



ANALISIS PERBANDINGAN PREMI ASURANSI JIWA BERJANGKA MODEL DISKRIT DAN KONTINU DENGAN SUKU BUNGA CIR

Anita Sinaga^{1*}, Christina Amanda Surbakti², & Yizhar Saputra Hondro³

^{1,2,&3}Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Medan, Jalan William Iskandar Ps. V, Deli Serdang,
Sumatera Utara 20221, Indonesia

*Email: anitasinaga.4231260003@mhs.unimed.ac.id

Submit: 07-04-2026; Revised: 12-04-2026; Accepted: 13-04-2026; Published: 30-04-2026

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan perhitungan premi tunggal bersih asuransi jiwa berjangka menggunakan pendekatan model diskrit dan kontinu dengan suku bunga stokastik *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR). Data yang digunakan berupa suku bunga *BI Rate* periode Januari 2022 hingga Februari 2026, serta Tabel Mortalitas Penduduk Indonesia (TMPI) 2023 untuk kategori perempuan. Estimasi parameter model CIR dilakukan menggunakan metode *Ordinary Least Squares* (OLS). Hasil estimasi menunjukkan bahwa model memiliki karakteristik *mean reversion* dengan rerata jangka panjang sebesar 0,05 (5%) dan varians sebesar 0,0000002 yang mengindikasikan fluktuasi suku bunga relatif stabil. Laju tingkat suku bunga (*force of interest*) diperoleh sebesar $\delta = 0,036025$. Selanjutnya, model digunakan untuk menghitung faktor diskonto dan premi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa premi tunggal bersih dengan pendekatan diskrit sebesar Rp 911.088,22 lebih kecil dibandingkan dengan pendekatan kontinu sebesar Rp 927.703,73. Perbedaan ini disebabkan oleh waktu pembayaran manfaat, dimana model diskrit mengasumsikan pembayaran pada akhir tahun kematian, sedangkan model kontinu pada saat terjadinya kematian. Dengan demikian, pendekatan kontinu menghasilkan nilai sekarang manfaat (*present value of future benefit*) yang lebih besar. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan model premi dan asumsi suku bunga berpengaruh signifikan terhadap besaran premi.

Kata Kunci: Asuransi Jiwa Berjangka, Model CIR, Premi Diskrit, Premi Kontinu, TMPI 2023.

ABSTRACT: This study aims to analyze and compare the calculation of the net single premium of term life insurance using the discrete and continuous model approaches with the *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR) stochastic interest rate. The data used are the *BI Rate* interest rate for the period January 2022 to February 2026, as well as the 2023 Indonesian Population Mortality Table (TMPI) for the female category. The CIR model parameter estimation was carried out using the *Ordinary Least Squares* (OLS) method. The estimation results show that the model has mean reversion characteristics with a long-term average of 0.05 (5%) and a variance of 0.0000002, which indicates relatively stable interest rate fluctuations. The interest rate rate (*force of interest*) is obtained at $\delta = 0.036025$. Furthermore, the model is used to calculate the discount factor and premium. The calculation results show that the net single premium with the discrete approach is Rp 911,088.22, smaller than the continuous approach of Rp 927,703.73. This difference is due to the timing of benefit payments. The discrete model assumes payment at the end of the year of death, while the continuous model assumes payment at the time of death. Therefore, the continuous approach yields a greater present value of future benefits. This study shows that the choice of premium model and interest rate assumptions significantly influence premium amounts.

Keywords: Term Life Insurance, CIR Model, Discrete Premium, Continuous Premium, TMPI 2023.

How to Cite: Sinaga, A., Surbakti, C. A., & Hondro, Y. S. (2026). Analisis Perbandingan Premi Asuransi Jiwa Berjangka Model Diskrit dan Kontinu dengan Suku Bunga CIR. *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 6(2), 1223-1235. <https://doi.org/10.36312/panthera.v6i2.1234>



PENDAHULUAN

Asuransi merupakan instrumen keuangan krusial yang berperan dalam mitigasi risiko finansial akibat ketidakpastian di masa depan. Melalui pembayaran premi, individu mengalihkan risiko kepada perusahaan asuransi untuk meminimalkan potensi kerugian secara proporsional (Artika, 2020). Di antara berbagai produk yang tersedia, asuransi jiwa berjangka (*term life insurance*) menjadi pilihan utama, karena fleksibilitas jangka waktu perlindungan dan pemberian manfaat uang pertanggungan jika risiko kematian terjadi selama masa kontrak (Artika *et al.*, 2018).

