi masukan untuk proses penentuan premi asuransi jiwa untuk menghindari terjadinya kerugian akibat *polis lapse* (polis asuransi yang kadaluwarsa) karena kondisi keuangan pemegang polis.
3. Bagi peneliti selanjutnya dapat dijadikan pembelajaran untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

- 1) Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data survival nasabah PT Asuransi BRI Life Cabang Makassar periode November 2018 sampai Oktober 2023.
- 2) Metode yang digunakan untuk mengestimasi parameter model *Cox Regression* adalah metode *Maximum Partial Likelihood Estimation* (MPLE) dan metode *Breslow* apabila terdapat kejadian bersama (*ties*).
- 3) Perhitungan premi menggunakan jenis anuitas langsung (*immediate annuity*) dengan periode waktu (n) untuk asuransi jiwa berjangka adalah 5 tahun.
- 4) Suku bunga divariasikan berdasarkan BI Rate yaitu 5,5% , 5,75%, dan 6%.
- 5) Taraf signifikansi (α) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,01.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan ini dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi penjelasan mengenai latar belakang pemilihan judul, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta batasan dari penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka berisi penjelasan mengenai landasan teori yang mendasari penelitian, tinjauan umum mengenai variabel dalam penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab metode penelitian berisi penjelasan mengenai pendekatan dan jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, objek penelitian, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data dan alur kerja.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab hasil dan pembahasan berisi penjelasan setelah dilakukan penelitian. Hal tersebut mencakup gambaran umum objek penelitian, hasil analisis data dan hasil analisis perhitungan statistik serta pembahasan.

BAB V PENUTUP

Bab penutup berisi penjelasan mengenai kesimpulan dari hasil yang diperoleh setelah dilakukan penelitian. Selain itu, disajikan pula keterbatasan serta saran yang dapat menjadi pertimbangan bagi penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Asuransi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, asuransi didefinisikan sebagai pertanggunggaan (perjanjian antara dua pihak, pihak yang satu berkewajiban membayar iuran dan pihak yang lain berkewajiban memberikan jaminan sepenuhnya kepada pembayar iuran apabila terjadi sesuatu yang menimpa pihak pertama atau barang miliknya sesuai dengan perjanjian yang dibuat). Dalam Undang - Undang No. 40 Tahun 2014 Tentang Perasuransian Pasal 1 Ayat (1) berbunyi “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”.

2.1.1 Premi

Undang - Undang No. 14 Tahun 2014 Tentang Perasuransian Pasal 1 Ayat (29) berbunyi “Premi adalah sejumlah uang yang ditetapkan oleh Perusahaan Asuransi atau perusahaan reasuransi dan disetujui oleh Pemegang Polis untuk dibayarkan berdasarkan perjanjian Asuransi atau perjanjian reasuransi atau sejumlah uang yang ditetapkan berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan yang mendasari program asuransi wajib untuk memperoleh manfaat”. Premi ini akan dibebankan kepada tertanggung dan harus dibayar ke perusahaan. Premi yang sudah ditetapkan tersebut sudah melewati proses perhitungan

berdasarkan nilai risiko masing – masing tertanggung. Semakin besar risiko tertanggung, semakin besar pula premi yang harus dibayar oleh tertanggung. Ada beberapa jenis premi asuransi jiwa, antara lain premi tahunan dan premi tahunan (Aprijon, 2021).

2.1.2 Asuransi Jiwa

Asuransi Jiwa merupakan suatu perjanjian asuransi yang menempatkan perusahaan asuransi jiwa untuk mempertanggungkan jiwa seseorang yang berkepentingan, baik untuk jangka waktu tertentu maupun sepanjang hidupnya (Suhardi, 2021). Menurut Dickson *et al.* (2009), transaksi dasar yang diterapkan oleh asuransi jiwa sebenarnya adalah sebuah ‘pertukaran’, dimana pemegang polis akan membayar premi sebagai imbalan untuk kemudian hari akan diberikan kembali oleh perusahaan asuransi, tergantung pada kematian atau kelangsungan hidup atau kesehatan pemegang polis. Sesuai dengan istilah ‘asuransi’, manfaat tersebut akan dibayarkan sekaligus baik itu pada saat kematian pemegang polis atau asuransi telah jatuh tempo (*maturity date*).

2.1.3 PT Asuransi BRI Life

Dilansir dari laman web BRI Life, PT Asuransi Jiwa Bringin Jiwa Sejahtera yang sekarang dikenal dengan nama PT Asuransi BRI Life didirikan pada tahun 1987 dan kemudian mendapat izin usaha dari Menteri Keuangan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Keuangan Republik Indonesia pada tanggal 10 Oktober 1988 dan Akta Pendirian No. 116 di hadapan notaris Ny. Poerbaningsih Adi Warsito. Berikut ini adalah jenis – jenis perlindungan yang ditawarkan oleh PT Asuransi BRI Life.

