

ACTUARIAL MODELING OF SURRENDER RISK IN WHOLE LIFE INSURANCE POLICIES USING COMPETING RISK ANALYSIS

PEMODELAN AKTUARIA UNTUK RISIKO *SURRENDER* POLIS ASURANSI JIWA SEUMUR HIDUP DENGAN *COMPETING RISK ANALYSIS*

Gregorius Adhitya Satrio^{1‡}, and Ruhiyat²

^{1,2}Divisi Matematika, Ekonomi, Keuangan, dan Aktuaria, Sekolah Sains Data, Matematika,
dan Informatika, IPB University, Indonesia

[‡]corresponding author: adhityasatrio@apps.ipb.ac.id

Copyright © 2026 Gregorius Adhitya Satrio, and Ruhiyat. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

Policy surrender, defined as the voluntary termination of an insurance policy by the policyholder, poses a significant threat to the liquidity and reserve stability of life insurance companies. Conventional actuarial valuation methods often ignore mortality as a competing risk, potentially resulting in biased estimates and inadequate risk mitigation. This study aims to integrate predictive analytics based on competing risk analysis into actuarial mathematics to develop a dynamic formula for surrender value determination. Using 29,317 historical observations of whole life insurance policies as a proxy dataset, the analysis was conducted through the Cumulative Incidence Function (CIF), Cause-Specific Hazard (CSH) regression, and Subdistribution Hazard (SDH) approaches. The nonparametric CIF estimation results indicate that the cumulative probability of surrender increases progressively from 15.62% in the 10th quarter to 49.01% by the end of the 60th quarter, substantially exceeding the mortality risk, which remains at only 5.87%. The CSH modeling results show that middle underwriting age (hazard ratio = 1.1176) significantly increases surrender risk. In contrast female gender (hazard ratio = 0.9014), smoker status (hazard ratio = 0.8718), and annual premium payment frequency (hazard ratio = 0.7296) act as protective factors that reduce surrender risk. Furthermore, the cumulative incidence probabilities derived from the SDH model are incorporated into the surrender charge formula as an adjustment function. The proposed dynamic surrender formula generates surrender values that are more proportional to individual

policyholder risk profiles, thereby creating a more balanced trade-off between customer retention incentives and corporate liquidity protection.

Keywords: Cause Specific Hazard, Competing Risk, Subdistribution Hazard, Surrender Value, Whole Life Insurance.

Abstrak

Policy surrender, yang didefinisikan sebagai penghentian sukarela polis asuransi oleh pemegang polis, menimbulkan ancaman signifikan terhadap likuiditas dan stabilitas cadangan perusahaan asuransi jiwa. Metode penilaian aktuarial konvensional sering kali mengabaikan mortalitas sebagai *competing risk*, yang berpotensi menghasilkan pendugaan bias dan mitigasi risiko yang tidak memadai. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan analisis prediktif berbasis *competing risk analysis* ke dalam matematika aktuarial untuk mengembangkan formula dinamis dalam penentuan *surrender value*. Dengan menggunakan 29,317 pengamatan historis dari polis asuransi jiwa seumur hidup sebagai *proxy dataset*, analisis dilakukan melalui pendekatan *Cumulative Incidence Function* (CIF), *Cause Specific Hazard* (CSH), dan *Subdistribution Hazard* (SDH). Hasil pendugaan CIF nonparametrik menunjukkan bahwa peluang kumulatif terjadinya *surrender* meningkat secara progresif dari 15.62% pada kuartal ke-10 menjadi 49.01% pada akhir kuartal ke-60, secara substansial melampaui risiko mortalitas yang hanya berada pada angka 5.87%. Hasil pemodelan CSH menunjukkan bahwa usia penyeleksian risiko (*underwriting*) menengah (*hazard ratio* = 1.1176) secara signifikan meningkatkan risiko *surrender*, sedangkan jenis kelamin perempuan (*hazard ratio* = 0.9014), status merokok (*hazard ratio* = 0.8718), dan frekuensi pembayaran premi tahunan (*hazard ratio* = 0.7296) bertindak sebagai faktor protektif yang menurunkan risiko *surrender*. Lebih lanjut, peluang insidensi kumulatif yang diperoleh dari model SDH diintegrasikan ke dalam formula *surrender charge* sebagai fungsi penyesuaian. Formula *surrender* dinamis yang diusulkan ini menghasilkan *surrender value* yang lebih proporsional terhadap profil risiko individu pemegang polis, sehingga menciptakan titik keseimbangan (*trade-off*) yang lebih baik antara insentif retensi nasabah dan perlindungan likuiditas perusahaan.