Dalam kalkulasi aktuarial, besarnya premi dipengaruhi secara signifikan oleh tabel mortalitas dan tingkat suku bunga. Tabel mortalitas memodelkan peluang kematian, sementara suku bunga berfungsi sebagai faktor diskonto untuk menentukan nilai kini (*present value*) dari manfaat masa depan (Lintang & Widhiatmoko, 2025). Secara tradisional, suku bunga sering dianggap konstan untuk menyederhanakan perhitungan. Namun dalam realitas ekonomi, suku bunga bersifat dinamis dan berfluktuasi mengikuti kebijakan moneter, seperti pergerakan *BI Rate* di Indonesia (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2026). Penggunaan asumsi suku bunga tetap pada kontrak jangka panjang berisiko menghasilkan estimasi yang tidak realistis, karena mengabaikan volatilitas pasar (Supriatna *et al.*, 2019).

Oleh karena itu, penggunaan model suku bunga jangka pendek (*short-rate*) berbasis proses stokastik menjadi esensial. Model *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR) merupakan salah satu model *short-rate* yang unggul, karena memiliki sifat *mean-reverting* dan menjamin nilai suku bunga tetap positif (Hidayat & Sugiarto, 2023). Beberapa studi terdahulu telah mengkaji model ini, seperti Supriatna *et al.* (2019) yang membandingkan premi diskrit dan kontinu, serta Artika *et al.* (2018) yang membandingkan performa CIR dengan model *Vasicek*. Fadhilah *et al.* (2022) dan Nugraha *et al.* (2020) juga menegaskan bahwa model CIR memberikan proyeksi diskonto yang lebih aman bagi solvabilitas perusahaan dalam kondisi pasar yang volatil.

Meskipun model *short-rate* CIR telah banyak dibahas, terdapat celah penelitian (*research gap*) yang belum tereksplorasi secara mendalam. Mayoritas literatur sebelumnya masih mengandalkan tabel mortalitas lama (seperti TMI 2011 atau 2019) yang tidak lagi mencerminkan profil risiko kematian penduduk Indonesia pasca-perubahan dinamika kesehatan global. Perbandingan antara pendekatan diskrit dan kontinu sering kali hanya disajikan secara teoretis tanpa menguji sensitivitasnya terhadap parameter data empiris terbaru (Suryanto *et al.*, 2025).

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada integrasi model *short-rate* CIR dengan data empiris *BI Rate* terkini dan pengaplikasian Tabel Mortalitas Penduduk Indonesia (TMPI) 2023 (Persatuan Aktuaris Indonesia, 2024). Penggunaan TMPI 2023 sangat krusial untuk mengakomodasi pergeseran angka harapan hidup masyarakat terbaru, sehingga menghasilkan estimasi risiko yang



lebih akurat dan relevan bagi industri asuransi saat ini. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan perhitungan premi tunggal bersih asuransi jiwa berjangka antara pendekatan diskrit dan kontinu guna memberikan rekomendasi model yang lebih presisi dalam mengantisipasi fluktuasi ekonomi dan demografi.

METODE

Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari sumber resmi. Data suku bunga yang digunakan adalah *BI Rate* periode Januari 2022 hingga Februari 2026 yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS). Penelitian ini juga menggunakan data Tabel Mortalitas Penduduk Indonesia (TMPI) Tahun 2023 untuk kategori perempuan yang diterbitkan oleh Persatuan Aktuaris Indonesia. Data *BI Rate* digunakan sebagai dasar dalam pemodelan suku bunga stokastik menggunakan model *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR), sedangkan data TMPI 2023 digunakan untuk memperoleh probabilitas hidup dan kematian yang diperlukan dalam perhitungan premi asuransi jiwa berjangka.

Tabel 1. Suku Bunga *BI Rate*.

Bulan	Tahun 2022	Tahun 2023	Tahun 2024	Tahun 2025	Tahun 2026
Januari	3.5	5.75	6	5.75	4.75
Februari	3.5	5.75	6	5.75	4.75
Maret	3.5	5.75	6	5.75	
April	3.5	5.75	6.25	5.75	
Mei	3.5	5.75	6.25	5.75	
Juni	3.5	5.75	6.25	5.75	
Juli	3.5	5.75	6.25	5.75	
Agustus	3.75	5.75	6.25	5	
September	4.25	5.75	6	4.75	
Oktober	4.75	6	6	4.75	
November	5.25	6	6	4.75	
Desember	5.5	6	6	4.75	

Model yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan model suku bunga stokastik *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR), serta model perhitungan premi asuransi jiwa berjangka yang terdiri dari pendekatan diskrit dan kontinu.

Model Suku Bunga *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR)

Model ini digunakan untuk merepresentasikan pergerakan suku bunga yang bersifat dinamis dan tetap bernilai positif. Model suku bunga stokastik menunjukkan bahwa tingkat suku bunga berubah secara acak dari waktu ke waktu dengan tingkat fluktuasi tertentu. Bentuk persamaan dari model CIR adalah sebagai berikut:

$$dr(t) = k \left(\theta - r(t)dt + \sigma\sqrt{r(t)} \right) dW(t)$$

Keterangan:

$r(t)$: Tingkat suku bunga pada saat t ;

k : Kecepatan $r(t)$ kembali menuju θ ;

θ : Rerata jangka panjang tingkat suku bunga;



σ : Volatility dari tingkat suku bunga; dan
 W : Proses wiener.