1. Perlindungan Jiwa dan Kesehatan
2. Proteksi dan Investasi
3. Perlindungan Jiwa dan Kecelakaan
4. Perlindungan Hari Tua
5. Perlindungan Penyakit Kritis
6. Asuransi Pendidikan

2.2 Analisis Survival (Survival Analysis)

Analisis *survival* atau bisa juga disebut analisis ketahanan hidup merupakan suatu cabang dari ilmu statistik yang bertujuan untuk menganalisis dan memodelkan data dimana hasilnya merupakan waktu bertahan hingga peristiwa khusus terjadi (*survival time*) (Wang *et al.*, 2019). Waktu bertahan (*survival time*) ini dimulai dari waktu awal pengamatan (*origin time*) sampai peristiwa khusus terjadi (*event time* atau *endpoint*). Peristiwa khusus (*event*) bisa berupa apa pun yang memiliki signifikansi dalam konteks studi, seperti kematian, penyakit, cacat, kegagalan perangkat, atau peristiwa lain yang menjadi fokus penelitian. Fungsi - fungsi dalam distribusi waktu *survival* merupakan suatu fungsi yang menggunakan variabel acak waktu *survival* yang biasanya dinotasikan sebagai T sehingga variabel acak T bernilai positif atau $T \geq 0$. Lee dan Wang (2003) dalam Wang *et al.*, (2019) ada tiga cara yang menyatakan distribusi dari variabel acak T , yakni :

- 1) fungsi kepadatan peluang;
- 2) fungsi *survival*
- 3) fungsi *hazard*

2.1.1 Fungsi Kepadatan Peluang

Fungsi kepadatan peluang atau *Probability Density Function* (PDF) didefinisikan sebagai fungsi yang mendeskripsikan distribusi peluang untuk suatu individu mengalami kematian atau *event* dalam interval waktu t hingga $t + \Delta t$, dimana Δt menunjukkan interval waktu yang kecil, untuk kasus diskrit. Lee dan Wang (2003) dalam Wang *et al.* (2019) merumuskan secara matematis fungsi kepadatan peluang sebagai berikut.

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{P(\text{terjadinya event pada individu dalam interval waktu})}{\Delta t} \right]$$

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{P(t \leq T < (t + \Delta t))}{\Delta t} \right] = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t} \right] \quad (2.1)$$

Dalam kasus tersebut, $F(t)$ merupakan fungsi distribusi kumulatif kontinu dari T apabila T merupakan variabel acak positif pada interval $[0, \infty)$. Sehingga dapat didefinisikan $f(t)$ turunan dari $F(t)$ yang merupakan peluang suatu individu mengalami *event* kurang dari sama dengan waktu t , yaitu :

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(t) dt$$

$$F'(t) = \frac{d(\int_0^t f(x) dx)}{dt} = f(t) \quad (2.2)$$

2.1.2 Fungsi *Survival*

Fungsi *Survival* atau fungsi ketahanan hidup merupakan salah satu tujuan utama dalam analisis *survival* yang mana fungsi ini bertujuan untuk merepresentasikan probabilitas suatu individu dapat bertahan hidup lebih dari waktu t . Secara matematis, fungsi *Survival* atau $S(t)$ dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$S(t) = P(\text{individu dapat bertahan lebih dari } t)$$

$$S(t) = P(T > t)$$

$$S(t) = 1 - P(\text{individu tidak dapat bertahan hingga } t)$$

$$S(t) = 1 - P(T \leq t) = 1 - F(t) \quad (2.3)$$

Terdapat sifat-sifat dari fungsi *survival* yang secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$S(t) = \begin{cases} 1, & \text{untuk } t = 0 \\ 0, & \text{untuk } t > 0 \end{cases}$$

Sifat – sifat tersebut dapat diartikan bahwa peluang individu dapat bertahan hingga waktu (t) 0 adalah 1, sedangkan seiring berjalannya waktu yang lebih dari 0 hingga tidak terbatas (∞), peluang individu dapat bertahan semakin kecil hingga akhirnya mencapai nol.

2.1.3 Fungsi *Hazard*

Fungsi *Hazard* dinotasikan $h(t)$ menggambarkan seberapa mungkin suatu peristiwa akan terjadi pada waktu tertentu t , dengan mempertimbangkan bahwa

belum ada peristiwa yang terjadi sebelumnya. Secara matematis, fungsi *hazard* dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr(t \leq T < t + \Delta t \mid T \geq t)}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t \cdot S(t)} = \frac{f(t)}{S(t)} \end{aligned} \quad (2.4)$$

2.3 Data Tersensor (*Censored Data*)

Untuk data *survival*, waktu bertahan (*time to event*) hanya untuk individu yang mengalami *event* dalam masa observasi berlangsung. Di sisi lain masih ada individu observasi yang datanya tersensor. Menurut Wang *et al.* (2019), data suatu individu akan tersensor apabila pengamat kehilangan jejak individu selama masa observasi atau *event* terjadi setelah pengamatan berakhir. Kondisi tersebut dinamakan data tersensor, data yang tidak dapat diobservasi secara utuh karena tiga hal sebagai berikut.

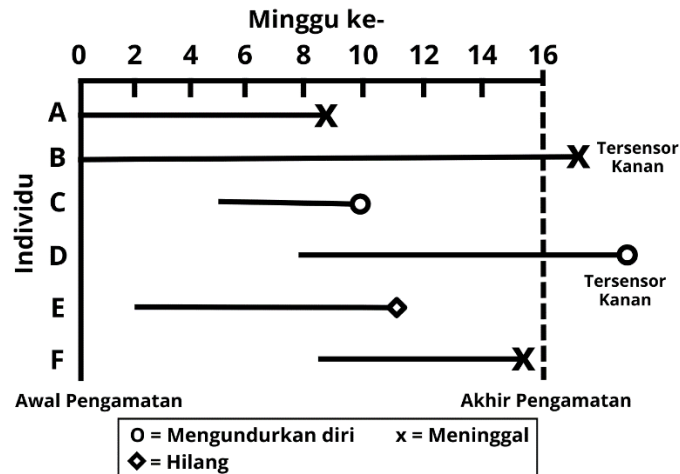
- a. Mengundurkan diri dari pengamatan;
- b. Kehilangan jejak; dan
- c. Pengamatan berakhir namun *event* belum terjadi pada individu tersebut.

