

PENENTUAN PREMI ASURANSI JIWA SEUMUR HIDUP BERDASARKAN MODEL MORTALITAS MAKEHAM

Oleh :

Gita Ramadhani¹⁾, Agusyarif Rezka Nuha²⁾, Armayani Aarsal³⁾

^{1,2,3} Universitas Negeri Gorontalo

email: gitaramadhani406@gmail.com

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Submit, 26 Mei 2026

Revisi, 21 September 2026

Diterima, 23 September 2026

Publish, 25 September 2026

Kata Kunci :

Asuransi Jiwa Seumur Hidup,
Model Makeham,
TMI 2023,
Premi Asuransi.

ABSTRAK

Dengan pertumbuhan industri asuransi jiwa di Indonesia, estimasi risiko mortalitas yang semakin akurat diperlukan seiring dengan perubahan angka harapan hidup penduduk. Tabel mortalitas mentah seringkali kurang fleksibel untuk memproyeksikan peluang kematian pada usia-usia ekstrem, sehingga diperlukan pendekatan model matematis untuk menghaluskan (*smoothing*) data tersebut untuk menghasilkan perhitungan premi yang lebih bijaksana. Dalam penelitian ini, model mortalitas Makeham digunakan untuk menentukan premi asuransi jiwa seumur hidup, berdasarkan Tabel Mortalitas Indonesia 2023 (TMI 2023). Untuk mengestimasi parameter model Makeham, penelitian ini menggunakan metode kuantitatif Nonlinear Least Squares (NLS). Hasil estimasi menunjukkan bahwa parameter untuk perempuan adalah $A = 0,0045962298$, $B = 0,0000016144$, dan $c = 1,1262547045$. Untuk laki-laki, hasil estimasi parameternya adalah $A = 0,0034803362$, $B = 0,0000193667$, dan $c = 1,1018052414$. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai tunai manfaat aktuarial A_x meningkat seiring usia masuk polis, tetapi nilai tunai anuitas hidup $\ddot{a}_x$ cenderung menurun. Dengan demikian, premi bersih tahunan P_x meningkat pada usia masuk polis. Karena tingkat mortalitas laki-laki lebih tinggi, premi laki-laki juga lebih besar dibandingkan perempuan. Dengan uang pertanggungan sebesar Rp 100.000.000, premi nominal tertinggi akan dibayar pada usia polis 100 tahun. Penelitian ini menunjukkan bahwa model Makeham dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan premi asuransi jiwa yang sesuai dengan karakteristik mortalitas Indonesia yang baru.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license



Corresponding Author:

Nama: Gita Ramadhani

Afiliasi: Universitas Negeri Gorontalo

Email: gitaramadhani406@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pada bidang aktuarial, asuransi jiwa seumur hidup adalah bidang penting yang berfokus pada pemodelan ketidakpastian waktu kematian seseorang melalui pendekatan probabilitas. Karena data mortalitas biasanya disajikan dalam bentuk tabel mortalitas yang didasarkan pada interval usia tahunan, peluang hidup dan peluang kematian, yang merupakan dasar perhitungan aktuarial, dapat diperoleh dengan memodelkan umur seseorang sebagai peubah acak diskrit (Atikasari, 2023). Nilai sekarang aktuarial keuntungan yang dijanjikan

perusahaan asuransi digunakan untuk menentukan premi asuransi jiwa seumur hidup. Ini bergantung pada dua komponen utama: asumsi mortalitas dan tingkat suku bunga. Peluang kematian digunakan untuk mengestimasi kemungkinan pembayaran klaim di masa mendatang, sedangkan tingkat suku bunga berperan dalam mendiskontokan nilai pembayaran saat ini. Dengan menggunakan model aktuarial yang tepat, perusahaan asuransi dapat mempertahankan solvabilitasnya dan menghasilkan premi yang adil bagi tertanggung. Ini karena keakuratan model mortalitas dan pemilihan asumsi suku bunga sangat

berpengaruh terhadap besarnya premi yang dihasilkan, model yang salah dapat menghasilkan premi yang terlalu tinggi atau terlalu rendah, yang pada akhirnya berdampak pada keseimbangan keuangan perusahaan asuransi (Echa Anastasya Prionggo, 2022).