Karena persamaan (1) adalah persamaan stokastik, maka digunakan formula Ito yang dalam kalkulus digunakan untuk menemukan perbedaan fungsi bergantung waktu dari proses stokastik. Formula ini memungkinkan analisis perubahan nilai variabel secara lebih akurat dalam sistem yang dipengaruhi oleh ketidakpastian. Maka didapatkan hasil penyelesaian model CIR sebagai berikut:

$$r(t + 1) = \theta(1 - e^{-k\Delta t}) + e^{-k\Delta t}r(t) + \sigma \int_0^t e^{-k(t+1-u)}\sqrt{r(s)} dW(s)$$

Model Premi

1) Model Premi Tunggal Bersih Diskrit

Dalam pendekatan ini, pembayaran manfaat asuransi dilakukan pada akhir periode polis, yaitu pada tahun terjadinya risiko ketika tertanggung meninggal dunia. Premi diskrit dinyatakan sebagai nilai sekarang dari manfaat yang akan dibayarkan di masa mendatang (*present value of future benefit*) dan dinotasikan dengan P_x . Untuk suatu asuransi jiwa berjangka dengan usia masuk tertanggung sebesar x , jangka waktu pertanggungan selama n tahun, serta besaran uang pertanggungan (*benefit*) sebesar UP , maka besarnya premi tunggal bersih yang harus dibayarkan oleh tertanggung dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_x:\bar{n}| = UP \cdot A'_x:\bar{n}|$$
$$(A)_{x:\bar{n}|} = \left(\sum_{t=0}^{n-1} v^{t+1} \cdot {}_t p_x \cdot q_{x+t} \right)$$

2) Model Premi Tunggal Bersih Kontinu

Premi tunggal bersih kontinu dinotasikan sebagai nilai sekarang dari manfaat yang dibayarkan secara kontinu yang umumnya dinyatakan dengan P_x . Dalam pendekatan ini, diasumsikan bahwa distribusi kematian mengikuti distribusi *uniform* dalam setiap interval usia, yaitu untuk $0 \leq t \leq 1$ dengan x menyatakan usia tertanggung. Nilai premi tunggal bersih model kontinu untuk asuransi jiwa berjangka n tahun:

$$\bar{P}_x:\bar{n}| = \frac{i}{\delta} \cdot P_x:\bar{n}|$$

Faktor konstan $\frac{i}{\delta}$ digunakan pada semua umur sebagai pendekatan untuk perubahan nilai dari pembayaran santunan (*benefit*) asuransi pada akhir tahun kematian (diskrit) menjadi kontinu (Supriatna *et al.*, 2019).

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur, mulai dari tahap persiapan data hingga perhitungan premi. Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

Persiapan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengolahan awal terhadap data yang digunakan dalam penelitian, yaitu data suku bunga *BI Rate* periode Januari 2022 hingga Februari 2026, serta data Tabel Mortalitas Penduduk Indonesia (TMPI) 2023 untuk kategori perempuan. Data suku bunga *BI Rate* yang semula berbentuk persentase diubah ke dalam bentuk desimal dan disusun sebagai data runtun waktu (*time series*) dengan interval bulanan. Selain itu, ditentukan interval waktu sebesar $\Delta t = \frac{1}{12}$ yang merepresentasikan satu bulan (Artika, 2020). Sedangkan data TMPI 2023 digunakan untuk memperoleh nilai peluang hidup dan peluang kematian yang diperlukan dalam perhitungan premi. Seluruh data yang telah diolah kemudian digunakan sebagai *input* dalam proses estimasi parameter model dan perhitungan premi.

Estimasi Parameter Model CIR dengan Metode OLS

Pada tahap ini, dilakukan estimasi parameter model suku bunga stokastik *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR) model menggunakan metode *Ordinary Least Squares* (OLS). Dengan menggunakan metode OLS didapat bahwa:

$$r_{t+1} - r_t = k(\theta - r_t)\Delta t + \sigma\sqrt{r_t}\Delta t \varepsilon_t$$

Estimasi dilakukan untuk memperoleh nilai parameter utama, yaitu kecepatan penyesuaian (κ), rata-rata jangka panjang (θ), dan volatilitas (σ) dengan masing masing rumus sebagai berikut:

1) Rumus Estimator \hat{k}

$$\hat{k} = \frac{n^2 - 2n + 1 + \sum_{t=1}^{n-1} r_{t+1} \sum_{t=1}^{n-1} \frac{1}{r_t} - \sum_{t=1}^{n-1} r_t \sum_{t=1}^{n-1} \frac{1}{r_t} - (n-1) \sum_{t=1}^{n-1} \frac{r_{t+1}}{r_t}}{\left(n^2 - 2n + 1 - \sum_{t=1}^{n-1} r_t \sum_{t=1}^{n-1} \frac{1}{r_t}\right) \Delta t}$$