Dengan kata lain, pengamat hanya dapat mengambil salah satunya, antara waktu ketahanan hidup (T_i) atau waktu tersensor (C_i) untuk individu ke- i . Menurut Kleinbaum & Klein (2012), terdapat tiga macam penyensoran data, diantaranya adalah sebagai berikut.

1) Tersensor Kanan (*Right-Censored*)

Data *survival* biasanya tersensor kanan apabila terdapat situasi di mana waktu *survival* sebenarnya dari individu observasi menjadi tidak lengkap di sisi kanan periode pengamatan (*follow-up period*). Alasannya karena *event* terjadi ketika studi berakhir (tipe I) atau orang tersebut hilang dari pemantauan atau mengundurkan diri dari studi (tipe II). Dalam hal ini, interval waktu *survival* sebenarnya yang tidak diketahui karena terpotong atau disensor pada sisi kanan interval waktu *survival* yang diamati. Sebagai

contoh, penelitian ini mengambil topik tentang penentuan premi asuransi jiwa dengan variabel data survival yaitu status kejadian (*event status*) mencakup tersensor (*censored*) atau meninggal (*dead*).



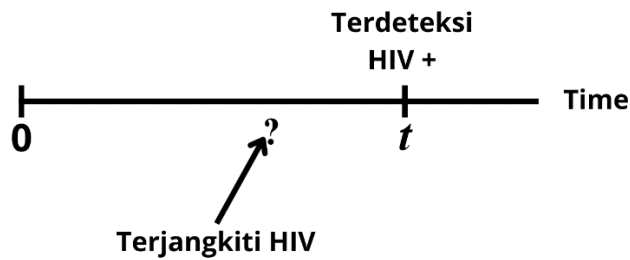
Gambar 2.1 Data Tersensor Kanan (*Right-Censored*)

Dari Gambar 2.1 diatas, terlihat bahwa A dan F mengalami *event* sebelum akhir pengamatan sehingga waktu bertahannya (*survival time* atau *time-to-event*) diketahui secara pasti, C dan E berturut - turut mengundurkan diri dan hilang sebelum akhir pengamatan, sedangkan B dan D masih hidup hingga akhir pengamatan sehingga *survival time*-nya tersensor kanan.

2) Tersensor Kiri (*Left-Censored*)

Data dikatakan tersensor kiri karena *survival time* yang sebenarnya kurang dari atau sama dengan *survival time* yang diamati. Lebih jelasnya, contoh data tersensor kiri dijelaskan pada gambar 2.2. Terlihat bahwa jika individu A melakukan pemeriksaan medis terkait penyakit HIV, maka pengamat hanya akan mencatat bahwa A positif terkena virus saat di tes pertama kali. Namun waktu pasti kapan virus menjangkiti A tidak diketahui, sehingga tidak diketahui kapan *event* terjadi. Peristiwa tersebut termasuk tersensor kiri karena informasi tentang *survival time* sebenarnya terpotong karena *event* telah terjadi sebelum pengamatan dimulai. Pengamatan hanya dimulai ketika individu diuji positif, dan oleh karena itu, pengamat hanya memiliki informasi tentang periode *follow-up* (pengamatan) setelah tes menunjukkan hasil positif.

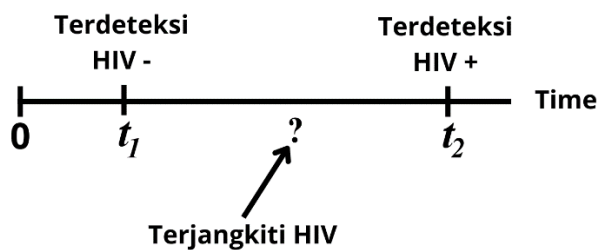
Dalam kata lain, jika seseorang tersensor kiri pada waktu t , maka dapat disimpulkan bahwa seseorang tersebut mengalami *event* diantara waktu 0 hingga t , tanpa mengetahui secara pasti kapan tepatnya *event* tersebut dimulai.



Gambar 2.2 Data Tersensor Kiri (*Left-Censored*)

3) Tersensor Interval (*Interval-Censored*)

Data *survival* juga bisa tersensor interval apabila *survival time* subjek berada dalam dalam selang waktu tertentu yang diketahui. Sebagai contoh, pada gambar 2.3 dibawah ini, terdapat subjek dalam pengamatan terkait HIV. Subjek mungkin telah melalui dua tes HIV. Dimana ia mendapati hasil tesnya negatif pada tes pertama (dinotasikan t_1), kemudian pada tes HIV kedua (dinotasikan t_2), hasil tesnya positif. Dalam beberapa kasus, waktu bertahan subjek yang sebenarnya dimulai setelah waktu t_1 dan sebelum t_2 , sehingga subjek tersensor interval pada selang waktu (t_1, t_2) .