Kata Kunci: Asuransi Jiwa Seumur Hidup, *Cause Specific Hazard*, *Competing Risk*, *Subdistribution Hazard*, *Surrender Value*.

1. Pendahuluan

Industri asuransi jiwa berkontribusi penting dalam memberikan perlindungan finansial jangka panjang bagi masyarakat. Salah satu tantangan terbesar industri ini adalah risiko *surrender* atau pengakhiran kontrak sebelum masa polis berakhir. Selain mengganggu arus kas, pembatalan dini memicu kerugian langsung akibat biaya akuisisi awal,

seperti komisi agen, yang belum sempat tertutupi oleh premi. Oleh karena itu, pengembangan model prediksi *surrender* yang akurat menjadi fokus penting para aktuaris agar dampak finansialnya dapat dikendalikan dengan baik (Kiermayer, 2021).

Pemodelan risiko ini menghadirkan kompleksitas tinggi karena keputusan pemegang polis dipengaruhi oleh perilaku yang sangat heterogen (Lobo *et al.*, 2023). Model aktuarial konvensional cenderung menyederhanakan masalah dengan mengasumsikan bahwa nasabah bertindak rasional hanya berdasarkan pergerakan suku bunga. Pendekatan tersebut belum mampu menangkap dinamika yang terjadi di lapangan, di mana keputusan penarikan polis dipengaruhi oleh karakteristik demografi nasabah serta atribut dari polis itu sendiri (Valla *et al.*, 2023).

Sebagai alternatif, *competing risk analysis* (CRA) menyediakan pendekatan metodologis yang lebih baik untuk memperbaiki kelemahan analisis kelangsungan hidup tradisional yang kerap menganggap kejadian selain *surrender* (seperti kematian) sekadar sebagai *censoring* yang bebas. CRA memodelkan *surrender* dan kematian sebagai peristiwa yang saling bersaing, yang mana hal ini sangat relevan dengan fenomena *adverse selection* (Haçarız *et al.*, 2024; Milhaud & Dutang, 2018). Meskipun keunggulannya telah diakui, penerapan CRA dalam literatur aktuarial masih terbatas pada pendugaan statistik laju risiko. Di sisi lain, perusahaan asuransi praktisnya masih menetapkan denda pembatalan (*surrender charge*) menggunakan persentase deterministik statis yang dipukul rata (Chang & Schmeiser, 2022). Pendekatan statis ini tidak memberikan keadilan harga bagi nasabah dan gagal melindungi likuiditas perusahaan, sehingga diperlukan integrasi pemodelan untuk merumuskan nilai tebus yang dinamis (Hutapea & Sianturi, 2026).

Dalam beberapa tahun terakhir, literatur aktuarial mulai bergeser pada penggunaan pemodelan yang lebih kompleks untuk menangani risiko *surrender*. Kiermayer (2021) menggarisbawahi bahwa pemodelan peluang *surrender* yang akurat berimplikasi langsung pada kecukupan modal risiko. Selanjutnya, Chang dan Schmeiser (2022) membuktikan bahwa opsi *surrender* yang tidak dimitigasi dengan baik dapat memicu krisis likuiditas ganda bagi perusahaan asuransi. Untuk mengatasi bias prediksi akibat kejadian yang saling bersaing, Lobo *et al.*, (2024) menggunakan pendekatan *mixture* untuk memodelkan keheterogenan *lapse*. Sementara itu, Valla *et al.*, (2024) dan Ungolo dan van den Heuvel (2024) secara spesifik merekomendasikan penggunaan kerangka *competing risk* agar perusahaan mendapatkan prediksi peluang yang sesungguhnya di lapangan. Meskipun keunggulannya secara teoretis telah diakui oleh berbagai studi modern tersebut, penerapan kerangka ini hingga ke ranah perumusan *dynamic surrender value* secara praktis masih sangat jarang dieksplor.

Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengaplikasikan model CRA melalui pendekatan *cause specific hazard* (CSH) dan *subdistribution hazard* (SDH). Tujuan spesifik penelitian ini adalah untuk menguji serta membandingkan secara komparatif performa pendekatan CSH dan SDH dalam memodelkan risiko *surrender* pada polis asuransi jiwa seumur hidup. Hasil peluang aktual yang diperoleh kemudian digunakan untuk menerapkan fungsi insiden kumulatif ke dalam perumusan matematika aktuaria guna merumuskan perhitungan *dynamic surrender value* berbasis profil risiko pemegang polis. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata *predictive analytics* berbasis *competing risk* dalam pengoptimalan manajemen risiko asuransi.

2. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan *predictive analytics* menggunakan data sekunder untuk mengukur peluang risiko *surrender* serta mengintegrasikannya ke dalam perhitungan aktuaria.

2.1 Data

Penelitian ini menggunakan *uslapseagent dataset* yang tersedia pada paket *CASdatasets* di R, terdiri atas 29,317 observasi polis asuransi jiwa dengan 15 variabel karakteristik polis dan tidak memiliki *missing values*, sehingga dapat langsung digunakan dalam analisis. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah jenis terminasi polis. Dalam kerangka *competing risk analysis*, kejadian *surrender* ditetapkan sebagai *event* utama, sedangkan *death* ditetapkan sebagai *event* pesaing. Polis yang masih aktif (*in force*) dan *other termination* diperlakukan sebagai data tersensor kanan (*right censored*). Variabel independen yang digunakan meliputi karakteristik demografi dan fitur kontrak polis, yaitu jenis kelamin, frekuensi pembayaran premi, status perokok, dan usia *underwriting*.

2.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *competing risk analysis* (CRA) untuk memodelkan risiko *surrender* pada polis asuransi jiwa, karena kejadian kematian dapat menghalangi terjadinya *surrender* sehingga keberadaan *event* pesaing perlu diperhitungkan dalam analisis.

2.2.1. Pendugaan *Cumulative Incidence Function*

Cumulative incidence function (CIF) merupakan fungsi untuk menduga peluang terjadinya suatu kejadian tertentu hingga waktu t dengan mempertimbangkan keberadaan event pesaing. Fungsi CIF dirumuskan sebagai (Geskus 2024):

$$F_j(t) = \Pr(T \leq t, C = j) \quad (1)$$

dengan T menyatakan waktu terjadinya kejadian dan C menyatakan tipe kejadian. Untuk menguji signifikansi perbedaan CIF pada masing-masing variabel karakteristik pemegang polis, penelitian ini menggunakan uji Gray sebagai prasyarat untuk memastikan adanya perbedaan laju insiden sebelum dilanjutkan ke analisis multivariat.

2.2.2. Pemodelan *Cause Specific Hazard*

Cumulative *Cause specific hazard* (CSH) adalah pendekatan untuk mempelajari pengaruh kovariat terhadap laju risiko *surrender* secara langsung. Model yang digunakan adalah regresi *Cox proportional hazard* (CPH), di mana individu yang mengalami *event* pesaing diperlakukan sebagai data tersensor (Cox 1972). Fungsi CSH dinyatakan sebagai:

$$\alpha_j(t|Z) = \alpha_{j0}(t) \exp(Z^T \beta) \quad (2)$$

dengan $\alpha_{j0}(t)$ sebagai *baseline hazard*, Z sebagai vektor kovariat, dan β sebagai vektor koefisien regresi. Setelah model dibentuk, dilakukan pengujian asumsi *proportional hazard* (PH) menggunakan *Schoenfeld residual* untuk memastikan bahwa pengaruh kovariat bersifat konstan selama waktu observasi. Hipotesis pengujian dinyatakan sebagai:

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

H_a : asumsi *proportional hazard* tidak terpenuhi ($\theta \neq 0$)

Schoenfeld residual untuk individu ke- k dan kovariat ke- j dirumuskan sebagai:

$$\hat{r}_{kj} = Z_{(k)j} - \hat{E}[Z_{(k)j} | R_k] \quad (3)$$

dengan $Z_{(k)j}$ sebagai nilai kovariat yang diobservasi dan $\hat{E}[Z_{(k)j} | R_k]$ sebagai nilai ekspektasi kovariat pada himpunan risiko R_k .