2) Rumus Estimator $\hat{\theta}$

$$\hat{\theta} = \frac{(n-1) \sum_{t=1}^{n-1} r_{t+1} - \sum_{t=1}^{n-1} \frac{r_{t+1}}{r_t} \sum_{t=1}^{n-1} r_t}{\left(n^2 - 2n + 1 + \sum_{t=1}^{n-1} \frac{1}{r_t} - \sum_{t=1}^{n-1} r_t \sum_{t=1}^{n-1} \frac{1}{r_t} - (n-1) \sum_{t=1}^{n-1} \frac{r_{t+1}}{r_t}\right)}$$

3) Estimator Parameter σ Dinyatakan Sebagai $\hat{\sigma}$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{r_{t+1} - r_t}{\Delta t \sqrt{r_t}} - \frac{\hat{\theta}}{\sqrt{r_t}} + \hat{k} \sqrt{r_t} \right)^2}$$

Perhitungan Suku Bunga Stokastik Model CIR

Perhitungan suku bunga stokastik berdasarkan parameter yang telah diestimasi menggunakan model *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR) sebagai berikut:

$$r(t+1) = \theta(1 - e^{-k\Delta t}) + e^{-k\Delta t}r(t) + \sigma \int_t^{t+1} e^{-k(t+1-s)} \sqrt{r(s)} ds$$



Perhitungan Rerata dan Varians Suku Bunga Stokastik Model CIR

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan rerata dan varians dari suku bunga stokastik yang dihasilkan oleh model *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR). Perhitungan rerata bertujuan untuk mengetahui nilai rata-rata jangka panjang suku bunga (*mean reversion*), sedangkan varians digunakan untuk mengukur tingkat fluktuasi suku bunga terhadap nilai rata-ratanya. Nilai varians yang relatif kecil menunjukkan bahwa hasil estimasi parameter mampu merepresentasikan data secara stabil.

$$\text{Var}[r(t)] = r(0) \left(\frac{\sigma^2}{k} \right) (e^{-kt} - e^{-2kt}) + \theta \left(\frac{\sigma^2}{2k} \right) (1 - e^{-kt})$$

Perhitungan Laju Suku Bunga (Force of Interest)

Adapun menghitung laju tingkat suku bunga δ dengan menggunakan rumus berikut:

$$\delta = \ln(1 + r(t + 1))$$

Perhitungan faktor Diskonto

Dalam menghitung fungsi diskonto atau yang disebut sebagai faktor pengali, maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$v = \frac{1}{1 + \delta}$$

Perhitungan Nilai Premi Diskrit dan Kontinu

Perhitungan dilakukan dengan memanfaatkan hasil suku bunga stokastik dan faktor diskonto yang diperoleh pada tahap sebelumnya, serta data peluang hidup dan kematian dari tabel mortalitas. Nilai premi yang dihasilkan mencerminkan perbedaan waktu pembayaran manfaat, dimana pendekatan diskrit mengasumsikan pembayaran pada akhir periode, sedangkan pendekatan kontinu mengasumsikan pembayaran dilakukan pada saat terjadinya risiko (Supriatna *et al.*, 2019).

Tools/Perangkat Lunak yang Digunakan

Pengolahan data dan perhitungan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *Python* yang digunakan dalam proses estimasi parameter model menggunakan metode OLS, simulasi suku bunga stokastik, serta perhitungan faktor diskonto dan nilai premi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dan pembahasan meliputi estimasi parameter dan penerapan model suku bunga stokastik *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR). Data yang digunakan berupa suku bunga *BI Rate* periode Januari 2022 sampai dengan Februari 2026 yang kemudian dianalisis untuk memperoleh parameter model. Selanjutnya, hasil estimasi tersebut digunakan dalam perhitungan suku bunga stokastik, serta diaplikasikan pada penentuan premi tunggal bersih asuransi jiwa berjangka. Model ini memberikan gambaran yang lebih realistis terhadap dinamika suku bunga dalam perhitungan aktuarial.



Estimasi Parameter Suku Bunga Stokastik Model CIR

Berdasarkan Tabel 2, dapat diidentifikasi beberapa variabel yang digunakan dalam proses estimasi parameter model suku bunga stokastik CIR, yaitu jumlah periode pengamatan (n), total nilai r_t , total nilai $\frac{1}{r_t}$, total nilai r_{t+1} , serta total $\frac{r_{t+1}}{r_t}$.

Tabel 2. Variabel-variabel dalam Proses Estimasi Parameter Model CIR.