Gambar 2.3 Data Tersensor Interval (*Interval-Censored*)

2.4 Pemodelan *Cox Regression*

2.4.1 Pengecekan Asumsi Model *Cox Regression*

Model *Cox Regression* juga dikenal sebagai Model *Cox Proportional Hazard* memiliki asumsi *Proportional Hazard* (PH) yang harus terpenuhi. Setiap variabel bebas dalam penelitian ini harus proporsional sehingga dalam hal ini

dilakukan pengecekan asumsi dengan menggunakan Model *Cox Proportional Hazard*. Menurut Kleinbaum & Klein (2012), terdapat tiga pendekatan umum untuk menaksir asumsi *Proportional Hazard* pada model *Cox* yaitu :

1. Variabel yang berubah seiring waktu (*Time-dependent variables*)

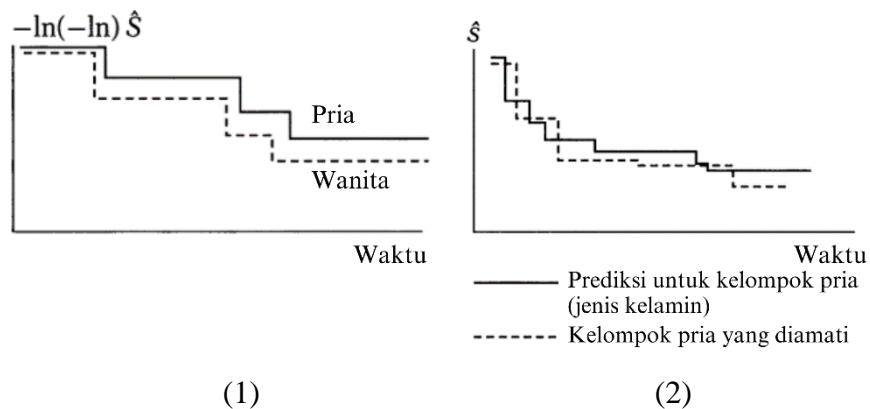
Variabel (dinotasikan X) yang berubah seiring waktu merupakan variabel dalam penelitian yang dipengaruhi oleh waktu (t). Variabel tersebut masih bisa menggunakan model *Cox* untuk menganalisis data, namun kondisi ini tidak memenuhi asumsi *Proportional Hazard* (asumsi bahwa *hazard ratio* tetap konstan seiring waktu), sehingga model *Cox* harus diperluas yang kemudian dinamakan Model *Extended Cox*. Sehingga dalam pendekatan umum *time-dependent variables* ini menggunakan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_p = 0$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \delta_m \neq 0; m = 1, 2, \dots, p$$

Koefisien – koefisien tersebut (dinotasikan δ) sebanyak p dan tidak memenuhi asumsi *Proportional Hazard*. Variabel – variabel yang tidak memenuhi asumsi tersebut dapat digunakan dalam pemilihan fungsi waktu dengan memilih variabel yang menghasilkan *p-value* terkecil.

2. Teknik Grafik (*Graphical technique*)



Gambar 2.4 Dua Tipe *Graphical Technique* dalam Pengecekan asumsi *Proportional Hazard* (PH)

Pada Gambar 2.4, terlihat bahwa pengecekan asumsi *Proportional Hazard* menggunakan *graphical technique* menggunakan dua tipe yaitu:

- (1) dengan melibatkan perbandingan estimasi $-\ln(-\ln)$ kurva *survivor* (*Log-log Survivor Curve*) untuk berbagai kombinasi atau kelompok variabel yang sedang diselidiki, misal kelompok pria (*males*) dengan kelompok wanita (*females*) dari variabel *sex*. Jika kurva parallel antara kelompok pria dan wanita sejajar, maka asumsi PH terpenuhi,
 - (2) membandingkan kurva *survivor* yang diamati dengan kurva *survivor* yang diprediksi. Jika kurva-kurva yang diobservasi dan diprediksi mendekati atau hampir bersamaan, ini mengindikasikan bahwa asumsi PH cukup dapat diterima.
3. Uji Goodness-of-Fit (*GOF tests*)

Goodness-of-Fit (GOF) Tests digunakan untuk menguji sejauh mana model *Cox PH* sesuai dengan data, khususnya dalam hal asumsi PH dan akan memberikan nilai *Z* atau *chi-square* yang dapat dihitung berdasarkan ukuran sampel yang besar. Uji ini akan diaplikasikan pada setiap variabel dalam data dengan mempertimbangkan variabel lain dalam model karena variabel lain juga berpengaruh dalam asumsi PH. Berikut ini langkah – langkah dalam melakukan pengecekan asumsi PH menggunakan uji *GOF (goodness-of-fit)*.

1. Menjalankan Model *Cox PH* dan mendapatkan *Schoenfeld residuals* untuk setiap variabel prediktor. *Schoenfeld residual* menurut Fajarini & Fatekurohman (2018) dirumuskan sebagai berikut.

$$\hat{r}_{ji} = \delta_i(x_{ji} - \hat{a}_{ji}) \text{ dengan } \hat{a}_{ji} = \frac{\sum_{l \in R(t_i)} x_{jl} e^{\beta x_l}}{\sum_{l \in R(t_i)} e^{\beta x_l}} \quad (2.5)$$

dengan,

\hat{r}_{ji} : estimasi residual *Schoenfeld* dari variabel *j* untuk individu ke-*i*

x_{ji} : nilai variabel *j* untuk individu ke-*i* dengan $j = 1, 2, 3, \dots, p$

δ_i : indikator *censoring* untuk individu ke-*i*

\hat{a}_{ji} : rata-rata terukur dari nilai kovariat

2. Membuat variabel yang me-*ranking* urutan kejadian gagal. Subjek yang mengalami *event* paling dulu diberi nilai 1, subjek selanjutnya mendapat nilai 2, dan seterusnya.