2.2.3. Pemodelan *Subdistribution Hazard*

Pendekatan *subdistribution hazard* (SDH) digunakan untuk tujuan prediktif dalam menduga peluang *surrender* secara langsung melalui CIF. Berbeda dengan CSH, model SDH tetap mempertahankan individu yang mengalami *event* pesaing di dalam himpunan risiko (Fine dan Gray 1999). Model yang digunakan pada pendekatan ini adalah regresi Fine Gray dengan fungsi:

$$\lambda_1(t; Z) = \lambda_{10}(t) \exp(Z^T \beta_0) \quad (4)$$

dengan $\lambda_{10}(t)$ sebagai *baseline subdistribution hazard*, Z sebagai vektor kovariat, dan β_0 sebagai vektor parameter regresi. Hasil pemodelan kemudian dievaluasi berdasarkan signifikansi statistik, nilai *hazard ratio*, dan perbandingan hasil antara pendekatan CSH dan SDH.

2.2.4. Formulasi *Dynamic Surrender Value*

Dalam praktik asuransi jiwa, *surrender value* diperoleh dari cadangan premi prospektif yang dikurangi dengan biaya penalti pembatalan dini (*surrender charge*). Hubungan tersebut dirumuskan sebagai:

$$SV_t = {}_tV - SC_t \quad (5)$$

dengan SV_t sebagai *surrender value* pada tahun ke- t , ${}_tV$ sebagai cadangan premi prospektif, dan SC_t sebagai *surrender charge*. Pada penelitian ini, penalti tidak ditentukan menggunakan persentase statis, tetapi disesuaikan dengan peluang risiko individu yang diperoleh dari hasil pemodelan SDH. Formulasi penalti dinamis dinyatakan sebagai:

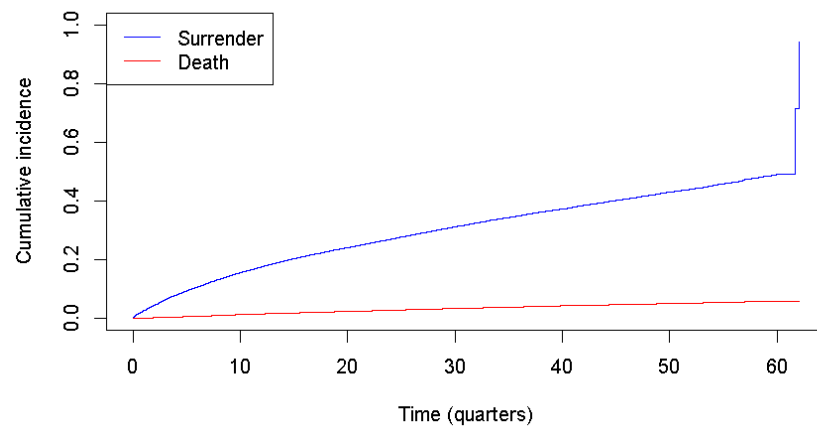
$$SC_t = [\alpha + \gamma \cdot H(t|X)] \times {}_tV \quad (6)$$

dengan α sebagai parameter penalti administratif dasar, γ sebagai parameter sensitivitas, dan $H(t|X)$ sebagai peluang risiko pembatalan polis. Dalam pendekatan *competing risk*, fungsi $H(t|X)$ direpresentasikan menggunakan peluang CIF hasil pemodelan Fine Gray (Hutapea & Sianturi, 2026), sehingga menghasilkan penalti yang lebih adaptif terhadap profil risiko nasabah.