Model mortalitas Makeham adalah model yang sering digunakan untuk menunjukkan tingkat kematian seseorang berdasarkan usia. Model ini menjelaskan bahwa *force of mortality* terdiri dari dua bagian utama: bagian yang meningkat secara eksponensial seiring bertambahnya usia dan bagian yang tetap tidak terpengaruh oleh usia. Dari perspektif matematis, model Makeham memiliki formulasi yang cukup sederhana untuk memudahkan menurunkan fungsi kelangsungan hidup (*survival function*) dan menghitung peluang hidup dan kematian. Karena karakteristik ini, model ini sangat penting untuk menghitung nilai sekarang aktuarial manfaat asuransi, yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan premi asuransi jiwa seumur hidup. Tabel Mortalitas Indonesia 2023 (TMI 2023) dianggap sebagai tabel mortalitas nasional terbaru dalam praktik aktuarial di Indonesia untuk estimasi peluang hidup dan peluang kematian. TMI 2023 menunjukkan pembaruan data mortalitas yang mencerminkan dinamika tingkat kematian penduduk Indonesia secara lebih mutakhir dibandingkan tabel sebelumnya. Karena perubahan pola mortalitas dari waktu ke waktu berimplikasi langsung terhadap nilai probabilitas hidup dan probabilitas kematian pada setiap usia, penggunaan tabel mortalitas yang diperbarui sangat penting. Ini karena ini memengaruhi besarnya nilai premi asuransi jiwa yang dihitung secara aktuarial (Aalaei & Ebrahimnezhad, 2025).

Penelitian sebelumnya telah melihat bagaimana model mortalitas Makeham dapat digunakan untuk menentukan premi asuransi, mengingat pentingnya data mortalitas yang mutakhir untuk perhitungan aktuarial. Studi yang dilakukan oleh (A. Ramadhanty, 2023) menunjukkan bahwa model Beard–Makeham mampu menghasilkan estimasi premi dan cadangan yang stabil serta konsisten secara matematis, meskipun belum memanfaatkan tabel mortalitas nasional terbaru. Penelitian (Rizki Kurnia Siregar, 2024) juga mengaplikasikan model Makeham pada produk asuransi jiwa syariah dan menegaskan fleksibilitas model tersebut dalam berbagai skema perhitungan premi, namun belum mengintegrasikan pembaruan data mortalitas terkini.

Penelitian sebelumnya telah membahas penggunaan model Makeham dalam penentuan premi asuransi jiwa. Sebagian besar penelitian tersebut masih menggunakan tabel mortalitas lama dan belum mengintegrasikan TMI 2023 secara eksplisit dalam perhitungan premi asuransi jiwa seumur hidup. Oleh karena itu, penelitian ini berkontribusi dengan mengaplikasikan model mortalitas Makeham

berdasarkan TMI 2023 untuk memperoleh estimasi peluang hidup dan peluang kematian yang lebih mutakhir, serta menentukan karakteristik premi asuransi jiwa seumur hidup berdasarkan data mortalitas terbaru di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

William Makeham mengembangkan model Makeham pada tahun 1860 sebagai perluasan dari model Gompertz, yang pertama kali dibuat pada tahun 1825 (Gompertz, 1825; Makeham, 1860). Pola mortalitas meningkat secara eksponensial seiring bertambahnya usia, tetapi pola tersebut tidak sepenuhnya menjelaskan risiko kematian yang tidak berhubungan dengan usia, seperti kecelakaan atau penyakit akut. Untuk mengatasi keterbatasan ini, Makeham menambahkan elemen risiko konstan. Hal ini menghasilkan fungsi resiko gabungan yang dapat menggambarkan mortalitas manusia secara lebih realistis. Fungsi resiko Makeham dirumuskan sebagai:

$$\mu(x) = A + Bc^x \quad (2.1)$$

Dengan $A > 0$, $B > 0$, dan $c > 1$

Peluang hidup dihitung dengan menggunakan (fungsi survival) model makeham:

$$S(x) = \exp \left[-Ax - \frac{\ln c}{B} (c^x - 1) \right] \quad (2.2)$$

Dengan menggunakan fungsi survival model makeham, diperoleh :

$$\begin{aligned} {}_t p_x &= \frac{\exp \left(-A(x+t) - \frac{B}{\ln c} (c^{x+t} - 1) \right)}{\exp \left(-Ax - \frac{B}{\ln c} (c^x - 1) \right)} \\ &= \exp \left[\left(-A(x+t) - \frac{B}{\ln c} (c^{x+t} - 1) \right) - \left(-Ax - \frac{B}{\ln c} (c^x - 1) \right) \right] \end{aligned} \quad (2.3)$$

Dengan demikian, peluang hidup selama t tahun adalah:

$${}_t p_x = \exp \left(-At - \frac{B}{\ln c} (c^{x+t} - c^x) \right) \quad (2.4)$$