3. Menguji korelasi antara variabel. Dari langkah 1 dan 2 di atas, dilakukan uji korelasi antara *Schoenfeld residuals* dan *ranked failure time*. Selanjutnya nilai uji korelasi keduanya dinotasikan sebagai (ρ)

Hipotesis dalam uji ini adalah :

$H_0 : \rho = 0$ (asumsi *proportional hazard* terpenuhi)

$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \rho \neq 0$ (asumsi *proportional hazard* tidak terpenuhi)

Statistik uji:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (\dot{X} - \bar{X}_i)(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\dot{X} - \bar{X}_i)^2 \sum_{i=1}^n (Y - \bar{Y})^2}} \quad (2.6)$$

dengan,

\dot{X} : *Schoenfeld residual* untuk setiap variabel

Y : Urutan (*rank*) waktu kegagalan.

Kriteria uji:

H_0 diterima jika $-r_{tabel} \leq r_{hitung} \leq +r_{tabel}$ atau $p - value > \alpha$

2.4.2 Model *Cox Regression*

Seperti yang dijelaskan pada bagian sebelumnya, model *Cox Regression* merupakan singkatan dari model *Cox Proportional Hazard*. Menurut Kleinbaum & Klein (2012), karakteristik penting dari rumus model *Cox PH* adalah bahwa fungsi risiko dasar (*baseline hazard function*) disini merupakan fungsi dari waktu (t) sehingga bergantung pada waktu, tapi tidak melibatkan variabel prediktor. Sementara itu ekspresi eksponensial pada model *Cox Regression* memengaruhi variabel prediktor. Melalui model *Cox PH*, waktu *survival* akan dihasilkan melalui fungsi *hazard* yang bergantung pada waktu. Fungsi *hazard* ini akan menghubungkan antara variabel bebas (variabel independen) yang nilainya dinotasikan oleh vektor $x = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ dari sebanyak p variabel bebas (X_1, X_2, \dots, X_p) terhadap variabel terikat (variabel dependen). Lebih lanjut, Kleinbaum & Klein (2012) merumuskan model *Cox* sebagai berikut.

$$h(t, x) = h_0(t) e^{\sum_{i=1}^p \beta_i X_i} \quad (2.7)$$

dengan, $h_0(t)$: fungsi dasar *hazard* (*baseline hazard function*),

β : parameter regresi, dan

x : nilai dari setiap variabel bebas X .

Pada persamaan (2.9), model *Cox* akan tereduksi menjadi fungsi dasar *hazard* (*baseline hazard function*) apabila semua nilai variabel X (dinotasikan x) bernilai nol, sehingga $h_0(t)$ diasumsikan sebagai dasar dari fungsi *hazard*. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 h(t, x) &= h_0(t)e^{\sum_{i=1}^p \beta_i x_i} \\
 &= h_0(t)\exp(\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i) \\
 &= h_0(t)\exp[\beta_1(0) + \beta_2(0) + \dots + \beta_i(0)] \\
 &= h_0(t)\exp(0) \\
 &= h_0(t) \\
 h(t, x) &= h_0(t) \\
 (2.8)
 \end{aligned}$$

Selain itu, terdapat *Hazard Ratio* (HR) yang merupakan ukuran yang bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko (kecenderungan) yaitu perbandingan fungsi *hazard* antar dua kategori, yaitu kategori ‘sukses’ dengan kategori ‘gagal’ pada satu peubah bebas X (Sanusi *et al.*, 2018). Kejadian (*event*) merupakan variabel bebas X yang hanya memiliki dua kategori yaitu sukses (bernilai 1) dan gagal (bernilai 0) jika dihubungkan dengan *hazard ratio* menggambarkan perbandingan kecepatan terjadinya *failure event* antara kategori *event* sukses dan gagal. Kleinbaum & Klein (2012) merumuskan *hazard ratio* untuk membandingkan *hazard* individu dengan $X = 1$ dengan $X = 0$ sebagai berikut.

$$\widehat{HR} = \frac{h(t|X_1^*)}{h(t|X_1)} = \frac{h_0(t) \cdot e^{(\beta_1 X_1^*)}}{h_0(t) \cdot e^{(\beta_1 X_1)}} = e^{\beta_1(X_1^* - X_1)} \quad (2.9)$$

Fungsi tersebut memiliki tingkat *hazard* yang bersifat proporsional, sehingga jika pada titik tertentu persamaan tersebut bernilai 2, maka risiko *failure event* individu $X = 0$ dua kali besar daripada individu $X = 1$.

2.5 Uji Signifikansi Parameter

Uji signifikansi parameter dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan parameter di dalam model. Menurut Sari *et al.*, (2019), terdapat dua cara uji signifikansi yaitu uji signifikan secara serentak dan parsial.

2.5.1 Uji Signifikansi Secara Serentak (*Overall Parameter Significance Test*)

Uji signifikansi secara serentak untuk parameter *Cox regression* dilakukan untuk mengetahui apakah setiap variabel secara serentak berpengaruh terhadap model. Menurut Soraya *et al.*, (2018) uji secara serentak ini menggunakan *likelihood ratio* dan langkah – langkah yang dilakukan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.

1. Merumuskan hipotesis

$$H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1 = \text{minimal terdapat satu } \beta_k \neq 0, \quad \text{dengan } k = 1, 2, 3, \dots, p$$

Arti dari H_0 disini adalah setiap variabel secara serentak tidak memiliki pengaruh terhadap model, sedangkan H_1 berarti setiap variabel secara serentak berpengaruh terhadap model.

