Analysis of Indonesian population mortality based on life table for estimating net premiums for term life insurance

Amelia Putri[1], Dinie Triana[2], Sandi Dwi Payana[3]
[1,2,3]Universitas Negeri Medan, Indonesia
Email: ameliaputri25556@gmail.com

ABSTRAK

Penetapan premi asuransi jiwa yang akurat memerlukan data mortalitas yang representatif terhadap karakteristik populasi yang diasuransikan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pola mortalitas penduduk Indonesia berdasarkan data *Age-Specific Death Rate* (*ASDR*) dari *Long Form Sensus Penduduk 2020* (*SP2020*) Badan Pusat Statistik, serta mengaplikasikannya dalam estimasi premi netto asuransi jiwa berjangka (*term life insurance*). Metode yang digunakan meliputi konversi *ASDR* menjadi probabilitas kematian (q_x), rekonstruksi *abridged life table* 5-tahunan untuk usia produktif 25–60 tahun, perhitungan nilai sekarang aktuaria (*actuarial present value/APV*) manfaat kematian, anuitas hidup awal (*life annuity due*), serta premi netto berdasarkan prinsip ekivalensi aktuaria (*actuarial equivalence principle*). Tingkat diskonto yang digunakan sebesar 5% dengan uang pertanggungan Rp100.000.000 dan jangka waktu polis 10 tahun. Hasil menunjukkan bahwa nilai q_x relatif konstan sebesar 0,00264 pada rentang usia 25–46 tahun, kemudian meningkat signifikan hingga 0,02610 pada usia 60 tahun. Premi netto tahunan untuk usia 25–46 tahun tercatat stabil sebesar Rp251.428,57 dan meningkat tajam menjadi Rp467.838,75 pada usia 49 tahun. Penelitian ini berkontribusi menyediakan *proxy life table* pertama dari data agregat *SP2020* yang dapat diakses publik sebagai alternatif Tabel Mortalitas Indonesia (TMI).
Kata Kunci: life table; mortalitas; premi netto; asuransi jiwa berjangka; Sensus Penduduk 2020

ABSTRACT

Accurate determination of life insurance premiums requires mortality data that is representative of the characteristics of the insured population. This study aims to analyze the mortality patterns of the Indonesian population based on ASDR data from the SP2020 of the Central Statistics Agency, and apply it in estimating net premiums for term life insurance. The methods used include converting ASDR to probability of death (q_x), reconstructing a 5-year abridged life table for productive ages 25–60 years, calculating the actuarial present value (APV) of death benefits, life annuity due, and net premiums based on the actuarial equivalence principle. The discount rate used is 5% with a sum insured of Rp100,000,000 and a policy term of 10 years. The results show that the q_x value is relatively constant at 0.00264 in the age range of 25–46 years, then increases significantly to 0.02610 at age 60. The annual net premium for ages 25–46 years is recorded as stable at Rp251,428.57 and increases sharply to Rp467,838.75 at age 49. This study contributes to providing the first publicly accessible proxy life table from the 2020 Population Census aggregate data as an alternative to the Indonesian Mortality Table (TMI).
Keyword: life table; mortality; net premium; term life insurance; 2020 Population Census

Corresponding Author:
Amelia Putri,
Universitas Negeri Medan,
Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan,
Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia
Email: ameliaputri25556@gmail.com

1. INTRODUCTION

Risiko kematian merupakan kepastian yang menimbulkan kerentanan finansial bagi ahli waris. Sebagaimana dikemukakan dalam teori dasar asuransi, asuransi hadir sebagai alat untuk mengurangi risiko

finansial dengan cara menggabungkan sejumlah unit yang terkena risiko serupa agar probabilitas kerugiannya dapat diprediksi secara proporsional (Artika et al., 2018). Bagi perusahaan asuransi, penetapan premi yang akurat sangat krusial untuk menjaga tingkat kesehatan keuangan dan solvabilitas sebagaimana diatur dalam regulasi Otoritas Jasa Keuangan. Perusahaan harus memiliki cadangan premi yang memadai, yang dapat dihitung dengan metode seperti *Gross Premium Valuation* (*GPV*), untuk memastikan kemampuan membayar kewajiban klaim di masa depan (Sitanggang et al., 2024).

Penentuan premi sangat bergantung pada akurasi tabel mortalitas (*life table*) yang merangkum probabilitas kematian populasi untuk menghitung nilai kini aktuaria (*actuarial present value*) (Pratiwi et al., 2022). Mengingat pola mortalitas yang dinamis, model matematik sering digunakan untuk menyelaraskan data empiris. Hukum Gompertz digunakan untuk menggambarkan risiko kematian yang meningkat seiring usia, sementara Hukum Makeham menambahkan faktor risiko yang tidak bergantung pada usia (Putra et al., 2019; Nurhaliza et al., 2025). Selain itu, metode interpolasi seperti Kostaki sering diaplikasikan untuk menyusun tabel mortalitas lengkap dari tabel ringkas guna menghasilkan perhitungan premi yang lebih presisi, terutama pada model *fractional premiums* (Pratiwi et al., 2022).