3. Hasil dan Pembahasan

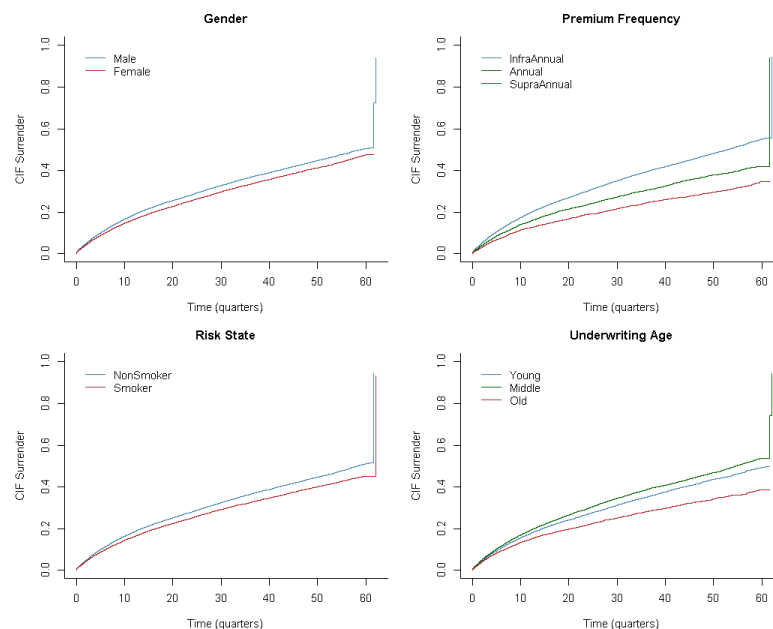
3.1 Eksplorasi Peluang Terminasi

Berdasarkan eksplorasi data terhadap portofolio asuransi yang digunakan, karakteristik demografi nasabah menunjukkan proporsi jenis kelamin yang seimbang, didominasi oleh usia muda hingga menengah, serta mayoritas berstatus bukan perokok (*non smoker*). Dari segi skema pembayaran, lebih dari separuh nasabah memilih frekuensi pembayaran premi secara rutin lebih dari sekali dalam setahun (*infra annual*). Pada akhir periode observasi, profil terminasi menunjukkan bahwa 37.9% polis diakhiri karena pembatalan sukarela (*surrender*), 4.4% berakhir akibat kematian (*death*), dan sisanya 57.8% berstatus aktif atau terminasi lain yang diperlakukan sebagai observasi tersensor kanan.



Gambar 1: Pendugaan CIF untuk risiko *surrender* dan *death*.

Hasil pendugaan CIF pada Gambar 1 memvisualisasikan dengan jelas bahwa peluang *surrender* mendominasi dibandingkan risiko kematian. Pada kuartal ke-10 berjalannya observasi, peluang nasabah melakukan pencairan polis telah mencapai 15.62%. Angka ini terus meningkat tajam hingga menyentuh 49.01% pada akhir masa studi (kuartal ke-60). Sebaliknya, peluang kejadian kematian pada titik waktu yang sama terjadi perbedaan sangat jauh di level 5.87%. Hasil ini menunjukkan bahwa perilaku *surrender* nasabah menjadi ancaman yang jauh lebih mendominasi dibandingkan risiko mortalitas.



Gambar 2: Pendugaan CIF *surrender* setiap karakteristik pemegang polis.

Gambar 2 menyajikan kurva CIF *surrender* yang distratifikasi berdasarkan karakteristik pemegang polis. Pada variabel jenis kelamin,

kurva nasabah laki-laki secara konsisten berada di atas kurva perempuan sepanjang periode observasi, yang menunjukkan insidensi kumulatif *surrender* yang lebih tinggi pada kelompok laki-laki. Pada variabel frekuensi pembayaran premi, kelompok *infra annual* memiliki insidensi kumulatif *surrender* tertinggi, diikuti kelompok *annual* dan *supra annual*. Pada variabel status merokok, kelompok *non smoker* menunjukkan insidensi kumulatif *surrender* yang lebih tinggi dibandingkan kelompok *smoker*. Sementara itu, pada variabel usia *underwriting*, kelompok usia menengah (*middle*) memiliki insidensi kumulatif *surrender* tertinggi, sedangkan kelompok usia tua (*old*) menunjukkan insidensi kumulatif terendah. Secara umum, kurva CIF mengindikasikan adanya perbedaan pola *surrender* antar kelompok karakteristik pemegang polis.

