

Simulasi Monte Carlo pada Dekumulasi Tabungan Pensiun: Perbandingan Skenario Inflasi Stokastik dan Fixed Rate

Monte Carlo Simulation of Retirement Savings Decumulation: A Comparison of Stochastic Inflation and Fixed-Rate Scenarios

Arsyelina Husni Johan*, Rosa Andriani, Krishna Prafidya Romantica

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Matematika, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan, Indonesia

Jalan Cabe Raya, 15437, Tangerang Selatan, Indonesia

Email: ¹*arsyelina.husni.johan@ecampus.ut.ac.id, ²rosa.andriani@ecampus.ut.ac.id, ³krishna.prafidya@ecampus.ut.ac.id

Email Penulis Korespondensi: arsyelina.husni.johan@ecampus.ut.ac.id

Submitted: 09/07/2026; Revised: 21/07/2026; Accepted: 11/10/2026; Published: 11/10/2026

Abstrak—Perencanaan keuangan saat pensiun sangat dipengaruhi oleh ketidakpastian ekonomi, khususnya inflasi yang berdampak pada nominal penarikan tabungan pensiun sesuai daya beli para pensiunan setiap tahun. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang mensimulasikan proyeksi keberlanjutan tabungan pensiun menggunakan *Safe Withdrawal Rate*, penelitian ini menganalisis perbandingan keberlanjutan tabungan pensiun melalui dua skenario penarikan tahunan yaitu skenario penarikan sesuai inflasi stokastik dan skenario penarikan tingkat tetap sebesar 4%. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis simulasi Monte Carlo dengan data sekunder berupa data historis tingkat inflasi Indonesia dan data historis kinerja *benchmark* aset investasi Indonesia yaitu IHSG, GIDN10Y, serta JIBOR. Dari populasi data yang diperoleh dari *platform* data keuangan yang tersedia secara publik, digunakan sebanyak 252 data observasi periode Januari 2003 hingga Desember 2023 sebagai sampel data penelitian. Paratemer yang diperoleh dari data tersebut digunakan untuk membangkitkan 10.000 jalur simulasi dekululasi selama 30 tahun dengan saldo awal sebesar Rp 1.000.000.000 dan penarikan awal Rp 20.000.000 per tahun. Setiap skenario dijalankan pada empat komposisi portofolio investasi yaitu konservatif, moderat, seimbang, dan agresif. Hasil penelitian menunjukkan skenario inflasi stokastik menghasilkan risiko kehabisan dana lebih tinggi dibanding tingkat penarikan tetap. Selanjutnya, komposisi portofolio agresif secara konsisten menghasilkan *Probability of Ruin* yang lebih rendah dan menghasilkan median saldo akhir yang lebih tinggi dibandingkan skenario lainnya. Temuan ini menegaskan bahwa penggunaan asumsi inflasi stokastik pada penarikan dana tabungan pensiun memberikan gambaran lebih nyata atas *Risk of Ruin* di masa datang. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu strategi penarikan dana tabungan pensiun yang lebih adaptif terhadap perubahan ekonomi yang tidak pasti.

Kata Kunci: Inflasi; Monte Carlo; Peluang Kehabisan Dana; Stokastik; Tabungan Pensiun

Abstract—Financial planning for retirement is significantly affected by economic uncertainty, particularly inflation which affects the nominal amount of retirement savings withdrawals in relation to retirees' purchasing power each year. Unlike previous studies that simulated the sustainability of retirement savings using the *Safe Withdrawal Rate*, this study analyze the sustainability of retirement savings through two annual withdrawal scenarios: a stochastic inflation-adjusted withdrawal scenario and a fixed-rate withdrawal scenario of 4%. This study employs a quantitative approach based on Monte Carlo simulation using secondary data comprising historical inflation rates and historical performance data of Indonesian investment asset benchmarks, namely IHSG, GIDN10Y, and JIBOR. Obtained from publicly available financial data platforms, a total of 252 monthly observations covering the period January 2003 to December 2023 were used as the research sample. Parameters estimated from historical data were subsequently used to generate 10,000 decumulation simulation paths over a 30-year period, with an initial balance of Rp 1,000,000,000 and an initial annual withdrawal of Rp 20,000,000 applied across four portfolio compositions: conservative, moderate, balanced, and aggressive. The results show that the stochastic inflation scenario yields a higher risk of fund depletion than fixed rate scenario, while the aggressive portfolio composition consistently produces lower *Probability of Ruin* and a higher median final balance compared to all other scenarios. These findings confirm that using stochastic inflation assumptions for fund withdrawal fund in retirement planning provides a more realistic future *Risk of Ruin* and can support the development of more adaptive withdrawal strategies in response to uncertain economic conditions.

Keywords: Inflation; Monte Carlo; Probability of Ruin; Stochastic; Pension Savings

How to Cite: Johan, A. H., Andriani, R., & Romantica, K. P. (2026). Simulasi Monte Carlo pada Dekumulasi Tabungan Pensiun: Perbandingan Skenario Inflasi Stokastik dan Fixed Rate. *Journal of Business and Economics Research (JBE)*, 7(3), 797-806. <https://doi.org/10.47065/jbe.v7i3.10681>

1. PENDAHULUAN

Perencanaan keuangan yang optimal tidak hanya memperhatikan kebutuhan untuk jangka pendek namun juga jangka panjang. Salah satu bentuk dari perencanaan keuangan jangka panjang adalah manajemen keuangan untuk masa pensiun yang bertujuan untuk memastikan kesejahteraan individu di masa yang tidak produktif. Selama masa pensiun, individu tidak lagi memperoleh pendapatan tetap sebagaimana yang ia peroleh ketika berstatus sebagai karyawan, sehingga kebutuhan hidup pada masa tersebut diharapkan dapat terpenuhi dengan menggunakan tabungan pensiun. Individu yang merupakan pensiunan dari suatu perusahaan swasta maupun negeri memiliki tabungan pensiun yang merupakan hasil dari pengembangan investasi atas produk tabungan pensiun. Jenis dari produk tabungan pensiun tersebut antara lain produk tabungan pensiun dari DPLK (Dana Pensiun Lembaga Keuangan) atau produk JHT (Jaminan Hari Tua) dari BPJS ketenagakerjaan. Dalam menggunakan tabungan pensiun ini, terdapat risiko keuangan yang dihadapi oleh individu yaitu

ketidacukupan dana tabungan pensiun untuk memenuhi kebutuhan hidup hingga individu tersebut menutup usia. Risiko ini biasa disebut dengan *Risk of Ruin*.

Dalam konteks asuransi, *risk of ruin* merupakan kondisi dimana cadangan asuransi tidak mencukupi untuk menutupi pembayaran klaim (Hamzah et al., 2023). Pada proses pengelolaan tabungan pensiun, cadangan dapat diartikan sebagai dana tabungan pensiun dan pembayaran klaim dapat diartikan sebagai biaya kebutuhan hidup. Maka dari itu, *risk of ruin* dapat diartikan sebagai risiko kehabisan dana yang terjadi saat saldo tabungan pensiun bernilai nol sebelum individu meninggal. Dalam rangka meminimalkan risiko tersebut individu yang melakukan investasi dapat mengoptimalkan strategi investasi dengan menyeimbangkan antara aset bebas risiko dan berisiko, serta dengan mempertimbangkan tingkat konsumsi dan volatilitas (Forsyth et al., 2021).