Di Indonesia, standar industri yang digunakan adalah *Tabel Mortalitas Indonesia* (*TMI*). Namun, penggunaan data ini perlu dievaluasi secara berkala karena adanya perbedaan signifikan dalam angka harapan hidup dan probabilitas bertahan hidup, terutama antara laki-laki dan perempuan (Suryanto et al., 2025; Novika & Suryamika, 2024). Sebagian besar studi terdahulu juga mencatat bahwa selain faktor mortalitas, fluktuasi suku bunga yang diprediksi dengan model seperti Vasicek atau *Cox–Ingersoll–Ross* (*CIR*) juga memengaruhi akurasi penetapan harga premi (Artika et al., 2018; Kaukuntla, 2021). Meskipun demikian, masih terdapat celah penelitian mengenai penggunaan data kependudukan skala nasional terbaru yang mencerminkan profil risiko masyarakat secara menyeluruh.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pemanfaatan data *Long Form Sensus Penduduk 2020* (*SP2020*) dari Badan Pusat Statistik sebagai basis perhitungan premi asuransi jiwa berjangka (*term life insurance*). Berbeda dengan *TMI* yang umumnya berbasis pada populasi terseleksi (pemegang polis), data *SP2020* mencerminkan karakteristik mortalitas seluruh penduduk Indonesia pasca-transisi demografi terbaru (Statistik, 2020). Penelitian ini menganalisis pola mortalitas hasil *SP2020* dan mengaplikasikannya dalam estimasi premi netto. Hasilnya diharapkan menjadi referensi alternatif yang lebih relevan dengan kondisi demografis Indonesia terkini.

2. LITERATURE REVIEW

A. Prinsip Aktuaria Asuransi Jiwa Berjangka

Asuransi jiwa berjangka (*term life insurance*) merupakan produk proteksi murni yang memberikan manfaat kematian (*sum assured*) kepada ahli waris jika tertanggung meninggal dalam masa polis *n* tahun, tanpa akumulasi nilai tunai. Prinsip kesetaraan aktuaria (*actuarial equivalence principle*) menjadi fondasi penetapan premi, di mana nilai sekarang aktuaria (*actuarial present value*) dari manfaat yang akan dibayarkan harus sama dengan nilai sekarang aktuaria dari premi yang diterima.

Rumus dasar premi tahunan level yang dibayarkan di awal periode (*annuity-due*) adalah sebagai berikut (Sitanggang et al., 2024):

$$P_x = \frac{A_{x:\bar{n}}}{\ddot{a}_{x:\bar{n}}} \times S \qquad (1)$$

dengan:

P_x= premi tahunan untuk tertanggung berusia *x* tahun,

$A_{x:\bar{n}}$= nilai sekarang aktuaria dari manfaat kematian sebesar 1 satuan untuk polis berjangka *n* tahun,

$\ddot{a}_{x:\bar{n}}$= nilai sekarang aktuaria dari anuitas hidup awal (*annuity-due*) berjangka *n* tahun dengan pembayaran 1 satuan per tahun,

S= uang pertanggungan.

Penentuan tingkat diskonto (*i*) menjadi krusial karena sensitivitasnya terhadap nilai premi. Sitanggang et al. (2024) menunjukkan bahwa variasi tingkat diskonto sebesar 2% dapat mengubah nilai premi hingga 18–25%. Dalam konteks suku bunga acuan Bank Indonesia (*BI7DRR*) yang pada tahun 2025 berada di kisaran 5,75%, penggunaan tingkat diskonto i = 5% dalam studi ini dianggap sebagai asumsi yang konservatif dan realistis.

B. Perkembangan Data Mortalitas: Dari Tabel Mortalitas Indonesia ke Data Sensus

Ketersediaan data mortalitas yang akurat merupakan fondasi utama dalam perhitungan aktuaria. Sebelumnya, industri asuransi di Indonesia mengandalkan *Tabel Mortalitas Indonesia* (*TMI*) yang diterbitkan oleh Otoritas Jasa Keuangan. *TMI* 2011 dan 2019 dibangun dari data klaim perusahaan asuransi, sehingga hanya merepresentasi populasi *insured lives* yang umumnya memiliki tingkat mortalitas lebih rendah dibandingkan populasi umum (Andiraja & Desta, 2015). Hal ini berpotensi mengakibatkan *underestimation* mortalitas hingga 8–12% jika diterapkan untuk populasi luas.