Signifikansi dari perbedaan peluang *surrender* ini dievaluasi secara univariat berdasarkan karakteristik pemegang polis menggunakan uji Gray.

Tabel 1: Hasil uji Gray untuk kejadian *surrender*.

Variabel	Statistik Uji	<i>p-value</i>	Derajat Bebas
<i>Gender</i>	35.13	<0.0001	1
<i>Premium Frequency</i>	484.52	<0.0001	2
<i>Risk State</i>	53.84	<0.0001	1
<i>Underwriting Age</i>	188.28	<0.0001	2

Berdasarkan Tabel 1, hasil pengujian mengonfirmasi bahwa variabel jenis kelamin, kelompok usia, frekuensi pembayaran premi, dan status perokok seluruhnya memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap keputusan pembatalan polis (*p-value* < 0.001). Temuan univariat ini menjadi landasan kuat yang mengharuskan analisis dilanjutkan ke tahap pemodelan multivariat guna mengukur efek gabungan antarvariabel.

3.2 Pemodelan *Competing Risk Analysis*

Bukti univariat dari uji Gray mengonfirmasi bahwa seluruh variabel karakteristik pemegang polis berpengaruh signifikan terhadap peluang *surrender* (*p-value* < 0,001). Untuk mengukur pengaruh bersama antarvariabel secara simultan, analisis dilanjutkan ke tahap pemodelan multivariat melalui dua pendekatan *competing risk*, yaitu *cause specific hazard* (CSH) dan *subdistribution hazard* (SDH). Sebelum interpretasi koefisien, evaluasi kelayakan asumsi *proportional hazard* (PH) dilakukan menggunakan analisis *Schoenfeld residual*, dengan hasil yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2: Hasil uji asumsi *proportional hazard*.

Variabel	<i>Chi-Square</i> (χ^2)	Derajat Bebas	<i>p-value</i>
<i>Gender</i>	2.031	1	0.1541
<i>Premium Frequency</i>	17.905	2	<0.001
<i>Risk State</i>	0.721	1	0.3958
<i>Underwriting Age</i>	18.476	2	<0.001

Berdasarkan Tabel 2, variabel *gender* dan *risk state* terbukti memenuhi asumsi PH. Sebaliknya, pelanggaran asumsi terjadi pada *premium frequency* dan *underwriting age* yang menunjukkan adanya fluktuasi efek terhadap waktu ($p\text{-value} < 0.001$). Meskipun secara statistik asumsi global tertolak, parameter regresi tetap dianggap konstan karena perubahan pengaruh kovariat terhadap waktu relatif kecil dan tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap interpretasi model pada skala portofolio besar (Milhaud & Dutang, 2018). Nilai *hazard ratio* yang dihasilkan kedua model dapat diamati pada Tabel 3.

Tabel 3: *Hazard ratio* model CSH dan SDH untuk risiko *surrender*.

Variabel	Kategori	CSH (HR)	<i>p</i> - value	SDH (HR)	<i>p</i> - value
<i>Gender</i>	<i>Male</i>	1	-	1	-
	<i>Female</i>	0.9014	<0.001	0.9003	<0.001
<i>Premium Frequency</i>	<i>Infra annual</i>	1	-	1	-
	<i>Annual</i>	0.7296	<0.001	0.7271	<0.001
	<i>Supra annual</i>	0.5542	<0.001	0.5510	<0.001
<i>Risk State</i>	<i>Non smoker</i>	1	-	1	-
	<i>Smoker</i>	0.8718	<0.001	0.8695	<0.001
<i>Underwriting Age</i>	<i>Young</i>	1	-	1	-
	<i>Middle</i>	1.1176	<0.001	1.1187	<0.001
	<i>Old</i>	0.7538	<0.001	0.7520	<0.001