Risk of ruin berkaitan erat dengan salah satu fase yang penting dalam pengelolaan tabungan pensiun yaitu fase dekomulasi tabungan pensiun. Sebelum masuk kedalam fase dekomulasi, tabungan pensiun dibentuk melalui fase akumulasi yaitu suatu proses pengembangan hasil investasi aset sehingga terkumpul suatu dana pada saat usia pensiun. Berbeda dengan fase akumulasi, fase dekomulasi tabungan pensiun merupakan suatu proses penggunaan tabungan pensiun melalui penarikan secara berkala yang dimulai saat individu memasuki usia pensiun hingga individu meninggal atau tabungan pensiun tersebut habis. Pada proses ini, individu tidak hanya berfokus pada pengembangan hasil investasi tabungan pensiun, namun juga berfokus pada jumlah penarikan dana yang aman agar tabungan pensiun tidak habis sebelum individu meninggal. Durasi dari bertahannya suatu tabungan pensiun pada proses dekomulasi ini ditentukan oleh hasil investasi pengembangan investasi dan tingkat penarikan dana. Hasil pengembangan investasi dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya adalah volatilitas pasar yang secara signifikan dapat berdampak pada stabilitas keuangan (Awanda et al., 2024; Peksevim & Ercan, 2024). Dalam proses akumulasi tabungan pensiun, agar hasil akumulasi stabil dan dapat bersaing dengan inflasi, maka investor dapat mengkombinasikan saham atau reksa dana dalam suatu komposisi aset investasi (Husni Johan et al., 2026). Di lain sisi, tingkat penarikan dana yang merepresentasikan biaya hidup untuk periode tertentu dipengaruhi oleh tingkat inflasi (Dziwisch et al., 2021).

Dalam konteks negara berkembang, pasar keuangan cenderung lebih volatil dan inflasi lebih fluktuatif dibanding negara maju (NguyenHuu & Örsal, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa walaupun suatu tabungan pensiun memiliki portfolio investasi dengan tingkat pengembalian investasi yang baik, suatu saat dapat mengalami kehabisan dana lebih cepat jika volatilitas return portofolio investasinya tinggi atau jika tingkat penarikan dana tidak sesuai dengan kondisi inflasi. Berdasarkan kondisi tersebut perlu dilakukan proyeksi terhadap hasil investasi dan perkiraan besaran pengeluaran konsumsi atau biaya hidup dimasa yang akan datang. Hal ini tentu memiliki tantangan tersendiri yaitu perubahan kondisi makroekonomi dari waktu ke waktu yang diukur melalui tingkat inflasi.

Salah satu indikator makroekonomi yang paling berpengaruh terhadap keberlanjutan dana pensiun adalah tingkat inflasi. Tingkat inflasi mencerminkan suatu kondisi dimana harga barang dan jasa yang meningkat secara langsung dapat mengurangi daya beli individu (Jain, 2025). Pada kondisi tingkat inflasi yang tinggi, individu harus menarik dana dalam jumlah yang lebih besar daripada yang biasanya ia keluarkan demi mempertahankan pengeluaran konsumsi yang sama. Apabila hal itu terjadi maka akan berakibat pada ketidakseimbangan antara laju hasil pengembangan portfolio investasi dengan laju peningkatan penarikan dana tabungan pensiun setiap tahunnya. Inflasi juga merupakan salah satu penentu utama umur portofolio investasi tabungan pensiun dan sering kali menjadi penyebab habisnya dana pensiun, sehingga apabila individu tidak memperhitungkan tingkat inflasi maka nilai riil portofolio investasi yang dihasilkan bisa jauh menurun (Foziah et al., 2023). Volatilitas inflasi tersebut secara langsung memengaruhi besaran biaya hidup yang harus ditanggung oleh peserta pensiun dari waktu ke waktu. Dalam kenyataannya, biaya hidup tidak bersifat tetap, tetapi berubah mengikuti dinamika makroekonomi. Berbagai studi menunjukkan bahwa fluktuasi harga komoditas, khususnya energi dan pangan, ditransmisikan ke inflasi domestik dan pada akhirnya meningkatkan biaya hidup rumah tangga (Ahmed et al., 2023; Jiménez-Rodríguez & Morales-Zumaquero, 2022; Rizvi & Sahminan, 2020). Faktor eksternal seperti guncangan geopolitik dan keterbatasan kebijakan moneter turut memperparah volatilitas inflasi di negara berkembang (Caldara et al., 2026; Oyadeyi et al., 2025; Setiadi, 2025; Yang et al., 2023).

Menghadapi ketidakpastian inflasi dan fluktuasi biaya hidup yang terus berubah tersebut, muncul kebutuhan akan suatu kerangka yang dapat dijadikan acuan dalam menentukan jumlah penarikan dana pensiun yang aman dan berkelanjutan. Penelitian terdahulu menggunakan *Safe Withdrawal Rate* (SWR) yang mengasumsikan penarikan dana tabungan pensiun sebesar persentase tertentu dari jumlah total tabungan pensiun. Metode ini memberikan kemudahan dalam menganalisa kecukupan tabungan pensiun melalui prediksi aliran pendapatan tetap sehingga individu dapat mempertahankan standar hidup mereka (Blanchett, 2023). Di balik kemudahan tersebut, metode SWR memiliki keterbatasan dimana pada penelitian (Horan, 2024) diungkapkan bahwa perlunya strategi tingkat penarikan dana yang disesuaikan berdasarkan kondisi ekonomi lokal. Menurut (Anarkulova et al., 2025) tingkat SWR sekitar 2,31% per tahun akan memiliki risiko kehabisan dana dalam 30 tahun. Di lain sisi, dengan menggunakan pendekatan *ruin theory* untuk menghitung probabilitas kehabisan dana pada masa pensiun diketahui bahwa banyak pensiunan dapat menarik lebih dari 2,5% tanpa meningkatkan risiko secara signifikan, bahkan hingga 4,5% pada kelompok tertentu (Daraei & Sendova, 2024). Namun demikian, perbedaan kondisi pasar keuangan antarnegara dapat menyebabkan strategi penarikan dana pensiun yang optimal dan tingkat withdrawal yang berkelanjutan tidak bersifat seragam (Anarkulova et al., 2025).

Variasi SWR antarnegara tersebut sebagian besar disebabkan oleh perbedaan karakteristik inflasi di masing-masing negara, yang menunjukkan bahwa inflasi tidak dapat diperlakukan sebagai nilai tetap dalam pemodelan dekomulasi dana pensiun. Ketidakpastian nominal SWR yang tepat untuk digunakan dapat menimbulkan risiko yang berdampak signifikan terhadap besaran penarikan dana pensiun. Mengingat inflasi di negara berkembang tidak dapat

diprediksi dengan nilai tetap, maka pendekatan yang lebih tepat adalah dengan memodelkannya sebagai variabel stokastik. Hal ini diharapkan dapat mencerminkan risiko sesungguhnya yang dihadapi individu dalam manajemen keuangan masa pensiun.