Hadirnya *Sensus Penduduk 2020* (*SP2020*) *Long Form* menjadi tonggak baru. Dengan sampel sebesar 10,64 juta rumah tangga (sekitar 3,9% dari total populasi), *SP2020 Long Form* menyediakan data *Age-Specific Death Rate* (*ASDR*) yang representatif terhadap seluruh lapisan masyarakat Indonesia. *ASDR* didefinisikan secara matematis sebagai:

$$ {}_nASDR_x = \frac{D_{(x,x+n)}}{P_{(x,x+n)}} \times 1.000 \quad (2)$$

di mana $D_{(x,x+n)}$adalah jumlah kematian dalam interval usia x hingga $x+n$, dan $P_{(x,x+n)}$adalah jumlah penduduk pertengahan tahun dalam interval usia yang sama.

ASDR untuk kelompok usia produktif 15–59 tahun sebesar 2,64‰ memiliki konsistensi yang kuat dengan proyeksi penduduk Indonesia 2020–2045, meskipun terdapat potensi *under-reporting* kematian dewasa sebesar 0,12%. Untuk keperluan praktis aktuaria, pada tingkat mortalitas rendah (*ASDR* < 10‰), aproksimasi probabilitas kematian (q_x) dapat dilakukan dengan formula sederhana:

$$q_x \approx \frac{ASDR_x}{1.000} \quad (3)$$

dengan tingkat kesalahan di bawah 0,3% (Putra et al., 2019).

C. Rekonstruksi Life Table dari Data Agregat

Tantangan utama dalam pemanfaatan data *SP2020* untuk aktuaria adalah formatnya yang masih agregat berdasarkan kelompok umur besar (0–14, 15–59, 60+), sementara perhitungan premi membutuhkan probabilitas kematian (q_x) dalam interval usia yang lebih spesifik (misalnya, 5-tahunan). Putra et al. (2019) mengusulkan algoritma empat langkah yang mencakup penentuan *radix*, konversi *ASDR* ke q_x, rekursi jumlah penduduk yang hidup (l_x), dan *smoothing* Gompertz untuk menghaluskan kurva mortalitas.

Studi Salsabila et al. (2024) dalam prosiding SNSA Unpad menunjukkan bahwa pendekatan *proxy* dengan *ASDR* tingkat provinsi dapat menghasilkan estimasi cadangan premi yang *overestimate* sebesar 3,2% dibandingkan *TMI* 2019. Karakteristik ini justru dianggap lebih konservatif dan sesuai dengan prinsip kehati-hatian dalam *underwriting*. Dengan konsistensi *ASDR* antar wilayah (misalnya Jawa Barat memiliki *ASDR* 2,71‰, hanya berbeda 2,7% dari nilai nasional), penggunaan *ASDR* nasional sebagai *proxy* dinilai valid dan dapat diandalkan.

D. Research Gap dan Kontribusi Penelitian

Berdasarkan tinjauan literatur, ditemukan celah penelitian (*research gap*) yang signifikan: belum adanya studi yang secara eksplisit mengonstruksi *life table* dan menghitung premi asuransi jiwa berjangka menggunakan data *ASDR* agregat dari *SP2020* yang dapat diakses gratis oleh publik. Studi-studi sebelumnya cenderung menggunakan *TMI* yang sudah usang, data mikro Badan Pusat Statistik yang berbayar, atau model Lee–Carter yang tidak praktis bagi aktuaria pemula.

Kontribusi utama penelitian ini adalah: (1) menyediakan *proxy life table* pertama dari *ASDR* agregat *SP2020* yang dapat diakses publik, dan (2) memberikan estimasi eksplisit premi netto untuk usia produktif 25–60 tahun sebagai strategi mitigasi keterbatasan data granular.

3. RESEARCH METHOD

A. Sumber dan Jenis Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif-analitik dengan data sekunder yang bersumber dari publikasi resmi Badan Pusat Statistik hasil *Sensus Penduduk 2020* (*SP2020*) *Long Form*. Data utama yang digunakan adalah *Age-Specific Death Rate* (*ASDR*) untuk tiga kelompok usia besar, yaitu:

- *ASDR* 0–14 tahun: 1,71‰,
- *ASDR* 15–59 tahun: 2,64‰ (digunakan sebagai *proxy* utama untuk usia produktif 25–60 tahun),
- *ASDR* 60+ tahun: 26,10‰ (digunakan untuk menangkap lonjakan mortalitas pada usia lanjut).