Berdasarkan Tabel 3, kelompok *middle underwriting age* teridentifikasi sebagai faktor risiko paling krusial yang menaikkan peluang *surrender* nasabah (CSH HR = 1.1176). Fenomena ini sangat relevan dengan realitas siklus ekonomi. Nasabah pada rentang usia produktif sering kali menghadapi puncak tekanan likuiditas, seperti biaya pendidikan atau cicilan aset, yang memicu pencairan nilai tunai polis secara prematur demi kebutuhan mendesak.

Kondisi sebaliknya terjadi pada nasabah dengan komitmen pembayaran premi secara tahunan (*annual*). Kelompok ini memiliki risiko *surrender* yang jauh lebih rendah (CSH HR = 0.7296) jika disandingkan dengan nasabah yang harus membayar premi lebih dari sekali dalam setahun (*infra annual*). Kewajiban menagih premi yang terlalu rutin memperbesar beban likuiditas bulanan nasabah, yang pada akhirnya memicu mereka untuk menyerah dan menghentikan polis. Pola menarik lain juga terekam pada kelompok perokok yang terbukti memiliki laju *surrender* lebih lambat (CSH HR = 0.8718). Temuan ini merupakan bentuk nyata dari *anti selection* dalam industri asuransi jiwa di mana individu dengan kesadaran akan risiko kesehatan dan mortalitas yang lebih tinggi memiliki urgensi lebih besar untuk mempertahankan perlindungan asuransinya.

Pengujian paralel menggunakan model *Fine Gray* (SDH) dilakukan untuk melihat apakah profil risiko perilaku nasabah ini akan berubah jika peluang kejadian kematian ikut dihitung ke dalam himpunan risiko. Hasil

pendugaan membuktikan terjadinya konvergensi yang sangat presisi antara CSH dan SDH, di mana seluruh nilai *hazard ratio* hanya bergeser sangat tipis. Konvergensi ini memberikan jaminan bahwa anomali risiko yang ditemukan murni mencerminkan perilaku asli nasabah, bukan sekadar bias dari pengabaian peluang kematian. Keandalan model SDH yang sudah teruji ini menjadikan peluang prediksinya layak diaplikasikan langsung ke dalam valuasi finansial perusahaan.

3.3 Implikasi *Dynamic Surrender Value*

Pendekatan statis dalam menetapkan *surrender charge* sering kali terbukti tidak memadai dalam merespons keragaman profil risiko nasabah di lapangan. Sebagai solusi aplikatif, nilai CIF dari model SDH yang telah teruji konvergensi diekstraksi menjadi fungsi penyesuaian untuk merumuskan perhitungan *dynamic surrender value*.

Simulasi *dynamic surrender value* dilakukan untuk membandingkan skenario nasabah dengan frekuensi pembayaran premi *infra annual* dan *annual*. Agar perbandingan *dynamic surrender value* setara dan fokus pada efek frekuensi pembayaran, profil skenario diseragamkan pada nasabah laki-laki, bukan perokok, berada pada usia masuk menengah, dan melakukan penarikan pada akhir tahun ketiga (kuartal ke-12). Asumsi finansial yang digunakan dalam perhitungan ini meliputi:

- Uang Pertanggungan (UP) : Rp 100,000,000
- Cadangan Premi Tahun ke-3 (${}_3V$) : Rp 10,000,000
- Penalti Dasar (α) : 0.02
- Konstanta Penyesuaian (γ) : 0.1

Tabel 4: Hasil simulasi *dynamic surrender value*.

Skenario	Peluang Batal (CIF)	<i>Surrender Charge</i> (SC_3)	<i>Surrender Value</i> (SV_3)
<i>infra annual</i>	0.2435	Rp 443,475	Rp 9,556,525
<i>annual</i>	0.1836	Rp 383,626	Rp 9,616,374

Berdasarkan Tabel 4, hasil menunjukkan implikasi yang jelas terhadap pengelolaan arus kas perusahaan. Kelompok *infra annual* terbukti memiliki peluang *surrender* yang lebih tinggi (24.35%), sehingga sistem valuasi secara otomatis membebankan denda yang lebih besar (Rp 443,475). Secara bisnis, denda tambahan ini berfungsi sebagai bantalan likuiditas untuk menutupi biaya akuisisi agen yang belum lunas akibat nasabah berhenti lebih awal.