Bulan (n)	BI Rate	r_t	$\frac{1}{r_t}$	r_{t+1}	$\frac{r_{t+1}}{r_t}$
1	3.5	0.035	28.57143	0.035	1
		0.035	28.57143	0.035	1
2	3.5	0.035	28.57143	0.035	1
3	3.5	0.035	28.57143	0.035	1
4	3.5	0.035	28.57143	0.035	1
5	3.5	0.035	28.57143	0.035	1
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
49	4.75	0.0475	21.05263	0.0475	1
Jumlah	260	2.6	958.6688	2.6125	49.343798
Jumlah (%)	2.6	0.026	9.586688	0.026125	0.4934378

Variabel utama yang digunakan adalah suku bunga pada periode ke- t yang dinotasikan sebagai r_t , serta suku bunga pada periode berikutnya r_{t+1} . Kedua variabel ini berperan sebagai komponen utama dalam membentuk hubungan linier hasil diskritisasi model CIR. Selain itu, dilakukan transformasi terhadap data suku bunga melalui perhitungan $\frac{1}{r_t}$ dan $\frac{r_{t+1}}{r_t}$. Transformasi $\frac{1}{r_t}$ digunakan untuk mempermudah penyusunan bentuk estimator parameter, khususnya dalam perhitungan parameter jangka panjang θ . Sementara itu, rasio $\frac{r_{t+1}}{r_t}$ digunakan untuk menggambarkan perubahan relatif suku bunga antar periode dan berperan dalam pembentukan estimator k serta parameter lainnya.

Nilai total dari masing-masing variabel, seperti $\sum r_t$, $\sum \frac{1}{r_t}$, $\sum r_{t+1}$, dan $\sum \frac{r_{t+1}}{r_t}$, digunakan sebagai komponen utama dalam rumus estimasi parameter model CIR. Selanjutnya, nilai rata-rata (ditunjukkan sebagai jumlah persentase) digunakan sebagai pendekatan dalam menyederhanakan perhitungan numerik. Sebelum melakukan estimasi parameter, terlebih dahulu ditentukan nilai interval waktu Δt yang digunakan dalam model suku bunga stokastik. Nilai Δt merepresentasikan selang waktu antar pengamatan dalam satuan tahun. Data suku bunga yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data bulanan, sehingga setiap satu periode pengamatan mewakili satu bulan. Oleh karena itu, interval waktu yang digunakan dinyatakan sebagai:

$$\Delta t = \frac{1}{12}$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa satu bulan merupakan seperdua belas bagian dari satu tahun. Penentuan ini penting untuk menjaga konsistensi satuan waktu dalam model stokastik yang secara umum dinyatakan dalam satuan tahunan.

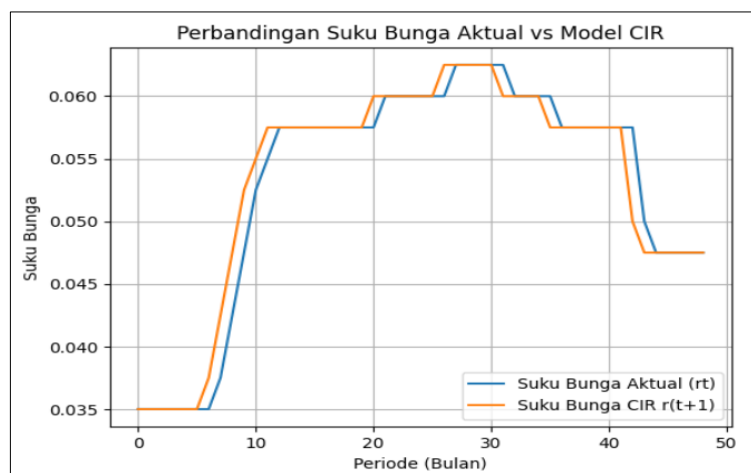
Penentuan $\Delta t = \frac{1}{12}$ sejalan dengan penelitian Artika (2020) yang menggunakan interval waktu bulanan dalam satuan tahun pada model suku bunga dan perhitungan premi. Sebagai contoh, untuk periode pengamatan pertama ($t = 1$), maka interval waktu antar periode tetap sebesar:

$$\Delta t = \frac{1}{12}$$

Dengan demikian, nilai Δt yang digunakan, yaitu sebesar $\frac{1}{12}$. Maka diperoleh: 1) estimasi parameter k : 0,732757; 2) estimasi parameter θ : 0,057573; dan 3) estimasi parameter σ : 0,006399. Dari hasil tersebut, maka diperoleh hasil estimasi untuk parameter model CIR adalah 0,732757 untuk estimator \hat{k} ; 0,057573 untuk nilai estimator $\hat{\theta}$; dan 0,006399 untuk nilai estimator $\hat{\sigma}$.

Grafik Perbandingan Suku Bunga Aktual vs Suku Bunga CIR

Gambar 1 berikut menyajikan perbandingan antara suku bunga aktual (*BI Rate*) dengan suku bunga hasil simulasi menggunakan model *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR) selama periode pengamatan. Grafik ini digunakan untuk melihat sejauh mana model CIR mampu merepresentasikan pola pergerakan suku bunga aktual.



Gambar 1. Perbandingan Suku Bunga Aktual vs Model CIR.