Dalam rangka memproyeksikan risiko atas return portofolio dan inflasi secara bersamaan, dibutuhkan suatu metode simulasi yang mampu menggambarkan distribusi risiko yang kompleks secara dinamis. Simulasi Monte Carlo merupakan suatu pendekatan stokastik yang digunakan untuk menghasilkan nilai dari suatu variabel acak berdasarkan distribusi probabilitas tertentu. Dalam konteks dekomulasi tabungan pensiun, simulasi Monte Carlo memungkinkan pemodelan skenario yang mencakup interaksi antara return portofolio dan inflasi yang berfluktuasi secara acak dari tahun ke tahun, sehingga hasil simulasi lebih menyerupai kondisi nyata yang dihadapi individu selama masa pensiun.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, penelitian ini mengusulkan pemodelan inflasi secara stokastik dengan membangkitkan nilai inflasi menggunakan simulasi Monte Carlo. Simulasi ini sangat banyak digunakan dalam beberapa penelitian keuangan dikarenakan kemudahannya dalam menggambarkan distribusi risiko yang kompleks (Cheng, 2025). Pendekatan ini memungkinkan tingkat inflasi berubah setiap tahun mengikuti distribusi probabilitas tertentu, sehingga perilaku inflasi dalam simulasi lebih menyerupai kondisi nyata dari suatu ekonomi di wilayah tertentu.

Meskipun penelitian terdahulu telah memberikan kontribusi yang signifikan dalam memahami dinamika penarikan dana pensiun, terdapat beberapa celah penelitian yang belum sepenuhnya dijawab. Sebagian besar penelitian yang menggunakan pendekatan SWR maupun ruin theory masih mengasumsikan inflasi sebagai nilai tetap atau menggunakan return riil yang telah disesuaikan, sehingga tidak menangkap ketidakpastian inflasi secara dinamis dari tahun ke tahun. Dalam penelitian ini, simulasi Monte Carlo digunakan tidak hanya untuk mensimulasikan return portofolio, tetapi juga untuk menghasilkan nilai inflasi acak yang berbeda pada setiap tahun dan setiap jalur simulasi. Kebaharuan dari penelitian ini terletak pada integrasi eksplisit inflasi stokastik sebagai penentu jumlah penarikan dana berkala dalam model dekomulasi dana pensiun. Berbeda dengan penelitian – penelitian sebelumnya, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan menunjukkan bagaimana simulasi nilai inflasi acak mengakibatkan penarikan dana yang bervariasi setiap tahunnya, dan kemudian dapat memengaruhi waktu kehabisan dana dan rentang umur portofolio investasi tabungan pensiun.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak inflasi yang dimodelkan secara stokastik terhadap keberlanjutan tabungan pensiun serta membandingkannya dengan skenario penggunaan parameter SWR. Selanjutnya dengan menggunakan simulasi ini akan diukur probabilitas kehabisan dana, nilai tengah dari saldo akhir, serta waktu kehabisan dana pada masing-masing skenario. Pendekatan melalui pemodelan inflasi secara stokastik digunakan sebagai upaya dalam menghasilkan estimasi yang akurat dan relevan. Melalui penelitian ini diharapkan masyarakat memiliki pemahaman akan model yang lebih realistis dalam memproyeksikan kebutuhan penarikan pensiun, sehingga dapat digunakan dalam merancang kebijakan penarikan yang adaptif terhadap ketidakpastian ekonomi. Dengan demikian, penelitian dapat berguna dalam memperkaya literatur akademik dalam menghadapi tantangan manajemen keuangan di masa pensiun yang semakin kompleks.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang dilakukan melalui pendekatan simulasi dan dilaksanakan pada tahun 2025. Melalui pendekatan simulasi monte carlo, akan dihasilkan 10.000 jalur simulasi yang menggambarkan skenario dekomulasi tabungan pensiun yang dipengaruhi oleh return investasi dan jumlah penarikan dana. Untuk jumlah penarikan dana akan terdapat dua skenario yaitu melalui skenario penarikan dana konstan sebesar 4% dan skenario penarikan dana yang dipengaruhi oleh proyeksi tingkat inflasi.

Setiap jalur simulasi menggambarkan dinamika keuangan yang berbeda yang antara lain melingkupi waktu kehabisan dana dan nilai saldo akhir. Setiap jalur simulasi dilakukan hingga 30 tahun yang dimulai dari individu berusia 56 tahun (asumsi usia pensiun) hingga 85 tahun (asumsi usia individu meninggal). Pada satu jalur simulasi akan diproyeksikan return portofolio dan tingkat inflasi untuk tahun ke-1 hingga ke-30 melalui pembangkitan secara acak.

2.1 Data Penelitian

Data yang digunakan berjumlah 252 data historis bulanan yang bersumber dari pasar modal dan perbankan Indonesia dalam periode Januari 2003 hingga Desember 2023. Data sekunder tersebut meliputi, data inflasi year on year (YoY), harga penutupan harian dari IHSG, harga Obligasi Indonesia 10Y (GIDN10Y), dan *Jakarta Interbank Offered Rate* (JIBOR) (Husni Johan et al., 2026). Untuk data inflasi dan JIBOR bersumber dari situs Bank Indonesia, sedangkan untuk data IHSG dan GIDN10Y bersumber dari situs *investing.com*. Data IHSG digunakan sebagai *benchmark* untuk memperoleh return saham. Data GIDN10Y digunakan sebagai *benchmark* untuk memperoleh return obligasi. Selanjutnya data JIBOR digunakan sebagai *benchmark* untuk memperoleh data return deposito. Dalam rangka merefleksikan risiko nyata yang dihadapi peserta pensiunan yaitu adanya lonjakan inflasi ekstrem pada periode 2005 hingga 2008 maka pada simulasi ini seluruh data inflasi dalam periode pengamatan digunakan tanpa penghapusan outlier

2.2 Asumsi Simulasi Penelitian

Dalam melakukan simulasi dekomulasi ditetapkan terlebih dahulu asumsi yang akan digunakan antara lain yaitu saldo awal tabungan pensiun, jumlah penarikan dana, pengeluaran tahunan awal tahun, serta jenis alokasi aset investasi. Saldo

awal tabungan pensiun diasumsikan sebesar Rp1.000.000.000 sedangkan pengeluaran tahunan awal untuk skenario penarikan dana berdasarkan proyeksi tingkat inflasi stokastik adalah sebesar Rp20.000.000. Selain asumsi tersebut, pada penelitian ini diasumsikan juga bahwa inflasi tidak memiliki korelasi dengan return portofolio sedangkan ketiga aset investasi saling berkorelasi. Dengan menggunakan asumsi tersebut, model ini diharapkan cukup representatif untuk mengevaluasi *risk of ruin* berbasis ketidakpastian inflasi dan return.

2.3 Parameter Bobot Simulasi

Dalam menghasilkan return investasi akan diterapkan 4 skenario alokasi aset investasi yaitu konservatif, moderat, seimbang, dan agresif dengan parameter bobot simulasi sebagaimana Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Alokasi Aset Investasi

Komposisi/Bobot	IHSG	GIDN10Y	JIBOR
Agresif	70%	20%	10%
Seimbang	50%	30%	20%
Moderat	30%	40%	30%
Konservatif	10%	50%	40%

2.4 Simulasi Monte Carlo

Simulasi dekumulasi tabungan pensiun mengandung unsur ketidakpastian antara lain yaitu return portofolio investasi dan jumlah penarikan dana yang bergantung pada tingkat inflasi. Pada simulasi monte carlo ini, *expected return* dari tiga jenis *benchmark* aset yaitu IHSG ($r_{1,t}$), GIDN10Y ($r_{2,t}$) dan JIBOR ($r_{3,t}$) diperoleh dengan membangkitkan secara acak vektor bilangan acak standar $Z = (Z_1, Z_2, Z_3)^T$ dimana masing-masing elemen Z_i menggunakan distribusi normal standar (Cheng, 2025) sebagaimana persamaan berikut.

$$Z_i \sim N(0,1), i = 1,2,3 \quad (1)$$

atau dalam bentuk vektor menjadi

$$Z = (Z_1, Z_2, Z_3)^T \sim N(0, \mathbf{I}) \quad (2)$$

dimana 0 adalah vektor nol dan $\mathbf{I}$ adalah matriks identitas berukuran 3×3 .