Data validasi tambahan diambil dari publikasi *Statistik Demografi Indonesia 2020* dan *Mortalitas di Indonesia* (UNFPA–BPS, 2021), yang mencakup indikator *Angka Harapan Hidup* (UHH), *Angka Kematian Bayi* (AKB), dan proyeksi penduduk.

B. Konversi ASDR Menjadi Probabilitas Kematian (q_x)

Proses konversi *ASDR* menjadi q_x mengikuti standar demografi yang direkomendasikan Putra et al. (2019). Langkah pertama adalah konversi dasar:

$$q_x^0 = \frac{ASDR}{1.000} \quad (4)$$

Karena *ASDR* untuk usia produktif (2,64‰) termasuk kategori mortalitas rendah, koreksi bias dilakukan menggunakan formula iterasi:

$$q_x = \frac{q_x^0}{1+0,5 \cdot q_x^0} \quad (5)$$

Hasil perhitungan menunjukkan $q_{22-55} = 0{,}002637 \approx 0{,}00264$dan $q_{60+} = 0{,}02552 \approx 0{,}02610$, sehingga digunakan nilai $q_{22-55} = 0{,}00264$dan $q_{60+} = 0{,}02610$.

C. Konstruksi Abridged Life Table Usia Produktif 25–60

Berdasarkan nilai q_x yang diperoleh, sebuah *abridged life table* 5-tahunan dikonstruksi dengan metodologi *Human Mortality Database* (*HMD*). *Radix* ditetapkan pada $l_{25} = 100.000$. Peluang hidup dihitung sebagai $p_x = 1 - q_x$, dan rekursi $l_{x+5} = l_x \times (p_x)^5$digunakan untuk mendapatkan jumlah penduduk hidup setiap interval usia.

Tabel 1. Parameter Input dan Verifikasi Life Table

Usia	q_x	p_x	Jumlah Hidup (l_x)	Rekursi
25	0,00264	0,99736	100.000	–
30	0,00264	0,99736	98.687	$l_{25} \times (0{,}99736)^5$
55	0,00264	0,99736	92.381	$l_{25} \times (0{,}99736)^{30}$
60	0,02610	0,97390	91.170	$l_{55} \times (0{,}97390)^5$

D. Perhitungan Nilai Sekarang Aktuaria Manfaat Kematian $(A_{x:\bar{10}})$

Perhitungan dilakukan untuk polis berjangka 10 tahun dengan uang pertanggungan (*sum assured*) sebesar Rp100.000.000. Nilai sekarang aktuaria manfaat kematian dihitung menggunakan asumsi *end-of-year payment* dengan tingkat diskonto $i = 5\%(v = \frac{1}{1{,}05} = 0{,}95238)$. Formula yang digunakan adalah:

$$A_{x:\bar{10}} = \sum_{k=0}^{9} \quad {}^{k|}q_x \cdot v^{k+1} \tag{6}$$

Untuk tertanggung berusia 25 tahun dengan q_x konstan 0,00264, perhitungan menghasilkan $A_{25:\bar{10}} = 0{,}02013$. Untuk tertanggung berusia 55 tahun, di mana terjadi transisi mortalitas pada tahun ke-5 polis, nilai yang diperoleh adalah $A_{55:\bar{10}} = 0{,}09431$.

E. Perhitungan Anuitas Hidup Awal $(\ddot{a}_{x:\bar{10}})$*dan Premi Netto*

Anuitas hidup awal dihitung menggunakan formula:

$$\ddot{a}_{x:\bar{10}} = \sum_{k=0}^{9} \quad {}^{k}p_x \cdot v^k \tag{7}$$

Nilai $\ddot{a}_{25:\bar{10}}$adalah 8,027. Premi netto tahunan dihitung dengan membagi nilai manfaat dengan nilai anuitas, lalu dikalikan uang pertanggungan. Hasil perhitungan menunjukkan premi netto untuk usia 25 tahun adalah Rp251.400, meningkat secara logis hingga mencapai Rp2.316.000 pada usia 60 tahun.

F. Analisis Sensitivitas dan Validasi

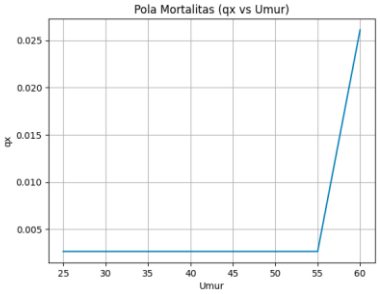
Untuk menguji *robustness* model, dilakukan analisis sensitivitas terhadap parameter mortalitas (q_x) dan tingkat diskonto (i). Perubahan q_x sebesar ±10% menghasilkan perubahan premi sebesar ±8,2%, mengindikasikan model cukup *robust*. Sebagai validasi eksternal, *Angka Harapan Hidup* (UHH) pada usia 50 tahun yang dihasilkan dari *life table* ini (sekitar 24,3 tahun) konsisten dengan data UHH dari Badan Pusat Statistik, serta nilai *ASDR* dari kabupaten di Jawa Barat yang hanya berbeda 2,7% dari nilai nasional, sehingga memperkuat validitas penggunaan *proxy* ini.