Berdasarkan grafik perbandingan, terlihat bahwa suku bunga hasil model CIR mampu mengikuti pola pergerakan suku bunga aktual dengan cukup baik. Pada awal periode hingga pertengahan, kedua kurva menunjukkan tren kenaikan yang relatif serupa, kemudian mencapai titik puncak dan berangsur menurun hingga akhir periode. Hal ini menunjukkan bahwa model CIR dapat menangkap pola umum (*trend*) dari data suku bunga, baik saat mengalami kenaikan maupun penurunan. Meskipun demikian, terdapat sedikit perbedaan antara nilai aktual dan hasil model pada beberapa periode. Perbedaan ini menunjukkan bahwa model CIR belum sepenuhnya mampu menangkap seluruh fluktuasi yang terjadi, terutama akibat faktor eksternal, seperti kebijakan moneter atau kondisi ekonomi. Namun secara keseluruhan, model CIR sudah cukup representatif dalam menggambarkan dinamika suku bunga aktual.



Menghitung Suku Bunga Stokastik Model CIR

Misal, $t = 1$ maka $\Delta t = \frac{1}{12}$. Dengan demikian diperoleh nilai $r_{(t+1)} = 0,036682$.

Menghitung Rerata dan Varians Suku Bunga Stokastik Model CIR

Rerata suku bunga stokastik diperoleh sebesar 0,05 atau 5%. Hal ini menunjukkan bahwa model CIR memiliki sifat *mean reversion*, yaitu kecenderungan suku bunga untuk kembali menuju nilai θ sebagai rata-rata jangka panjang. Dengan demikian, rerata jangka panjang tingkat suku bunga stokastik pada model CIR adalah sebesar 0,05 atau 5%. Selanjutnya, diperoleh nilai varians suku bunga stokastik model CIR sebagai berikut:

$$\text{Var}[r(t)] = 0,0000002$$

Nilai varians hasil perhitungan sebesar 0,0000002 yang tergolong sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa data suku bunga stokastik berada sangat dekat dengan nilai rata-ratanya (nilai ekspektasi), sehingga tingkat fluktuasi suku bunga sangat rendah. Dengan demikian, pergerakan suku bunga cenderung stabil dan tidak mengalami perubahan yang signifikan dari waktu ke waktu. Estimator parameter suku bunga stokastik model CIR yang diperoleh dapat digunakan dengan baik dalam perhitungan suku bunga stokastik, karena mampu merepresentasikan pola data secara stabil. Kondisi ini juga mengindikasikan bahwa proses *mean reversion* dalam model CIR bekerja dengan cukup kuat, sehingga suku bunga memiliki kecenderungan untuk kembali ke nilai keseimbangannya. Hasil estimasi yang stabil ini meningkatkan keandalan model dalam melakukan prediksi jangka pendek maupun jangka panjang.

Menghitung Laju Tingkat Suku Bunga (Force of Interest)

Adapun menghitung laju tingkat suku bunga δ dengan menggunakan rumus berikut:

$$\delta = \ln(1 + r(t + 1)) = \ln(1 + 0,036682) = 0,036025$$

Menghitung Fungsi Diskonto

Dalam menghitung fungsi diskonto atau yang disebut sebagai faktor pengali, maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$v = \frac{1}{1 + \delta} = \frac{1}{1 + 0,036025} = 0,965226$$

Perhitungan Premi Tunggal Bersih Asuransi Jiwa Berjangka

Analisis pada bagian ini bertujuan untuk menentukan besaran Premi Tunggal Bersih melalui dua pendekatan model aktuarial, yaitu model diskrit dan model kontinu. Studi kasus dilakukan pada seorang individu perempuan berusia 30 tahun ($x = 30$) dengan masa pertanggungan asuransi jiwa berjangka selama 5 tahun ($n = 5$) dan Uang Pertanggungan (UP) sebesar Rp150.000.000. Untuk menjamin relevansi hasil perhitungan dengan kondisi demografi saat ini, data peluang hidup dan kematian diadopsi dari Tabel Mortalitas Penduduk Indonesia (TMPI) 2023 kategori perempuan yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai d_x , q_x , dan p_x pada TMPI 2023 untuk Perempuan.

x (umur)	d_x	q_x	p_x
0	70861	0.00788	0.99212
1	9232	0.002096	0.9979
2	5051	0.0009	0.9991
-	-	-	-
29	11526	0.001181	0.99882
30	11559	0.001234	0.99877
31	12410	0.001292	0.99871
32	13899	0.001354	0.99865
33	13519	0.001417	0.99858
34	14182	0.001489	0.99851
35	15314	0.001578	0.99842