Berbeda dengan return portofolio yang berdistribusi normal standar, tingkat inflasi (I_t) diasumsikan berdistribusi normal dengan parameter μ dan σ yang diperoleh dari data historis tingkat inflasi sebagaimana persamaan (3).

$$I_t \sim N(\mu, \sigma) \quad (3)$$

Penggunaan asumsi distribusi normal pada penelitian ini didasari oleh kemampuannya dalam mengakomodasi kemungkinan nilai inflasi negatif (deflasi).

2.5 Kerangka Konseptual

Dalam simulasi dekumulasi terdapat dua variabel acak yang menjadi input dalam proses tersebut antara lain yaitu nilai return portofolio dan nilai inflasi. Untuk memperoleh return portofolio, berdasarkan data historis IHSG, GIDN10Y dan JIBOR, dilakukan perhitungan nilai return dan standar deviasi dari masing-masing aset. Nilai tersebut digunakan untuk membentuk Matriks Cholesky (L) yang kemudian akan menghasilkan nilai return aset yang berkorelasi (R) sebagaimana persamaan (4).

$$R = \mu + L Z \quad (4)$$

Nilai Z diperoleh melalui pembangkitan nilai acak return untuk aset ke- i sebanyak t kali dimana pada penelitian ini t sebesar 10.000 dan nilai μ merepresentasikan matriks nilai rata-rata dari masing-masing kinerja aset. Dengan menggunakan nilai R pada persamaan (4) akan diperoleh tiga nilai return yaitu R_1, R_2 dan R_3 untuk masing-masing aset IHSG, GIDN10Y, dan JIBOR. Dengan menggunakan persamaan (5) maka dapat diperoleh nilai *return portofolio* acak pada tahun ke- t (R_t) (Anarkulova et al., 2025).

$$R_t = w_1 R_1 + w_2 R_2 + w_3 R_3 \quad (5)$$

Berdasarkan persamaan tersebut, R_t merepresentasikan nilai *return* portofolio pada tahun ke- t , sementara w_1, w_2 , dan w_3 masing-masing adalah bobot alokasi aset untuk IHSG, GIDN10Y, dan JIBOR. Pada skenario inflasi stokastik jumlah penarikan dana tahun ke- t (W_t) ditentukan berdasarkan nilai proyeksi inflasi dengan menggunakan persamaan (6) sedangkan pada skenario tingkat penarikan 4% ditentukan berdasarkan persentase dari saldo tabungan tahun ke- t (S_t) sebagaimana persamaan (7).

$$W_t = W_{t-1} * (1 + I_t) \quad (6)$$

$$W_t = S_t * 4\% \quad (7)$$

Pada persamaan (6) W_{t-1} merepresentasikan jumlah penarikan dana pada tahun ke $t-1$ yaitu jumlah penarikan dana pada tahun sebelumnya. Untuk memperoleh nilai saldo akhir tahun ke- t (S_{t+1}) pada satu jalur dekumulasi digunakan nilai return di tahun ke- t dan jumlah penarikan dana di awal tahun ke- t sebagaimana persamaan (8) (Anarkulova et al., 2025).

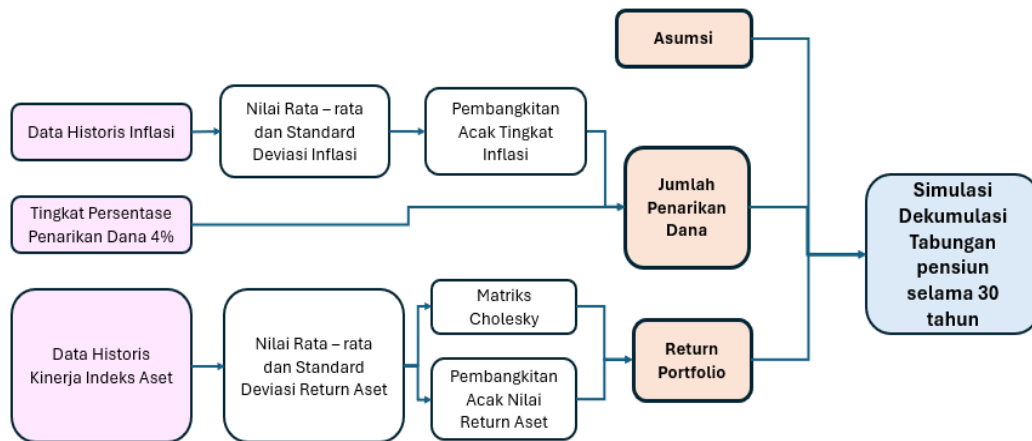
$$S_{t+1} = (S_t - W_t) \times (1 + R_t) \quad (8)$$

Proses perhitungan Return Portofolio, Penarikan Dana dan Saldo Tabungan untuk satu jalur dekumulasi dilakukan sejak tahun ke-1 hingga tahun ke-30. Selanjutnya dilakukan kembali perhitungannya untuk 10.000 jalur dekumulasi sehingga memperoleh nilai *Probability of Ruin* yaitu besar peluang individu mengalami kehabisan dana pada tabungan pensiun (Daraei & Sendova, 2024) dengan menggunakan persamaan (9).

$$Prob(ruin) = \frac{\sum_{j=1}^{10.000} 1[ruin \text{ pada jalur } j]}{10.000} \quad (9)$$

Selain nilai *Probability of Ruin*, ditentukan pula nilai tengah saldo akhir tahun dengan mengambil nilai tengah dari nilai saldo akhir tahun pada 10.000 jalur simulasi. Dari simulasi tersebut juga diperoleh nilai *age of ruin* yaitu tahun yang sering mengalami kehabisan dana 10.000 jalur simulasi tersebut.

Dalam melakukan simulasi dekumulasi tabungan pensiun diperlukan tiga hal utama yang menjadi bagian masukan dalam proses simulasi tersebut yaitu asumsi simulasi, jumlah penarikan dana dan return portofolio. Untuk memperoleh jumlah penarikan dana dan return portofolio digunakan data historis inflasi dan kinerja indeks aset. Konsep dari simulasi dekumulasi ditunjukkan pada Gambar 1. Proses pengolahan sumber data menjadi bahan masukan proses simulasi ditunjukkan pada kotak berwarna putih.



Gambar 1. Kerangka konseptual penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Simulasi

3.1.1. Volatilitas Return Aset

Setiap jenis aset menunjukkan karakteristik risiko atas pengembalian investasi yang berbeda. Hal ini ditunjukkan pada hasil perhitungan nilai *expected return* dan Standard Deviation untuk masing-masing aset pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai *Expected Return* dan Standard Deviation Return Aset

Jenis Aset	Expected Return	Standard Deviation Return
IHSG (Benchmark Saham)	12,14%	18,23%
GIDN10YR (Benchmark Obligasi)	9,34%	17,05%
JIBOR (Benchmark Deposito)	6,62%	0,11%

IHSG menunjukkan *expected return* tertinggi sebesar 12,14% per tahun yang mencerminkan karakter saham sebagai aset pertumbuhan jangka panjang. Namun, volatilitasnya yang juga tinggi yaitu sebesar 18,23% menandakan adanya risiko fluktuasi pasar yang besar dan potensi penurunan return yang signifikan selama masa pensiun.