Peluang hidup satu tahun p_x ditambahkan ke peluang kematian satu tahun pada usia x , yang disebut q_x . Oleh karena itu,

$$q_x = 1 - p_x \quad (2.5)$$

Diketahui bahwa

$$p(x) = \exp \left(-A - \frac{B}{\ln c} (c^{x+t} - c^x) \right), \quad (2.6)$$

Sehingga di peroleh

$$q_x = 1 - \exp \left(-A - \frac{B}{\ln c} (c^{x+t} - c^x) \right), \quad (2.7)$$

Secara umum, peluang kematian satu tahun bagi individu yang telah mencapai

usia $x + t$, yang dinotasikan dengan q_{x+t} , didefinisikan sebagai komplemen dari

peluang hidup satu tahun pada usia tersebut, yaitu:

$$q_{x+t} = 1 - p_{x+t} \quad (2.8)$$

Dalam model Makeham, peluang hidup satu tahun dinyatakan sebagai:

$$p_{x+t} = \exp \left(-A - \frac{B}{\ln c} (c^{x+t+1} - c^{x+t}) \right) \quad (2.9)$$

Dengan demikian, peluang kematian satu tahun dapat dituliskan sebagai:

$$q_{x+t} = 1 - \exp \left(-A - \frac{B}{\ln c} (c^{x+t+1} - c^{x+t}) \right) \quad (2.10)$$

(Angelina Elvira Dira, 2022)

Parameter model mortalita Makeham diestimasi dengan menggunakan metode Non-Linear Least Square (NLS). NLS menaksir parameter dari model yang berbentuk tidak linear dengan meminimumkan sum squared error. Dengan **A**, **B**, dan **c** merupakan parameter model. Menurut (Feng & He, 2008) distribusi Makeham memiliki fungsi hazard:

$$\mu(t) = A + Bc^t \quad (2.11)$$

Dengan $A > 0$, $B > 0$, dan $c > 1$ dan fungsi survival model makeham adalah:

$$S(t) = \exp \left[-At - \frac{\ln c}{B} (c^t - 1) \right] \quad (2.12)$$

Berdasarkan fungsi survival tersebut, peluang hidup dari usia 0 sampai usia x dapat ditulis sebagai:

$$S(x) = \exp \left[-Ax - \frac{\ln c}{B} (c^x - 1) \right] \quad (2.13)$$

Peluang kematian satu tahun adalah:

$$q_x^{model} = 1 - p_x = 1 - \exp \left[-Ax - \frac{\ln c}{B} (c^{x+1} - c^x) \right] \quad (2.14)$$

Metode *nonlinear least squares* (NLS), digunakan untuk mengestimasi parameter model Makeham. Parameter **A**, **B**, dan **c** diperoleh dengan meminimumkan jumlah kuadrat selisih antara peluang kematian sebenarnya dan peluang kematian hasil model. Fungsi objektif yang digunakan adalah:

$$S(A, B, c) = \sum_{x=1}^n (q_x^{data} - q_x^{model})^2 \quad (2.15)$$

Turunan parsial untuk estimasi parameter Misalkan :

$$D_x = A + \frac{\ln c}{B} (c^{x+1} - c^x) \quad (2.16)$$

Sehingga :

$$q_x^{model} = 1 - e^{-D_x}$$

Galat model didefinisikan sebagai:

$$e_x = q_x^{data} - q_x^{model} \quad (2.18)$$

Maka fungsi sum of squared (SSE) adalah:

$$S(A, B, c) = \sum_{x=1}^n e_x^2 \quad (2.19)$$

Parameter optimum di peroleh dengan memenuhi :

$$\frac{\partial S}{\partial A} = 0, \frac{\partial S}{\partial B} = 0, \frac{\partial S}{\partial c} = 0 \quad (2.20)$$

Turunan terhadap A:

$$\frac{\partial S}{\partial A} = -2 \sum_{x=1}^n (q_x^{data} - q_x^{model}) e^{-D_x} = 0 \quad (2.21)$$

Turunan terhadap B :

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial B} &= -2 \sum_{x=1}^n (q_x^{data} - q_x^{model}) e^{-D_x} \left(-\frac{\ln c}{B^2} (c^{x+1} - c^x) \right) = 0 \end{aligned} \quad (2.22)$$

Turunan terhadap c:

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial c} &= -2 \sum_{x=1}^n (q_x^{data} - q_x^{model}) e^{-D_x} g'(c) = 0 \end{aligned} \quad (2.23)$$