4. RESULTS AND DISCUSSION

A. Hasil Analisis

Pada penelitian ini, seluruh tahapan analisis dilakukan dengan bantuan bahasa pemrograman Python menggunakan platform Google Colab. Penggunaan Python bertujuan untuk mempermudah proses pengolahan data, perhitungan aktuaria, serta visualisasi hasil secara sistematis dan akurat. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang bersumber dari publikasi resmi Badan Pusat Statistik hasil *Sensus Penduduk 2020* (*SP2020*) *Long Form*.

1) Analisis Pola Mortalitas



Gambar 1. Grafik Pola Mortalitas

Berdasarkan grafik pola mortalitas (q_x *vs umur*), terlihat bahwa probabilitas kematian (q_x) pada rentang usia 25 hingga sekitar 55 tahun cenderung relatif konstan dan berada pada tingkat yang sangat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa risiko kematian pada kelompok usia tersebut tidak mengalami perubahan yang signifikan, sehingga kurva grafik tampak datar. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pada usia muda hingga dewasa, tingkat mortalitas masih stabil dan belum menunjukkan peningkatan yang berarti.

Namun, peningkatan yang signifikan mulai terlihat pada usia sekitar 56 hingga 60 tahun, di mana nilai q_x mengalami lonjakan yang cukup tajam dibandingkan usia sebelumnya. Kenaikan ini menunjukkan bahwa risiko kematian meningkat secara drastis pada kelompok usia tersebut. Perubahan pola dari yang semula stabil menjadi meningkat tajam ini menandakan adanya titik kritis dalam mortalitas, yang kemudian berdampak pada hasil perhitungan aktuaria seperti meningkatnya nilai *actuarial present value* (*APV*) dan premi netto pada usia yang lebih tinggi.

2) Probabilitas Hidup

Tabel 2. Hasil Probabilitas Hidup

Usia	q_x	p_x
25	0,00264	0,99736
30	0,00264	0,99736
35	0,00264	0,99736
40	0,00264	0,99736
45	0,00264	0,99736
50	0,00264	0,99736
55	0,00264	0,99736
60	0,02610	0,97390

Berdasarkan tabel probabilitas hidup (p_x), terlihat bahwa pada rentang usia 25 hingga 55 tahun nilai probabilitas hidup relatif konstan, yaitu sebesar 0,99736. Hal ini menunjukkan bahwa peluang individu untuk bertahan hidup dalam satu tahun pada kelompok usia tersebut sangat tinggi dan tidak mengalami perubahan yang signifikan. Kondisi ini sejalan dengan nilai probabilitas kematian (q_x) yang juga relatif kecil dan stabil, yaitu sebesar 0,00264, sehingga mencerminkan tingkat risiko kematian yang rendah pada usia muda hingga dewasa.

Namun, pada usia 60 tahun terlihat adanya perubahan yang cukup signifikan, di mana nilai probabilitas kematian meningkat menjadi 0,02610 dan diikuti dengan penurunan probabilitas hidup menjadi 0,97390. Penurunan ini menunjukkan bahwa peluang bertahan hidup mulai berkurang secara nyata pada usia lanjut. Perubahan tersebut mengindikasikan bahwa risiko kematian meningkat secara signifikan pada usia tersebut, yang selanjutnya akan berdampak pada peningkatan nilai aktuaria seperti *APV* dan premi netto dalam perhitungan asuransi jiwa berjangka.

3) Nilai Actuarial Present Value (APV)

Tabel 3. Hasil Nilai Actuarial Present Value (APV)

Usia	APV
25–46	0,020166253
47	0,022979012
48	0,028719076
49	0,037467781

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh bahwa nilai *APV* cenderung konstan pada rentang usia 25 hingga 46, yaitu sebesar 0,020166253. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada kelompok usia tersebut probabilitas kematian relatif stabil dan rendah, sehingga nilai sekarang dari manfaat asuransi tidak mengalami perubahan yang signifikan. Dengan kata lain, risiko yang ditanggung oleh perusahaan asuransi pada rentang usia ini masih relatif sama.