Obligasi pemerintah (GIDN10YR) memberikan return tahunan sekitar 9,34% dengan volatilitas yang relatif tinggi yaitu sebesar 17,05%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun obligasi sering dianggap sebagai aset defensif, obligasi berjangka panjang tetap mengandung risiko suku bunga yang substansial. Perubahan yield dapat menyebabkan fluktuasi harga yang besar sehingga return obligasi tidak stabil dari tahun ke tahun.

Instrumen pasar uang (JIBOR) menghasilkan return yang relatif stabil sebesar 6,62% per tahun dengan volatilitas sangat rendah yaitu 0,11%. Ini menegaskan perannya sebagai aset likuid dan stabil yang berfungsi sebagai penyangga risiko dalam portofolio pensiun.

3.1.2. Matriks Kovarians dan Matriks Cholesky

Berdasarkan hasil dari matriks kovarians sebagaimana Gambar 3 ditunjukkan bahwa aset yang memiliki risiko tertinggi adalah IHSG kemudian diikuti oleh GIDN10Y dan terakhir adalah JIBOR dengan tingkat volatilitas rendah. Dari matriks tersebut dapat diketahui pula bahwa terdapat kovarians positif antara IHSG dan GIDN10Y yang menandakan bahwa kedua aset cenderung bergerak searah. Sebaiknya kovarians yang sangat kecil ditunjukkan oleh aset JIBOR dengan aset lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pasar uang memberikan manfaat diversifikasi yang dapat menstabilkan nilai portofolio.

$$Cov = \begin{pmatrix} 0.0026453445 & 0.0016308501 & -0.0000005378 \\ 0.0016308501 & 0.0024068539 & -0.0000001401 \\ -0.0000005378 & -0.0000001401 & 0.0000000057 \end{pmatrix}$$

Gambar 3. Matriks Kovarians Return IHSG, GIDN10Y dan JIBOR

Melalui dekomposisi dari matriks kovarians pada gambar 3 diperoleh matriks segitiga bawah yaitu Matriks Cholesky dari ketiga aset sebagaimana Gambar 4. Dengan menggunakan Matriks Cholesky tersebut selanjutnya akan dibangkitkan nilai return ketiga aset dengan tetap mempertahankan korelasi antar aset.

$$L = \begin{pmatrix} 0.0514329122 & 0.0000000000 & 0.0000000000 \\ 0.0317082977 & 0.0374357822 & 0.0000000000 \\ -0.0000104570 & 0.0000051143 & 0.0000746000 \end{pmatrix}$$

Gambar 4. Matriks Cholesky Return IHSG, GIDN10Y dan JIBOR

3.1.3. Volatilitas Tingkat Inflasi

Berdasarkan data historis tingkat inflasi YoY selama tahun 2003 hingga tahun 2023 diperoleh nilai rata-rata tingkat inflasi sebesar 5,3% dan standar deviasi sebesar 3,72%. Dari nilai standar deviasi dapat diketahui bahwa tingkat inflasi di Indonesia berfluktuasi dengan rentang yang cukup lebar dari tahun ke tahun. Dalam kondisi normal, inflasi bergerak antara 1,58% hingga 9,02%. Di luar kondisi tersebut terdapat dua kemungkinan situasi yang dihadapi yaitu kemungkinan inflasi memiliki nilai negatif (deflasi) hingga -2,14% dan kemungkinan tingkat inflasi mencapai nilai ekstrem yaitu sebesar 16,46%. Nilai negatif pada tingkat inflasi ini berdampak pada penurunan nilai penarikan dana pada tahun berjalan. Dengan demikian volatilitas dari tingkat inflasi ini menimbulkan ketidakpastian dalam besaran penarikan dana setiap tahun.

3.1.4. Perbandingan Hasil Simulasi

Simulasi dekumulasi tabungan pensiun melalui pendekatan Monte Carlo dilakukan dengan 10.000 jalur untuk dua skenario penarikan dana tahunan yaitu berdasarkan tingkat inflasi stokastik dan tingkat penarikan tetap 4%. Masing-masing skenario dilakukan untuk empat pilihan skenario alokasi aset investasi. Dengan demikian terdapat delapan hasil Probability of Ruin (PoR) dan Median Saldo Akhir serta empat hasil Age of Ruin. Hasil simulasi juga dilengkapi dengan nilai Persentil ke-5 dan Persentil ke-95 untuk skenario penarikan dana dengan inflasi stokastik pada masing-masing skenario alokasi aset. Hasil dari simulasi dekumulasi tabungan pensiun dengan Monte Carlo disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Simulasi Dekumulasi Monte Carlo

Skenario Alokasi Aset	Probability Of Ruin (%)		Median Saldo Akhir (Miliar Rp)		Persentil ke-5 Saldo Akhir (Miliar Rp)	Persentil ke-95 Saldo Akhir (Miliar Rp)	Age of Ruin (Tahun)
	Stokastik	Fixed 4%	Stokastik	Fixed 4%	Stokastik	Stokastik	Fixed 4%
Agresif	0,0003	0,0000	8,58	6,65	3,87	14,85	29
Seimbang	0,0011	0,0000	5,92	5,32	2,50	10,13	29
Moderat	0,0071	0,0000	3,84	4,25	1,31	6,90	29
Konservatif	0,0330	0,0000	2,30	3,39	0,24	4,49	29

3.2 Pembahasan

3.2.1 Probability of Ruin (PoR)

Hasil simulasi pada Tabel 3 menunjukkan bahwa pada skenario inflasi yang stokastik, nilai PoR relatif meningkat seiring dengan penurunan alokasi saham (IHSG) pada portofolio. Peluang mengalami kehabisan dana dalam 30 tahun untuk alokasi aset skenario agresif adalah sebesar 0,0003 (0,03%) dimana hanya terdapat 3 kali kegagalan dalam 10.000 uji coba simulasi. Pada skenario seimbang, nilai PoR meningkat sebesar 4 kali dari PoR Skenario agresif dan pada skenario moderat nilai PoR meningkat menjadi sebesar 7 kali dari skenario seimbang. Pada Skenario Konservatif nilai PoR mencapai 3% atau sebanyak 330 kali kegagalan dalam 10.000 uji coba. Dari peningkatan nilai PoR ditunjukkan bahwa

penggunaan skenario alokasi aset agresif pada tingkat inflasi stokastik memiliki risiko kehabisan dana yang rendah. Hal ini memberikan informasi bahwa walaupun IHSG memiliki volatilitas yang lebih besar, namun dapat memberikan perlindungan jangka panjang yang lebih baik dari pada aset dengan return yang lebih rendah. Sebaliknya peningkatan komposisi JIBOR pada skenario konservatif menyebabkan return yang rendah dan tidak dapat mengimbangi perkembangan tingkat inflasi.

Berbeda dengan skenario tingkat inflasi tetap, seluruh hasil pada skenario tingkat penarikan tetap menunjukkan nilai PoR sebesar 0,0000. Hal ini menandakan bahwa tidak terjadi kehabisan dana dari keseluruhan jalur simulasi untuk seluruh skenario alokasi aset. Tingkat penarikan tetap memiliki sifat proporsional terhadap saldo tabungan yaitu ketika saldo turun maka jumlah penarikan dana juga mengecil. Berbeda dengan penelitian Anarkulova et al. (2025) yang merekomendasikan SWR aman di bawah 3,5% pada konteks negara maju, penelitian ini menunjukkan bahwa penarikan tetap 4% dari saldo berjalan menghasilkan PoR sebesar 0% pada seluruh skenario alokasi aset di Indonesia. Skenario ini secara teoritis memberikan jaminan yang sangat baik terhadap keberlangsungan dana walaupun nominal penarikan dana secara praktiknya belum mencerminkan daya konsumsi masyarakat yang sebenarnya.