Model Premi Diskrit

Model diskrit digunakan dengan asumsi manfaat dibayarkan pada akhir tahun kematian. Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, diketahui bahwa faktor diskonto $v = 0,965226$. Kemudian dari kasus dikatakan bahwa jangka waktu polis $n = 5$ tahun, dengan usia nasabah $x = 30$ tahun dan UP Rp 150.000.000,00 (seratus lima puluh juta rupiah). Sehingga nilai premi tunggal bersih yang harus dibayar oleh nasabah tersebut adalah:

$$A_{30:\overline{5}|} = 0,006073$$

$$P_{30} = UP \cdot A'_{5:\overline{5}|}$$

$$= Rp911.088,22$$

Model Premi Kontinu

Model kontinu digunakan untuk mengestimasi nilai premi jika manfaat dibayarkan segera pada saat kematian terjadi. Diketahui bahwa faktor diskonto $v = 0,965226$, laju tingkat suku bunga $\delta = 0,036025$ dengan $i = r_{(t+1)} = 0,036682$, maka didapatkan faktor konstanta $\frac{i}{\delta} = 1,018237$, sehingga nilai premi tunggal bersih yang harus dibayar oleh nasabah tersebut adalah:

$$\overline{P}_{x:\overline{n}|} = \frac{i}{\delta} \cdot P_{x:\overline{n}|}$$

$$= 1,018237 \times Rp911.088,22$$

$$= Rp927.703,73$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa premi diskrit, yaitu Rp 911.088,22 lebih kecil dibandingkan dengan premi kontinu, yaitu sebesar Rp 927.703,73. Hal ini disebabkan karena faktor konstanta (perbandingan suku bunga stokastik dengan laju tingkat suku bunganya lebih besar dari satu). Perbedaan ini terjadi karena adanya perbedaan waktu pembayaran santunan (*benefit*). Pada model premi diskrit, santunan diberikan pada akhir tahun terjadinya kematian, sehingga nilai sekarang dari pembayaran tersebut menjadi lebih kecil akibat faktor diskonto. Sebaliknya, pada model premi kontinu, santunan diberikan segera pada saat kematian terjadi,



sehingga nilai sekarang dari pembayaran menjadi lebih besar, karena tidak mengalami penundaan waktu pembayaran. Nilai parameter kecepatan *mean reversion* $k = 0,732757$ tergolong relatif besar. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat suku bunga memiliki kecenderungan yang cepat kembali menuju rata-rata jangka panjang ($\theta = 0,057573$). Dengan kata lain, jika terjadi penyimpangan suku bunga dari nilai keseimbangannya, proses penyesuaiannya berlangsung cukup cepat.

Nilai volatilitas $\sigma = 0,006399$ tergolong rendah, yang mengindikasikan bahwa fluktuasi suku bunga selama periode pengamatan relatif kecil. Secara realistis, hal ini sesuai dengan kondisi *BI Rate* dalam beberapa tahun terakhir yang cenderung stabil dan dikendalikan oleh kebijakan bank sentral. Namun demikian, volatilitas yang terlalu rendah juga perlu diperhatikan, karena dapat mengindikasikan bahwa model kurang menangkap kemungkinan fluktuasi ekstrem yang mungkin terjadi di pasar.

Hasil estimasi parameter dalam penelitian ini konsisten dengan karakteristik model *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR), yaitu memiliki sifat *mean reversion* dan menjamin suku bunga tetap bernilai positif. Hal ini sejalan dengan penelitian Marwinda & Danardono (2024) yang menyatakan bahwa model CIR mampu merepresentasikan pergerakan suku bunga secara realistis dan mengikuti pola pasar. Dengan demikian, hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dikatakan sesuai dengan literatur, khususnya pada kondisi suku bunga yang relatif stabil.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data sekunder berupa suku bunga *BI Rate* periode Januari 2022-Februari 2026, serta Tabel Mortalitas Penduduk Indonesia (TMPI) 2023 untuk perempuan dengan bantuan *Python*, diperoleh simpulan sebagai berikut: 1) estimasi parameter model suku bunga stokastik *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR) menunjukkan bahwa suku bunga memiliki sifat *mean reversion* dengan kecepatan penyesuaian yang relatif cepat menuju rata-rata jangka panjang. Selain itu, nilai volatilitas yang rendah mengindikasikan bahwa fluktuasi suku bunga selama periode pengamatan cenderung kecil, sehingga model CIR mampu merepresentasikan pergerakan suku bunga secara stabil dan realistis; 2) perhitungan premi tunggal bersih menunjukkan bahwa model premi diskrit menghasilkan nilai yang lebih kecil dibandingkan model premi kontinu yang disebabkan oleh perbedaan waktu pembayaran manfaat. Pada model diskrit, pembayaran dilakukan di akhir periode, sehingga nilai sekarang lebih kecil, sedangkan pada model kontinu pembayaran dilakukan segera saat kematian terjadi, sehingga nilainya lebih besar; dan 3) perbedaan pendekatan model premi (diskrit dan kontinu) berpengaruh terhadap besarnya premi yang harus dibayarkan, dimana model kontinu memberikan hasil premi yang lebih tinggi, karena tidak adanya penundaan pembayaran manfaat, sehingga nilai sekarang dari manfaat menjadi lebih besar.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, peneliti menyarankan pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan model suku bunga stokastik lain sebagai pembanding untuk melihat model yang paling optimal dalam penentuan premi asuransi. Selain itu, penggunaan data dengan periode yang