2. Menentukan statistik uji dengan uji *likelihood ratio*, untuk mengetahui pengaruh setiap variabel independent terhadap variabel dependen.

$$G = -2 \ln \left[\frac{L_0}{L_1} \right] = -2[\ln L_0 - \ln L_1] \quad (2.10)$$

dimana,

G : statistik uji berdistribusi *chi-square* dengan derajat kebebasan sebesar p (jumlah kovariat).

L_0 : nilai *likelihood* tanpa variabel independen

L_1 : nilai *likelihood* dengan variabel independen

3. Menentukan daerah kritis (penolakan H_0).

Tolak H_0 jika nilai $G \geq X_{(\alpha;p)}^2$ atau $p - \text{value} \leq \alpha$

4. Kesimpulan.

2.5.2 Uji Signifikansi Secara Parsial (*Partial Parameter Significance Test*)

Uji signifikansi secara serentak bertujuan untuk mengetahui *covariates* (variabel independent) mana yang berpengaruh terhadap model. Soraya *et al.*, (2018), menggunakan uji *Wald* pada uji ini dan langkah – langkahnya adalah sebagai berikut.

1. Merumuskan hipotesis.

$$H_0 = \beta_k = 0$$

$$H_1 = \text{minimal terdapat satu } \beta_k \neq 0, \quad \text{dengan } k = 1, 2, 3, \dots, p$$

Arti dari H_0 disini adalah variabel secara parsial tidak memiliki pengaruh terhadap model, sedangkan H_1 berarti variabel secara parsial berpengaruh terhadap model.

2. Menentukan statistik uji dengan uji *Wald* dengan tujuan untuk menguji pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen.

$$W = \left(\frac{\hat{\beta}_k}{SE(\hat{\beta}_k)} \right)^2 \quad \text{dimana} \quad W^2 = \sum_{k=1}^n z_k^2 \quad (2.11)$$

dimana,

W^2 : statistik uji *Wald* yang berdistribusi *chi-square*

$\hat{\beta}_k$: koefisien dari variabel bebas ke- k

$SE(\hat{\beta}_k)$: *standar error* dari koefisien variabel bebas ke- k

3. Menentukan daerah kritis (penolakan H_0).

Tolak H_0 jika $W^2 \geq X_{(\alpha;1)}^2$ atau $p - \text{value} \leq \alpha$

4. Kesimpulan.

2.6 *Maximum Partial Likelihood Estimation (MPLE)*

Setelah membangun model, menurut Kleinbaum & Klein (2012) dilakukan estimasi parameter model *Cox* dan estimasi parameter yang sesuai dengan model ini adalah *Maximum Partial Likelihood Estimation (MPLE)* dan yang dinotasikan sebagai $\hat{\beta}_i$. Fungsi *likelihood* sendiri merupakan fungsi dari parameter – parameter

β yang nilainya tidak diketahui yang menggambarkan peluang bersama dari data pengamatan.

Collet (2003) dalam Soraya *et al.*, (2018) memisalkan suatu data untuk m individu yang terdiri dari waktu kejadian yang tidak tersensor (k) dan $m - k$ merupakan individu yang tersensor kanan, kemudian diurutkan menjadi $t_1 < t_1 < \dots < t_i < \dots < t_k$ dengan t_i adalah waktu kejadian (*time-to-event*) ke- i yang berurutan. Diasumsikan hanya ada satu individu yang mengalami kematian (*event*) pada tiap waktu kejadian, sehingga tidak terjadi kejadian bersama (*ties*) dalam data *survival*. Selain itu, yang perlu dipertimbangkan adalah peluang individu mengalami kematian pada waktu kejadian t_i , dengan syarat bahwa t_i menjadi salah satu hal yang diamati dari k waktu kejadian $t_1 < t_1 < \dots < t_k$.

Cox (1984) dalam Sari *et al.*, (2019), menyarankan untuk menggunakan *Maximum Partial Likelihood Estimation* (MPLE) karena metode tersebut digunakan tanpa harus mengetahui fungsi dasar *hazard* (*baseline hazard function*). Dari urutan waktu kejadian diatas, Cox merumuskan *likelihood* pada waktu t_k dengan R_k merupakan kumpulan individu yang berisiko mengalami *event* pada waktu t_k sebagai berikut.

$$L_k(\beta) = \frac{\exp \hat{\beta} X_k}{\sum_{q \in R_k} \hat{\beta} X_q} \text{ dengan } \hat{\beta} = [\beta_1 \beta_2 \dots \beta_p] \quad (2.12)$$

Maka, formula *partial likelihood* maksimum untuk seluruh individu adalah :

$$L(\beta) = L_1(\beta) L_2(\beta) \dots L_n(\beta) = \prod_{j=1}^n \frac{\exp \hat{\beta} X_j}{\sum_{q \in R_j} \hat{\beta} X_q} \quad (2.13)$$

Log dari *partial likelihood* maksimum pada persamaan (2.13) yaitu :

$$\log L(\beta) = \sum_{j=1}^n \hat{\beta} X_j - \sum_{j=1}^n \log \left[\sum_{q \in R_j} \exp \hat{\beta} X_q \right] \quad (2.14)$$

Selanjutnya, untuk memperoleh estimasi *maximum partial likelihood*, persamaan (2.14) diturunkan terhadap β , yakni:

$$\frac{\partial \log L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}} = \sum_{j=1}^n \mathbf{X}_j - \sum_{j=1}^n \log \frac{\sum_{q \in R_j} X_q \exp \hat{\boldsymbol{\beta}} \mathbf{X}_q}{\sum_{q \in R_j} \exp \hat{\boldsymbol{\beta}} \mathbf{X}_q} \quad (2.15)$$