3.2.2 Median Saldo Akhir Tahun ke-30

Salah satu cara untuk menilai kinerja tabungan pensiun yang dikelola dapat menggunakan indikator nilai tengah saldo akhir tabungan dari 10.000 jalur simulasi dekumulasi. Melalui nilai median saldo akhir pada kedua skenario diketahui bahwa adanya peningkatan dari nilai saldo tabungan awal. Untuk skenario stokastik meningkat dari Rp1 miliar menjadi Rp2,3 miliar hingga Rp8,58 atau meningkat sebesar 130%-758%. Untuk skenario tingkat penarikan tetap meningkat dari Rp1 miliar menjadi Rp3,39 miliar hingga Rp6,65 miliar atau sebesar 239%-565%.

Sejalan dengan nilai PoR, pada skenario inflasi stokastik median saldo tertinggi dimiliki oleh alokasi aset agresif yaitu sebesar Rp8,58 miliar dan selanjutnya diikuti oleh alokasi aset seimbang sebesar Rp5,92 miliar. Nilai median ini terus mengalami penurunan pada skenario moderat dengan nilai median sebesar Rp3,84 miliar dan skenario konservatif sebesar Rp2,3 miliar. Dengan penambahan 60% alokasi pada saham dan pengurangan 30% pada aset Deposito dan Obligasi, maka median saldo akhir menjadi meningkat sebesar 273% dari alokasi aset konservatif. Perilaku dari nilai median tersebut juga terjadi pada skenario tingkat penarikan tetap.

Berbeda dengan hasil penelitian Forsyth et al. (2021) yang hanya menggunakan skema penarikan tetap dalam mensimulasikan peningkatan nilai median kekayaan seiring dengan peningkatan bobot ekuitas, penelitian ini menemukan bahwa nilai median saldo akhir pada alokasi aset agresif dan seimbang untuk skenario tingkat inflasi stokastik justru lebih besar dibanding skenario penarikan dana tetap. Temuan ini menunjukkan bahwa kedua alokasi aset ini dapat mengatasi ketidakpastian kebutuhan hidup dalam jangka panjang.

3.2.3 Analisis Risiko Ekor (Persentil ke-5)

Nilai Persentil ke-5 digunakan untuk mengetahui risiko atas nilai saldo akhir tabungan pensiun. Pada penelitian ini nilai persentil menggambarkan jumlah jalur dekumulasi dengan nilai saldo akhir yang bertumbuh dalam kondisi terburuk. Pada skenario inflasi stokastik, semua skema alokasi aset memiliki nilai saldo akhir yang meningkat. Namun demikian, dari keempat alokasi aset tersebut, hanya skenario agresif dan seimbang yang memiliki saldo tumbuh lebih dari dua kali lipat saldo awal.

Pada skenario inflasi stokastik, Skenario Agresif, Seimbang dan Moderat memiliki nilai saldo akhir pada persentil ke-5 yang masih berada diatas nilai saldo awal. Hal ini menunjukkan pada skenario tersebut dalam kondisi terburuk, sebanyak 9500 jalur dekumulasi masih memiliki saldo tabungan yang tumbuh. Skenario Agresif memiliki nilai saldo akhir sebesar Rp3,87 miliar atau empat kali saldo awal. Pada Skenario Seimbang dan Moderat nilai saldo akhir mengalami penurunan yaitu masing-masing sebesar Rp2,50 miliar dan Rp1,31 miliar. Penurunan signifikan dialami oleh Skenario Konservatif dengan nilai saldo akhir sebesar Rp0,24 miliar atau berada di bawah saldo awal. Hal ini masih diakibatkan oleh penurunan bobot IHSG pada masing-masing skenario dimana aset ini menunjukkan ketahanan portofolio dalam menghadapi kondisi pasar.

Penurunan nilai saldo akhir pada persentil ke-5 antar skenario alokasi aset pada skenario tingkat inflasi stokastik, juga dialami oleh skenario tingkat penarikan tetap dengan sebab yang sama. Namun demikian, sama halnya dengan nilai median dari saldo akhir, nilai persentil ke-5 dari skenario tingkat penarikan tetap memiliki nilai yang jauh lebih tinggi. Pada Skenario Konservatif, nilai saldo akhir tabungan pensiun masih memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding saldo awal. Penelitian ini memiliki hasil yang berbeda dengan penelitian Horan (2024) yang menggunakan 100% aset ekuitas dan penelitian Forsyth et al. (2021) yang menggunakan kombinasi aset saham dan obligasi dengan hasil untuk nilai dana pada Persentil ke-5 adalah sebesar 0 atau mengalami kehabisan dana.

3.2.4 Potensi Pertumbuhan (Persentil ke-95)

Potensi maksimal dari skenario simulasi dekumulasi ditunjukkan melalui nilai Persentil ke-95 yaitu potensi saldo maksimal yang dapat dicapai oleh 500 jalur simulasi dengan kondisi pasar paling menguntungkan. Skenario Agresif menghasilkan nilai persentil ke-95 tertinggi sebesar Rp14,85 miliar atau hampir 15 kali lipat dari saldo awal, mencerminkan potensi pertumbuhan yang luar biasa ketika kondisi pasar berpihak pada portofolio berbasis ekuitas. Skenario Seimbang menghasilkan Rp10,13 miliar dengan pertumbuhan lebih dari 10 kali lipat yang masih tergolong sangat tinggi. Pada Skenario Moderat, nilai persentil ke-95 sebesar Rp6,90 miliar menunjukkan pertumbuhan 6,9 kali

lipat yang cukup baik, namun apabila dibandingkan dengan nilai persentil ke-5 pada skenario yang sama, rentang antara kondisi terburuk dan terbaik semakin melebar yang mengindikasikan risiko ekstrem yang lebih tinggi. Kondisi paling terbatas ditunjukkan oleh Skenario Konservatif dengan nilai persentil ke-95 hanya sebesar Rp4,49 miliar atau 4,5 kali lipat dari saldo awal. Rentang antara persentil ke-5 dan persentil ke-95 pada Skenario Konservatif yang hanya berkisar antara Rp0,24 miliar hingga Rp4,49 miliar mencerminkan potensi pertumbuhan yang paling terbatas di antara seluruh skenario, sekaligus mengkonfirmasi bahwa portofolio dengan dominasi instrumen berimbal hasil rendah tidak hanya menghasilkan pertumbuhan yang lebih kecil dalam kondisi normal, tetapi juga memiliki batas atas pertumbuhan yang jauh lebih rendah bahkan dalam kondisi pasar yang paling menguntungkan sekalipun. Pada penelitian ini, nilai persentil ke-95 yang sebesar 15 kali lipat saldo awal menunjukkan potensi pertumbuhan yang lebih moderat dibandingkan proyeksi ekstrem penelitian Horan (2024) yang mencapai 80–165 kali lipat. Namun secara saldo akhir, nilai persentil ke-95 penelitian ini lebih tinggi dibandingkan temuan Forsyth et al. (2021) yaitu sekitar 1,6 kali lipat yang disebabkan oleh strategi penggunaan keuntungan pasar untuk menaikkan pengeluaran hingga batas atas.