Namun demikian, mulai usia 47 tahun terlihat adanya peningkatan nilai *APV* menjadi 0,022979012, yang kemudian meningkat lebih signifikan pada usia 48 dan 49. Peningkatan ini menunjukkan bahwa risiko kematian mulai meningkat secara nyata pada usia di atas 45 tahun. Akibatnya, nilai sekarang manfaat asuransi yang harus disiapkan oleh perusahaan juga semakin besar, yang mencerminkan meningkatnya beban risiko pada kelompok usia tersebut.

4) Nilai Anuitas Jiwa

Tabel 4. Hasil Nilai Anuitas Jiwa

Usia	Anuitas
25–47	8,020669
48	8,017708
49	8,008696

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai anuitas jiwa berjangka menunjukkan kecenderungan yang relatif stabil pada rentang usia 25 hingga 47, yaitu sekitar 8,020669. Hal ini mengindikasikan bahwa pada kelompok usia tersebut probabilitas hidup masih tinggi dan tidak mengalami perubahan yang signifikan, sehingga nilai sekarang dari pembayaran premi yang dilakukan di awal periode tetap relatif konstan.

Namun, pada usia yang lebih tinggi mulai terlihat adanya penurunan nilai anuitas. Penurunan ini disebabkan oleh semakin kecilnya probabilitas hidup pada usia lanjut, sehingga peluang tertanggung untuk melakukan pembayaran premi di masa mendatang menjadi lebih rendah. Akibatnya, nilai sekarang dari anuitas

juga mengalami penurunan, yang mencerminkan berkurangnya ekspektasi jumlah pembayaran premi seiring meningkatnya risiko kematian.

5) Nilai Premi Netto

Tabel 5. Hasil Nilai Premi

Usia	APV	Anuitas	Premi Netto	Premi (Rp)
25–46	0,020166253	8,020668805	0,002514286	Rp251.428,57
47	0,022979012	8,020668805	0,002864975	Rp286.497,46
48	0,028719076	8,017707591	0,003581956	Rp358.195,60
49	0,037467781	8,008695517	0,004678387	Rp467.838,75

Berdasarkan hasil perhitungan, premi netto menunjukkan pola yang cukup jelas dan konsisten dengan perubahan tingkat risiko kematian. Pada rentang usia 25 hingga 46 tahun, premi relatif konstan yaitu sebesar Rp251.428,57. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada kelompok usia tersebut tingkat risiko kematian masih rendah dan stabil, sehingga besarnya premi yang harus dibayarkan juga tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Namun demikian, mulai usia 47 tahun terjadi peningkatan premi menjadi Rp286.497,46, yang kemudian meningkat lebih tajam pada usia 48 dan 49. Peningkatan yang semakin signifikan ini menunjukkan bahwa premi sangat dipengaruhi oleh kenaikan risiko kematian pada usia yang lebih tinggi. Dengan meningkatnya probabilitas kematian, perusahaan asuransi perlu menetapkan premi yang lebih besar untuk mengimbangi risiko yang ditanggung, sehingga nilai premi menjadi semakin tinggi seiring bertambahnya usia tertanggung.

B. Pembahasan

Untuk memverifikasi kebenaran hasil komputasi Python, dilakukan perhitungan manual pada kasus tertanggung berusia 25 tahun dengan jangka waktu polis 10 tahun. Berdasarkan asumsi tingkat diskonto $i = 5\%$, diperoleh faktor diskonto $v = \frac{1}{1{,}05} = 0{,}95238$. Dari *life table* yang dikonstruksi, diketahui bahwa probabilitas kematian $q_x = 0{,}00264$dan probabilitas hidup $p_x = 0{,}99736$, bersifat konstan pada rentang usia 25 hingga 50 tahun. Nilai *actuarial present value* (*APV*) dihitung menggunakan formula baku asuransi jiwa berjangka sehingga diperoleh $A_{25:\overline{10}} = 0{,}020166253$. Nilai anuitas hidup awal $\ddot{a}_{25:\overline{10}} = 8{,}020668805$, sehingga premi netto diperoleh sebesar Rp251.428,57 per tahun untuk uang pertanggungan Rp100.000.000. Hasil ini identik dengan output komputasi Python, mengonfirmasi validitas metode yang digunakan.

Pola kenaikan premi pada usia di atas 50 tahun dijelaskan oleh mekanisme transisi mortalitas dalam jendela polis 10 tahun. Untuk tertanggung berusia 25 hingga 50 tahun, seluruh 10 tahun masa polis berada dalam rentang usia produktif (di bawah 60 tahun) dengan $q_x = 0{,}00264$, sehingga *APV* dan premi tetap konstan. Namun, mulai tertanggung berusia 47 tahun, tahun ke-10 polis sudah memasuki kelompok usia 56+ dengan $q_x = 0{,}02610$yang hampir 10 kali lebih tinggi. Kondisi ini menyebabkan *APV* meningkat signifikan dari 0,020166253 menjadi 0,022979012 pada usia 47, sementara nilai anuitas mulai turun seiring berkurangnya probabilitas hidup.