lebih panjang atau frekuensi yang lebih tinggi disarankan agar estimasi parameter menjadi lebih akurat. Dalam penelitian ini, masih terdapat keterbatasan pada penggunaan data *BI Rate* dan asumsi tabel mortalitas yang bersifat umum, sehingga faktor lain seperti kondisi individu dan tingkat risiko belum diperhitungkan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan model dan validasi lebih lanjut agar hasil yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi yang lebih realistis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Medan yang telah memberikan dukungan akademik, sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik. Terima kasih juga disampaikan kepada dosen pengampu mata kuliah matematika aktuaria, Bapak Sudianto Manullang, S.Si.,M.Sc., atas bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat membantu dalam proses penyusunan penelitian ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses penelitian dan penulisan artikel ini. Penelitian ini dilaksanakan tanpa pendanaan dari lembaga tertentu, namun dukungan akademik dan moral dari berbagai pihak sangat membantu terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Artika, S. (2020). Penentuan Premi Asuransi Jiwa Berjangka 5 Tahun Menggunakan Model *Vasicek* dan Model *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR). *Statmat : Jurnal Statistika dan Matematika*, 2(2), 103-114. <https://doi.org/10.32493/sm.v2i2.6077>
- Artika, S., Purnaba, I. G. P., & Lesmana, D. C. (2018). Penentuan Premi Asuransi Jiwa Berjangka Menggunakan Model *Vasicek* dan Model *Cox-Ingersoll-Ross* (CIR). *Journal of Mathematics and Its Applications*, 17(2), 129-139. <https://doi.org/10.29244/jmap.v17i2.25303>
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2026). Retrieved April 5, 2026, from BPS Interactwebsite: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/Mzc5IzI=/bi-rate>
- Fadhilah, N., Milanti, A., & Herlambang, T. (2022). Penentuan Premi Asuransi Jiwa Berjangka Menggunakan Model Suku Bunga *Cox-Ingersoll-Ross*. *Journal of Mathematics and Its Applications*, 19(1), 45-56. <https://doi.org/10.29244/jmap.v19i1.39126>
- Hidayat, R., & Sugiarto, W. (2023). Analisis Sensitivitas Parameter Model CIR pada Perhitungan Premi Tunggal Bersih Berdasarkan Tabel Mortalitas Penduduk Indonesia. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 9(2), 112-125. <https://doi.org/10.24014/jsms.v9i2.24727>
- Lintang, A., & Widhiatmoko, F. (2025). Penentuan Premi Asuransi Jiwa Berjangka dengan Model Suku Bunga *Cox-Ingersoll-Ross* pada Kasus *Multiple Decrement*. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika*, 9(2), 189-198. <https://doi.org/10.26740/jram.v9n2.p189-198>
- Marwinda, T. D. N., & Danardono, D. (2024). Perbandingan Iuran Normal Pensiun Metode *Entry Age Normal* dan *Projected Unit Credit* dengan Suku Bunga CIR (*Cox Ingersoll Ross*). *Jurnal Pembelajaran dan Matematika Sigma*



-
- (JPMS), 10(2), 133-138. <https://doi.org/10.36987/jpms.v10i2.5881>
- Nugraha, E., Kurniati, I., & Susanti, D. (2020). Pemodelan Suku Bunga Stokastik dalam Perhitungan Cadangan Premi Asuransi Jiwa. *Jurnal Aktuaria Indonesia*, 4(2), 88-101. <https://doi.org/10.59124/jai.v4i2.28>
- Persatuan Aktuaris Indonesia. (2024). Retrieved April 5, 2026, from Aktuaris Interactwebsite: https://www.aktuaris.or.id/page/news_detail/251/tabel-mortalitas-dan-morbiditas-penduduk-indonesia-tahun-2023-dari-bpjs-kesehatan
- Supriatna, A., Riaman, R., Nahar, J., Johansyah, M. D., & Ismoyo, A. H. (2019). Perhitungan Premi Asuransi Jiwa Berjangka Model Diskrit dan Kontinu dengan Asumsi Suku Bunga Berubah secara Stokastik. *In Search : Informatic, Science, Entrepreneur, Applied Art, Research, Humanism*, 18(1), 198-204. <https://doi.org/10.46456/is.v18i1.198>
- Suryanto, A. A., Febriyana, S., Safitri, A., Arigani, Z., & Pratiwi, Y. E. (2025). Analisis Perbandingan Premi Tunggal Bersih Asuransi Jiwa Berjangka dengan Tabel Mortalitas Indonesia (TMI) 2019 Berdasarkan Gender. *Statmat : Jurnal Statistika dan Matematika*, 7(2), 238-248. <https://doi.org/10.32493/sm.v7i2.49246>