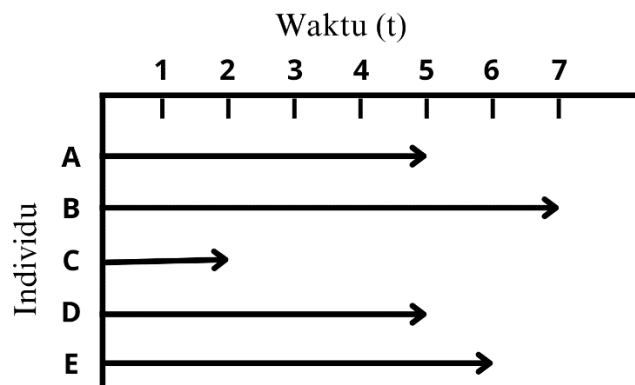
Solusi dalam bentuk tertutup (*closed-form solution*) dari estimasi *Maximum Partial Likelihood* tidak diperoleh dengan menyelesaikan persamaan (2.15) secara langsung.

$$\frac{\partial \log L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}} = \sum_{j=1}^n \mathbf{X}_j - \sum_{j=1}^n \log \frac{\sum_{q \in R_j} X_q \exp \hat{\boldsymbol{\beta}} \mathbf{X}_q}{\sum_{q \in R_j} \exp \hat{\boldsymbol{\beta}} \mathbf{X}_q} = 0 \quad (2.16)$$

Oleh karena itu, *Maximum Partial Likelihood Estimation* (MPLE) yang dinotasikan sebagai $\hat{\boldsymbol{\beta}}_j$ diaproksimasi dengan menggunakan algoritma Newton-Raphson (Sari *et al.*, 2019).

2.7 Metode Breslow Partial Likelihood untuk Kejadian Bersama (*Ties*)

Dalam data *survival*, kadang terdapat variabel (*survival time* atau *event status*) yang memicu terjadinya kejadian bersama (*ties*). Vitriana (2016) dalam Soraya *et al.*, (2018) mendefinisikan kejadian bersama atau *ties* sebagai suatu kejadian dimana ada dua individu atau lebih mengalami kejadian (*event*) pada waktu yang bersamaan. Berikut ini adalah ilustrasi kasus kejadian bersama (*ties*) pada data *survival*.



Gambar 2.5 Ilustrasi Kejadian Bersama (*Ties*) pada Data Survival

Pada gambar 2.5, terdapat lima individu A, B, C, D, dan E yang telah diamati waktu (*t*) hingga *event*-nya. Pada waktu (*t*) ke-5, individu A dan D

mengalami *event* secara bersamaan dan tidak diketahui individu mana yang lebih dulu mengalami *event*. Kejadian ini menimbulkan permasalahan pada data dalam membentuk *partial likelihood* yaitu saat penentuan anggota dari himpunan risikonya. Menurut Allison (2010) dalam Soraya *et al.*, (2018) terdapat tiga jenis metode yang bisa diterapkan untuk mengatasi kejadian bersama (*ties*), diantaranya adalah metode *Breslow*, *Efron*, dan *Exact*. Metode *Exact* menggunakan perhitungan yang lebih rumit, sedangkan jika membandingkan *Efron* dan *Breslow*, metode *Breslow* menggunakan perhitungan yang lebih cepat dan sederhana.

Klein dan dan Moeschberger (2003) dalam Soraya *et al.*, (2018) mengestimasi fungsi *partial likelihood* dengan menggunakan Metode *Breslow* sebagai berikut.

$$L(\boldsymbol{\beta})_{Breslow} = \prod_{i=1}^k \frac{\exp(\sum_{l \in D(t_i)} \sum_{j=1}^p x_{lj} \beta_j)}{(\sum_{l \in R(t_i)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{lj}))^{d_i}} \quad (2.17)$$

dengan,

$D(t_i)$ = himpunan individu yang mengalami *event* pada waktu (t) ke- i

$R(t_i)$ = himpunan individu yang berisiko mengalami *event* pada saat t_i

k = banyaknya individu yang tidak tersensor

d_i = banyaknya *ties* pada saat t_i

Dari fungsi *partial likelihood* metode *Breslow* yakni persamaan (2.17), fungsi *log-partial likelihood* dapat diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \ln L(\boldsymbol{\beta}) &= \ln \prod_{i=1}^k \frac{\exp(\sum_{l \in D(t_i)} \sum_{j=1}^p x_{lj} \beta_j)}{(\sum_{l \in R(t_i)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{lj}))^{d_i}} \\ &= \sum_{i=1}^k \left[\left(\sum_{l \in D(t_i)} \sum_{j=1}^p x_{lj} \beta_j \right) - d_i \ln \left(\sum_{l \in R(t_i)} \exp \left(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{lj} \right) \right) \right] \end{aligned} \quad (2.18)$$

2.8 Penentuan Premi Asuransi Jiwa

2.8.1 Tingkat Kematian (*Mortality Rate*)

Menurut Dickson *et al.*, (2009) tingkat kematian atau *mortality rate* dalam terminologi aktuaria dinotasikan sebagai q_x yang merupakan peluang individu

yang saat ini berusia x akan meninggal sebelum mencapai usia $x + 1$. Tingkat kematian berbeda – beda tergantung usia (semakin tua semakin tinggi tingkat kematiannya) dan jenis kelamin yang mana tingkat kematian pria lebih tinggi dari wanita.