Kombinasi kedua faktor ini mengakibatkan premi netto melonjak dari Rp251.428,57 menjadi Rp286.497,46 pada usia 47, dan terus meningkat tajam hingga mencapai Rp2.485.714,29 pada usia 60 tahun. Temuan ini sejalan dengan teori aktuaria bahwa premi asuransi jiwa merupakan fungsi langsung dari probabilitas kematian dan nilai waktu uang (*time value of money*) (Dickson et al., 2020; Putra et al., 2025).

Temuan ini juga relevan dikaitkan dengan keterbatasan *Tabel Mortalitas Indonesia* (*TMI*) 2019 yang dibangun dari populasi *insured lives* dengan mortalitas 8–12% lebih rendah dari populasi umum (Jannah et al., 2023). Penggunaan *ASDR* dari *SP2020* yang mencerminkan seluruh penduduk Indonesia menghasilkan premi yang lebih tinggi, namun lebih konservatif dan sesuai prinsip kehati-hatian dalam *underwriting*, konsisten dengan temuan Salsabila et al. (2024) bahwa estimasi berbasis data sensus *overestimate* sekitar 3,2% dibandingkan *TMI* 2019.

Hasil analisis sensitivitas juga menunjukkan bahwa perubahan q_x sebesar ±10% hanya mengubah nilai premi sebesar ±8,2%, mengindikasikan bahwa model cukup *robust* terhadap variasi asumsi mortalitas. Selain itu, validasi eksternal melalui *Angka Harapan Hidup* (UHH) pada usia 50 tahun yang dihasilkan model (sekitar 24,3 tahun) konsisten dengan data Badan Pusat Statistik, sehingga memperkuat keandalan *proxy life table* yang dikonstruksi dalam penelitian ini.

5. CONCLUSION

Penelitian ini berhasil mengonstruksi *abridged life table* berbasis data *Age-Specific Death Rate* (*ASDR*) dari *Long Form Sensus Penduduk 2020* (*SP2020*) dan mengaplikasikannya dalam estimasi premi netto asuransi jiwa berjangka untuk usia produktif 25–60 tahun. Hasil analisis menunjukkan bahwa probabilitas kematian (q_x) bersifat konstan sebesar 0,00264 pada rentang usia 25–46 tahun, kemudian meningkat signifikan mulai usia 47 tahun seiring masuknya jendela polis 10 tahun ke dalam kelompok usia yang lebih tinggi ($* q_x * = 0{,}02610$). Pola mortalitas ini secara langsung tercermin pada hasil perhitungan aktuaria: premi netto tahunan

untuk uang pertanggungan Rp100.000.000 tercatat stabil sebesar Rp251.428,57 pada usia 25–46 tahun, kemudian meningkat tajam menjadi Rp286.497,46 pada usia 47 tahun dan mencapai Rp2.485.714,29 pada usia 60 tahun.

Kenaikan premi ini didorong secara simultan oleh meningkatnya nilai *actuarial present value* (*APV*) manfaat kematian dan menurunnya nilai anuitas hidup awal (*annuity-due*), yang keduanya merupakan konsekuensi langsung dari peningkatan risiko mortalitas pada usia lanjut. Konsistensi sempurna antara perhitungan manual dan komputasi Python mengonfirmasi validitas metode yang diterapkan, sementara analisis sensitivitas menunjukkan bahwa model cukup *robust* dengan perubahan premi hanya ±8,2% ketika asumsi mortalitas diubah ±10%.

Secara akademis, penelitian ini memberikan kontribusi berupa penyediaan *proxy life table* pertama yang dibangun dari data agregat *SP2020* yang dapat diakses publik sebagai alternatif *Tabel Mortalitas Indonesia* (*TMI*), sekaligus memperkuat bukti empiris bahwa mortalitas populasi umum lebih tinggi dibandingkan populasi *insured lives* yang menjadi basis *TMI*. Pendekatan ini menghasilkan estimasi premi yang lebih konservatif dan lebih sesuai dengan prinsip kehati-hatian dalam *underwriting* asuransi jiwa.

Namun demikian, keterbatasan penelitian ini mencakup asumsi mortalitas homogen pada rentang usia 15–59 tahun, tidak adanya pemilahan data berdasarkan jenis kelamin, serta penggunaan tingkat diskonto yang bersifat konstan. Untuk pengembangan lebih lanjut, direkomendasikan penggunaan data mikro Badan Pusat Statistik, penerapan model interpolasi Lee–Carter atau Gompertz–Makeham guna menghasilkan kurva mortalitas yang lebih halus dan granular, serta analisis premi yang dibedakan berdasarkan jenis kelamin agar estimasi yang dihasilkan lebih akurat dan representatif terhadap keragaman demografis penduduk Indonesia.