Sebaliknya, kelompok *annual* dengan risiko pembatalan yang lebih rendah (18,36%) menerima denda yang lebih ringan (Rp 383,626). Mekanisme adaptif ini menunjukkan bahwa pemodelan aktuaria berbasis *competing risk* mampu menciptakan sistem harga yang lebih adil (*fair pricing*). Perusahaan asuransi pada akhirnya dapat memberikan insentif retensi bagi nasabah setia yang minim risiko, bersamaan dengan tetap

melindungi stabilitas cadangan dana dari kelompok nasabah yang rentan membatalkan polisnya.

4. Simpulan dan Saran

Fenomena *surrender* menunjukkan risiko yang lebih tinggi dibandingkan risiko kematian dan dipengaruhi secara signifikan oleh karakteristik pemegang polis, di mana kelompok usia masuk (*underwriting*) menengah memiliki kecenderungan *surrender* yang lebih tinggi, sedangkan pembayaran premi tahunan, jenis kelamin perempuan, dan status perokok berasosiasi dengan risiko *surrender* yang lebih rendah. Konsistensi hasil antara pendekatan CSH dan SDH menunjukkan bahwa kedua model menghasilkan profil risiko *surrender* yang serupa. Temuan ini mendukung pemanfaatan hasil model SDH sebagai fungsi penyesuaian dalam perumusan nilai tebus dinamis yang lebih proporsional terhadap profil risiko individu. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, model disarankan mengakomodasi variabel makroekonomi, seperti fluktuasi suku bunga dan inflasi, melalui pendekatan kovariat yang bergantung pada waktu (*time-varying covariates*).

Daftar Pustaka

- Chang C. 2022. Beyond death: the impact of a population-wide health shock on life insurance. *N Am J Econ Finance*. 63:101810.
- Chang H, Schmeiser H. 2022. Life insurance surrender and liquidity risks. *Quant Finance*. 22(4):761-776.
- Cox DR. 1972. Regression models and life-tables. *J R Stat Soc Ser B Methodol*. 34(2):187-220. doi:10.1111/j.2517-6161.1972.tb00899.x.
- Fine JP, Gray RJ. 1999. A proportional hazards model for the subdistribution of a competing risk. *J Am Stat Assoc*. 94(446):496-509.
- Geskus RB. 2024. Competing risks: concepts, methods, and software. *Annu Rev Stat Appl*. 11:227–254. doi:10.1146/annurev-statistics-040522-094556.
- Haçarız O, Kleinow T, Macdonald AS. 2024. On technical bases and surplus in life insurance. *Scand Actuar J*. 2024(9):881–909.
- Hutapea RO, Sianturi AA. 2026. Integration of survival analysis in predicting customer churn risk to optimize life insurance redemption value formulation. *Economic J Econ Bus*. 5(2):261-269.
- Kiermayer M. 2021. Modeling surrender risk in life insurance: theoretical and experimental insight. *arXiv preprint*. arXiv:2101.11590.
- Lobo VGR, Fonseca TCO, Alves MB. 2024. Lapse risk modeling in insurance: a Bayesian mixture approach. *Ann Actuar Sci*. 18(1):126–151.

- Milhaud X, Dutang C. 2018. Lapse tables for lapse risk management in insurance: a competing risk approach. *Eur Actuar J.* 8(1):97-126.
- Ungolo F, van den Heuvel ER. 2024. A Dirichlet process mixture regression model for the analysis of competing risk events. *Insurance Math Econ.* 116:95–113.
- Valla M, Milhaud X, Olympio A. 2024. Including individual customer lifetime value and competing risks in tree-based lapse management strategies. *Eur Actuar J.* 14:99–144.