3.2.5 Age of Ruin (AoR)

Salah satu parameter yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui tahun ke berapa jalur simulasi yang mengalami ruin adalah parameter nilai *Age of Ruin*. Pada skenario stokastik, ditunjukkan bahwa median dari tahun yang mengalami kehabisan dana yaitu tahun ke-29 untuk semua pilihan komposisi aset dalam skenario ini. Temuan ini sejalan dengan penelitian Forsyth et al. (2021) yang menyatakan bahwa dana cenderung habis di akhir periode tahun 30. Di sisi lain, temuan ini berbeda dengan penelitian Daraei (2024) yang menyatakan dengan penarikan tetap lebih tinggi yaitu 4,5%, dana masih bisa bertahan hingga tahun ke-40 hingga 50 (lebih lama dari hasil penelitian ini).

Nilai *Age of Ruin* di tahun ke-29 menunjukkan bahwa kegagalan portofolio terjadi di akhir simulasi dan nilai saldo tabungan dinilai masih cukup besar hingga mendekati akhir simulasi. Kehabisan dana portofolio yang terjadi sangat terlambat dalam periode simulasi mengindikasikan bahwa ruin bukan disebabkan oleh kegagalan sistemik sejak awal, melainkan oleh akumulasi penarikan disesuaikan inflasi yang secara perlahan menggerus saldo di tahun-tahun akhir. Dengan mengetahui tahun dimana ketidakcukupan dana mungkin terjadi yaitu menjelang tahun ke-30, memungkinkan Pensiunan untuk dapat melakukan pengurangan penarikan dana atau realokasi aset yang lebih aman atau memiliki imbal hasil lebih baik.

3.2.6 Dampak Inflasi Stokastik terhadap Keberlanjutan Portofolio

Dalam memahami dampak inflasi stokastik terhadap proses dekomulasi tabungan pensiun, perlu dilakukan perbandingan nilai *Probability of Ruin* antara hasil simulasi dengan skenario inflasi stokastik dan skenario penarikan tetap 4%. Pada seluruh komposisi portofolio, PoR untuk skenario inflasi stokastik bernilai lebih tinggi dibandingkan dengan skenario penarikan tetap 4%. Hal ini menunjukkan apabila Pensiunan ingin menjaga kesesuaian pengeluaran dengan tingkat inflasi atau daya beli dimasa depan maka Pensiunan akan menghadapi risiko kerugian yang lebih besar jika dibandingkan dengan menjaga pengeluaran tetap di tingkat 4%. Risiko tersebut dapat dikelola melalui pemilihan komposisi portofolio investasi yang optimal. Dampak inflasi stokastik ini akan terasa lebih besar apabila komposisi portofolio dengan bobot aset ekuitas berada lebih sedikit dibandingkan bobot aset pasar uang atau pendapatan tetap.

Secara umum proyeksi inflasi yang dibangkitkan secara acak (stokastik) tidak hanya memberikan fleksibilitas dalam menggambarkan dinamika inflasi, tetapi juga memungkinkan analisis yang lebih mendalam terhadap bagaimana inflasi yang fluktuatif memengaruhi besaran penarikan dana pensiun dan keberlanjutan portofolio investasi tabungan pensiun. Dari seluruh hasil simulasi pada setiap skenario komposisi portofolio, ditunjukkan bahwa inflasi stokastik memberikan dampak yang tidak seimbang. Bagi komposisi portofolio pada skenario agresif dan seimbang, peningkatan potensi pertumbuhan saldo investasi sejalan dengan peningkatan risiko ruin. Bagi komposisi portofolio pada skenario moderat dan konservatif, risiko ruin meningkat lebih besar dibandingkan potensi pertumbuhan saldo investasi.

Berbeda dengan penelitian Forsyth et al. (2021) yang menggunakan alokasi aset secara dinamis, penelitian ini menunjukkan dampak murni dari perbedaan komposisi portofolio terhadap keberlanjutan tabungan pensiun dengan menggunakan alokasi aset yang bersifat statis. Hal ini juga menegaskan bahwa penelitian berbasis data historis lokal sangat diperlukan untuk menghasilkan rekomendasi strategi penarikan dana yang relevan bagi pensiunan Indonesia, sebagaimana direkomendasikan pula oleh Blanchett (2023) dalam konteks perencanaan pendapatan pensiun yang adaptif. Selain itu, walaupun tidak menggunakan inflasi konstan seperti penelitian Horan (2024), penggunaan inflasi stokastik pada penelitian ini juga mengkonfirmasi bahwa besaran penarikan yang disesuaikan dengan tingkat inflasi merupakan faktor penentu utama dari keberlangsungan tabungan pensiun.

4. KESIMPULAN

Pada simulasi dekomulasi tabungan pensiun, skenario inflasi stokastik dan tingkat penarikan tetap memiliki karakteristik yang berbeda. Skenario Inflasi Stokastik memberikan gambaran terkait pemenuhan kebutuhan hidup yang lebih nyata sejalan dengan keinginan untuk mempertahankan gaya hidup, sedangkan skenario Penarikan Tetap 4% memberikan gambaran kestabilan tabungan pensiun dan jaminan bahwa dana tidak akan habis. Melalui skenario inflasi stokastik, Pensiunan akan menghadapi risiko kehabisan dana yang lebih besar dimasa yang akan datang. Hal ini dapat diketahui melalui perhitungan *Probability of Ruin* (PoR) pada masing-masing skenario serta pada setiap pilihan komposisi aset

portofolio. Dengan rata-rata inflasi sebesar 5,30% per tahun maka secara ekspektasi nilai penarikan setiap tahun akan lebih tinggi dari tingkat penarikan tetap 4%. Hal ini secara tidak langsung mengakibatkan nilai PoR skenario inflasi stokastik lebih tinggi dibandingkan oleh skenario penarikan tetap. Risk of ruin pada skenario inflasi stokastik dapat dimitigasi melalui strategi alokasi aset. Hal ini ditunjukkan pada hasil penelitian dimana komposisi portofolio dengan bobot aset ekuitas lebih tinggi secara konsisten mengakibatkan nilai PoR yang lebih rendah. Walaupun nilai PoR skenario inflasi lebih tinggi, nilai median saldo akhir dari skenario inflasi stokastik dengan komposisi aset agresif berada lebih tinggi dibandingkan median saldo akhir dari skenario tingkat penarikan tetap. Hal ini mengingat bahwa inflasi bersifat stokastik dengan standar deviasi 3,72% dapat mengakibatkan besaran penarikan tiap tahun berpotensi jauh lebih rendah dari 4% sehingga memberikan ruang pertumbuhan investasi lebih besar. Melalui simulasi inflasi stokastik, dapat disimpulkan bahwa penyesuaian penarikan berkala dengan kondisi inflasi memberikan risiko kehabisan dana dan sekaligus memberikan peluang peningkatan nilai saldo akhir melalui investasi dengan komposisi aset yang tepat yaitu aset ekuitas. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan antara lain yaitu penggunaan distribusi normal pada model inflasi yang belum sepenuhnya menangkap karakteristik tingkat inflasi serta penggunaan asumsi independen antara inflasi dan return portofolio yang dapat berpengaruh pada kondisi portofolio pada saat-saat tertentu. Dengan demikian pada penelitian selanjutnya diharapkan simulasi inflasi stokastik dapat dilakukan dengan mempertimbangkan korelasi antara inflasi dan return portofolio serta penggunaan distribusi alternatif seperti distribusi log-normal atau gamma sehingga dapat menangkap volatilitas yang lebih baik.