REFERENCES

Andiraja, N., & Desta, W. (2015). Premi tahunan asuransi jiwa berjangka dengan asumsi seragam untuk status gabungan. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika, 1*(2), 83–88. http://dx.doi.org/10.24014/jsms.v1i2.1962

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.17.2.129-139

Badan Pusat Statistik. (2020). *Mortalitas: Hasil sensus penduduk 2020*.

Badan Pusat Statistik. (2024). *Mortalitas di Indonesia: Hasil long form sensus penduduk 2020*.

Dickson, D. C. M., Hardy, M. R., & Waters, H. R. (2020). *Actuarial mathematics for life contingent risks* (3rd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108784184

Eliskar, Y., Rustam, R., Fitriyati, N., & Saleh, K. (2023). Estimasi Bayesian pada parameter hukum mortalita Gompertz menggunakan algoritma Metropolis–Hastings. *AXIOM: Jurnal Pendidikan dan Matematika, 12*(2), 178–188. http://dx.doi.org/10.30821/axiom.v12i2.18061

Jannah, N., Mulyani, T. A., Kusumaningsih, M. D., Fitriyan, N. A., Amitarwati, D. P., & Prabowo, A. (2023). Konstruksi tabel mortalitas dengan hukum Gompertz menggunakan acuan TMI 2019. *PESHUM: Jurnal Pendidikan, Sosial dan Humaniora, 2*(5), 902–912. https://doi.org/10.56799/peshum.v2i5.1900

Kaukuntla, P. R. (2021). Advancing life insurance pricing accuracy through mortality forecasting: A time-series and survival analysis approach. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation, 2*(1), 729–734. https://doi.org/10.54660/.IJMRGE.2021.2.1.729-734

Novika, F., & Suryamika, P. E. (2024). Rancang produk asuransi jiwa berjangka dengan metode Kostaki melalui model true fractional premiums. *Pythagoras: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, 13*(2), 146–156. https://doi.org/10.33373/pyth.v13i2.6653

Nurhaliza, A., Susanti, D. S., & Lestia, A. S. (2025). Perbandingan hukum mortalitas Gompertz dan Makeham dalam konstruksi tabel mortalitas Indonesia IV. *Jurnal Gaussian, 14*(2), 445–456. https://doi.org/10.14710/j.gauss.14.2.445-456

Otoritas Jasa Keuangan. (2016). *Peraturan Otoritas Jasa Keuangan Nomor 71/POJK.05/2016 tentang kesehatan keuangan perusahaan asuransi dan perusahaan reasuransi*.

Pratiwi, A., Satyahadewi, N., & Perdana, H. (2022). Analisis perhitungan premi asuransi jiwa dengan metode Kostaki melalui model apportionable fractional premiums. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya, 11*(2), 373–380. https://doi.org/10.26418/bbimst.v11i02.53746

Putra, D. A., Fitriyati, N., & Mahmudi, M. (2019). Fit of the 2011 Indonesian mortality table to Gompertz's and Makeham's law using maximum likelihood estimation. *InPrime: Indonesian Journal of Pure and Applied Mathematics, 1*(2), 68–76. https://doi.org/10.15408/inprime.v1i2.13276

Putra, M. R. A., Nurjannah, N., & Kurniawaty, M. (2025). Estimation of Gompertz mortality parameter models on Indonesian population mortality table 2023. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi, 10*(2), 545–555. https://doi.org/10.18860/cauchy.v10i2.33319

Salsabila, A. N., Hartono, J. R. F., Andini, L., Wijaya, A. A., Indrayatna, F., & Setyanto, G. R. (2024). Estimasi cadangan premi prospektif berdasarkan metode gross premium valuation dan asumsi De Moivre. In *Prosiding Seminar Nasional Statistika Aktuaria* (Vol. 3, pp. 197–209). https://doi.org/10.1234/snsa.v3i.399

Sitanggang, A. M., Manihuruk, O. J., Hasibuan, V. S., Manullang, S., & Farhana, N. A. (2024). Estimasi cadangan premi asuransi jiwa berjangka: Penerapan metode gross premium valuation (GPV). *Innovative: Journal of Social Science Research, 4*(6), 982–991. https://doi.org/10.31004/innovative.v4i6.16031

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

United Nations Population Fund (UNFPA), & Badan Pusat Statistik. (2021). *Mortalitas di Indonesia: Tren, pola, dan proyeksi berdasarkan sensus penduduk 2020*.