Berdasarkan model *Cox regression* pada persamaan (2.7), estimasi fungsi *hazard* untuk individu ke- i dengan variabel \mathbf{X}_i memiliki formula sebagai berikut (Sari *et al.*, 2019).

$$\hat{h}_i(t) = \hat{h}_0(t) \exp \left[\sum_{i=1}^p \beta_i \mathbf{X}_i \right] \quad (2.19)$$

$\hat{H}_0(t)$ merupakan estimasi fungsi dasar *hazard* kumulatif (*cumulative baseline hazard function*) berdasarkan *Breslow Estimator*, sehingga:

$$\hat{H}_0(t) = \frac{d_i}{\sum_{j; t_j \geq t_i} \exp(\mathbf{X}_j \hat{\beta})} \quad (2.20)$$

dimana t_1, t_1, \dots, t_n merupakan waktu ketika terjadinya peristiwa (*event*) berbeda, dan d_i merupakan jumlah individu yang meninggal (*died*) pada waktu t_i . Maka, fungsi survivalnya adalah sebagai berikut (Kleinbaum & Klein, 2012).

$$\hat{S}_i(t) = \hat{S}_0(t) \exp(\mathbf{X}_i \hat{\beta}) \quad (2.21)$$

dimana $\hat{S}_0(t) = \exp(-\hat{H}_0(t))$. Selanjutnya persamaan (2.21) memberikan estimasi fungsi *survival* dari individu ke- i dengan variabel \mathbf{X}_i . Dalam notasi aktuaria, $S_x(t) = {}_t p_x$, yang artinya adalah peluang bahwa seseorang yang berumur (x) bertahan hingga umur $x + t$. Yang mana t dalam ${}_t p_x$ dapat dihilangkan jika nilai t adalah 1. Sehingga hubungan antara p_x dengan q_x (Kleinbaum & Klein, 2012):

$$p_x + q_x = 1 \quad (2.22)$$

2.8.2 Premi Asuransi Jiwa (*Insurance Life Premium*)

Dalam penentuan premi, Dickson *et al.*, (2009) mengatakan bahwa penentuan premi oleh *underwriter* pada proses *underwriting* tidak hanya mempertimbangkan faktor usia dan jenis kelamin, tetapi informasi mengenai pemeriksaan medis dan gaya hidup pemegang polis pun dipertimbangkan. Dalam penentuan besaran premi asuransi jiwa, digunakan prinsip ekuivalensi yang mana premi bersih ditetapkan sedemikian rupa sehingga nilai yang diharapkan dari kerugian masa depan (*expected value of the future loss*) adalah nol pada awal kontrak. Ini berarti bahwa:

$$E[L_0^n] = 0 \quad (2.23)$$

yang menunjukkan bahwa

$$E[\text{Present value of Benefit outgo} - \text{Present value of net Premium income}] = 0.$$

Sehingga, prinsip ekuivalensi menjadi,

$$E[\text{Present value of Benefit outgo}] = E[\text{Present value of net Premium income}]$$

Diasumsikan sebuah asuransi jiwa dengan jangka n tahun dan jumlah uang pertanggungan S dibayarkan pada awal antara akhir tahun kematian atau saat jatuh tempo, dikeluarkan pada saat tertanggung berusia x . Premi sejumlah P dibayarkan setiap tahun selama masa asuransi.

Secara matematis, *net future loss* dirumuskan sebagai berikut.

$$L_0^n = Sv^{\min(K_{[x]}+1,n)} - P\ddot{a}_{\min(K_{[x]}+1,n)|} \quad (2.24)$$

Berdasarkan persamaan (2.24), persamaan (2.23) menjadi,

$$E\left[Sv^{\min(K_{[x]}+1,n)} - P\ddot{a}_{\min(K_{[x]}+1,n)|}\right] = 0$$

$$SE\left[v^{\min(K_{[x]}+1,n)}\right] - PE\left[\ddot{a}_{\min(K_{[x]}+1,n)|}\right] = 0$$

$$SA_{x:n}^1 - P\ddot{a}_{x:n} = 0$$

$$P = S \frac{A_{x:n}^1}{\ddot{a}_{x:n}}$$

Sehingga perhitungan premi bersih tahunan (*single net premium*) adalah sebagai berikut.

$$P_{x:n}^1 = S \frac{A_{x:n}^1}{\ddot{a}_{x:n}} \quad (2.25)$$

Dalam perhitungan premi bersih tahunan dalam asuransi jiwa berjangka ini, ada dua hal yang perlu diketahui (Dickson *et al.*, 2009) :

- 1) Jenis anuitas yang digunakan merupakan anuitas langsung (*immediate annuity*). Anuitas langsung (dinotasikan $\ddot{a}_{x:n}$) adalah anuitas yang dibayarkan segera setelah pembayaran premi awal atau pembentukan dana. Anuitas langsung dirumuskan sebagai berikut.

$$\ddot{a}_{x:n} = \sum_{t=1}^n v^t \cdot {}_t p_x \quad (2.26)$$

- 2) Ekspektasi nilai manfaat sekarang (*present value of benefit*) yang dinotasikan $A_{x:n}^1$, merupakan nilai kini dari manfaat yang akan diterima di masa depan yang mana penerima manfaat yang berumur (x) harus meninggal dalam periode tertentu agar manfaat dapat dibayarkan. Ekspektasi nilai manfaat sekarang dirumuskan sebagai berikut.

$$A_{x:n}^1 = \sum_{k=0}^{n-1} v^{k+1} \cdot {}_k p_x \cdot q_{x+k} \quad (2.27)$$

v merupakan tingkat diskon (*discount rate*) dimana n merupakan periode waktu untuk asuransi jiwa berjangka.