5. PERNYATAAN PENULIS

5.1 Kontribusi Penulis

Konseptualisasi: A. H. J., R. A., dan K. P. R.;

Metodologi: A. H. J., R. A., dan K. P. R.;

Perangkat Lunak: A. H. J.;

Validasi: A. H. J., R. A., dan K. P. R.;

Analisis Formal: A. H. J., R. A., dan K. P. R.;

Investigasi: A. H. J., R. A., dan K. P. R.;

Sumber Daya: A. H. J., R. A., dan K. P. R.;

Kurasi Data: A. H. J., R. A., dan K. P. R.;

Penulisan Draf Awal: A. H. J., R. A., dan K. P. R.;

Penulisan, Peninjauan, dan Penyuntingan: v

Visualisasi: A. H. J.;

Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi manuskrip yang telah diterbitkan.

5.2 Ketersediaan Data

Data yang disajikan dalam penelitian ini tersedia berdasarkan permintaan kepada penulis korespondensi.

5.3 Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

5.4 Pernyataan Dewan Peninjau Institusional

Tidak Berlaku (*Not Applicable*)

5.5 Pernyataan Persetujuan Berdasarkan Informasi

Tidak Berlaku (*Not Applicable*)

5.6 Pernyataan Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki kepentingan keuangan yang bersaing atau hubungan pribadi yang diketahui yang dapat dianggap memengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam artikel ini.

5.7 Penggunaan AI Generatif dan Teknologi Berbantuan AI dalam Proses Penulisan

Para penulis menggunakan AI Generatif untuk meningkatkan kejelasan penulisan dalam artikel ini. Para penulis telah meninjau dan menyunting konten yang dihasilkan dengan bantuan AI serta bertanggung jawab penuh atas versi akhir publikasi.

REFERENCES

Ahmed, R., Chen, X. H., Kumpamool, C., & Nguyen, D. T. K. (2023). Inflation, oil prices, and economic activity in recent crisis: Evidence from the UK. *Energy Economics*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106918>

- Anarkulova, A., Cederburg, S., O'doherty, M. S., & Sias, R. (2025). The Safe Withdrawal Rate: Evidence from a Broad Sample of Developed Markets. *Journal of Pension Economics and Finance*, 24(3), 464–500. <https://doi.org/10.1017/S1474747225000010>
- Awanda, D. W. P., Santoso, S. P., & Pandin, M. Y. R. (2024). Manajemen Risiko Investasi Untuk Mempertahankan Ketahanan Keuangan Di Tengah Volatilitas Pasar. *EKOMA: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi*, 4(1), 1794–1807. <https://doi.org/10.56799/ekoma.v4i1.6046>
- Blanchett, D. (2023). Redefining the Optimal Retirement Income Strategy. *Financial Analysts Journal*, 79(1), 5–16. <https://doi.org/10.1080/0015198X.2022.2129947>
- Caldara, D., Conlisk, S., Iacoviello, M., & Penn, M. (2026). Do geopolitical risks raise or lower inflation? *Journal of International Economics*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2025.104188>
- Cheng, Y. (2025). Monte Carlo-Based VaR Estimation and Backtesting Under Basel III. *Risks*, 13(8), 146. <https://doi.org/10.3390/risks13080146>
- Daraei, D., & Sendova, K. (2024). Determining Safe Withdrawal Rates for Post-Retirement via a Ruin-Theory Approach. *Risks*, 12(4), 70. <https://doi.org/10.3390/risks12040070>
- Dziwisch, A., Krahnhof, P., & Zureck, A. (2021). Empirical determination of sustainable withdrawal rates considering historical yields and inflation rates in Germany. *Zeitschrift Fur Die Gesamte Versicherungswissenschaft*, 110(2–3), 117–132. <https://doi.org/10.1007/s12297-021-00504-1>
- Forsyth, P. A., Vetzal, K. R., & Westmacott, G. (2021). Optimal Control Of The Decumulation Of A Retirement Portfolio With Variable Spending And Dynamic Asset Allocation. *ASTIN Bulletin*, 51(3), 905–938. <https://doi.org/10.1017/asb.2021.19>
- Foziah, H., Afthanorhan, A., Ghazali, P. L., & Tajuddin, S. A. F. S. (2023). Impact of inflation severity on retirement savings: A simulation analysis of projected accumulation and de-accumulation. *Journal of Social Economics Research*, 10(3), 124–133. <https://doi.org/10.18488/35.v10i3.3474>
- Hamzah, D. A., Siahaan, T. S. A., & Pranata, V. C. (2023). Ruin Probability In The Classical Risk Process With Weibull Claims Distribution. *Barekeng*, 17(4), 2351–2358. <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss4pp2351-2358>
- Horan, S. M. (2024). Optimal withdrawal frequency for sustainable retirement withdrawals. *FINANCIAL PLANNING REVIEW*, 7(2). <https://doi.org/10.1002/cfp2.1183>
- Husni Johan, A., Andriani, R., & Prafidya Romantica, K. (2026). Perbandingan Akumulasi Tabungan Pensiun Pada Berbagai Tingkat Inflasi Menggunakan Simulasi Monte Carlo. *SIBATIK JOURNAL*, 5(4), 1970–1984. <https://doi.org/10.54443/sibatik.v5i4.4102>
- Jain, A. (2025). Analyzing the Impact of Inflation on Household Spending Patterns. *International Journal for Research Publication and Seminar*, 16(3), 133–140. <https://doi.org/10.36676/jrps.v16.i3.303>
- Jiménez-Rodríguez, R., & Morales-Zumaquero, A. (2022). Commodity price pass-through along the pricing chain. *Review of World Economics*, 158(1), 109–125. <https://doi.org/10.1007/s10290-021-00425-2>
- NguyenHuu, T., & Örsal, D. K. (2024). Geopolitical risks and financial stress in emerging economies. *The World Economy*, 47(1), 217–237. <https://doi.org/10.1111/twec.13529>
- Oyadeyi, O. O., Ukoli, K. C., Chandiramani, A., Rosas, J., Luo, J., & Oyadeyi, O. A. (2025). Navigating Economic Policy Uncertainty in Nigeria: The Influence of Soaring Food and Commodity Prices on the Cost-of-Living Crisis in Nigeria Amid Geopolitical Risks and Energy Market Fluctuations. *Energy Research Letters*, 6(3). <https://doi.org/10.46557/001c.123839>
- Peksevim, S., & Ercan, M. (2024). Do pension funds provide financial stability? Evidence from European Union countries. *Journal of Financial Services Research*, 66(3), 297–328. <https://doi.org/10.1007/s10693-023-00408-4>
- Rizvi, S. A. R., & Sahminan, S. (2020). Commodity price and inflation dynamics: Evidence from briics. *Buletin Ekonomi Moneter Dan Perbankan/Monetary and Banking Economics Bulletin*, 23(4), 485–500. <https://doi.org/10.21098/BEMP.V23I4.1418>
- Setiadi. (2025). Inflation, Monetary Policy, and Systemic Risks: Global Insights from the Post-Crisis Era. *Moneta : Journal of Economics and Finance*, 3(4). <https://doi.org/10.61978/moneta.v3i4.930>
- Yang, T., Dong, Q., Du, M., & Du, Q. (2023). Geopolitical risks, oil price shocks and inflation: Evidence from a TVP–SV–VAR approach. *Energy Economics*, 127, 107099. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107099>