Karena persamaan Parameter **A**, **B**, dan **c** tidak diperoleh secara analitik, tetapi dihitung menggunakan metode numerik karena ketiga persamaan turunan parsial tersebut berbentuk nonlinear. Menurut (Feng & He, 2008), algoritma iteratif dapat digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan nonlinear dengan tiga parameter. Pada umumnya dalam penyelesaian permasalahan secara numerik dapat menggunakan berbagai macam software, namun pada penelitian ini akan menggunakan bantuan software phyton. Untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian model, digunakan ukuran kesalahan yaitu *Mean Squared Error* (MSE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE), yang masing-masing dinyatakan sebagai:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum (q_x^{data} - q_x^{model})^2 \quad (2.24)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (q_x^{data} - q_x^{model})^2} \quad (2.25)$$

Nilai MSE dan RMSE yang kecil menunjukkan bahwa model Makeham mampu merepresentasikan data tabel mortalitas dengan baik. Setelah parameter diperoleh dan model dinyatakan sesuai, nilai q_x^{model} digunakan untuk membentuk peluang hidup ${}_t p_x$ yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan aktuarial (Feng, 2008).

Karena perusahaan asuransi hanya membayar manfaat ketika seseorang meninggal, kedua probabilitas ini sangat penting. Akibatnya, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai aktual aktuarial manfaat, juga dikenal sebagai *Expected Present Value* (EPV) dari asuransi jiwa seumur hidup.

$$A_x = \sum_{t=0}^{\omega-x-1} v^{t+1} {}_t p_x q_{x+t} \quad (2.26)$$

Dengan faktor diskonto $v = \frac{1}{1+i}$ Persamaan ini menunjukkan bahwa setiap waktu kematian yang mungkin ditimbang dengan kemungkinan terjadinya dan didiskontokan ke waktu sekarang. Sebaliknya, premi umumnya dibayarkan selama tertanggung masih hidup, jadi nilai sekarang aktuarial dari anuitas hidup seumur hidup awal diperlukan. Rumus menentukan anuitas hidup seumur hidup awal adalah:

$$\ddot{a}_x = \sum_{t=0}^{\omega-x-1} v^t {}_t p_x \quad (2.27)$$

Premi asuransi jiwa seumur hidup dihitung berdasarkan prinsip ekuivalensi aktuarial, yang berarti manfaat asuransi dan premi harus sama. Perhitungan untuk premi tahunan bersih adalah sebagai berikut:

$$P_x = \frac{A_x}{\ddot{a}_x} \quad (2.28)$$

(David C.M. Dixon, 2009)

Perhitungan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel dan Python untuk menghasilkan hasil yang lebih akurat dan efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi Parameter Makeham

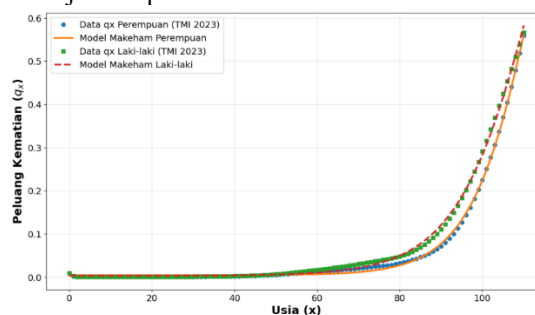
Untuk membuat model mortalitas yang dapat menunjukkan pola mortalitas penduduk Indonesia, parameter A , B , dan c diestimasi menggunakan data peluang kematian TMI 2023. Untuk mengestimasi parameter penelitian ini, metode *Nonlinear Least Squares* (NLS) digunakan, yang ditunjukkan dalam Persamaan 2.15. Hasil pengolahan data dengan metode komputasi ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 1. Estimasi Parameter Makeham

Parameter	Perempuan	Laki laki
A	0,0045962298	0,0034803362
B	0,0000016144	0,00000193667
c	1,1262547045	1,1018052414
RMSE	0,0045107892	0,0045896601
MSE	0,9985318080	0,9982084788

Hasil estimasi parameter model Makeham, parameter A menunjukkan tingkat mortalitas dasar yang tidak dipengaruhi usia, dengan nilai A pada perempuan sebesar 0,0045962298 atau sekitar 0,46%, dan nilai A pada laki-laki sebesar 0,0034803362 atau

sekitar 0,35%. Nilai B pada perempuan sebesar 0,0000016144 atau sekitar 0,00016%, dan nilai B pada laki-laki sebesar 0,0000193667 atau sekitar 0,00194%, yang menunjukkan bahwa risiko kematian akibat pertambahan usia lebih tinggi. Namun, laju mortalitas yang meningkat secara eksponensial dengan usia meningkat ditunjukkan oleh parameter c . Untuk wanita, nilai c sebesar 1,1262547045 menunjukkan peningkatan mortalitas sekitar 12,63% per tahun usia, sedangkan untuk laki-laki, nilai c sebesar 1,1018052414 menunjukkan peningkatan sekitar 10,18% per tahun usia. Nilai RMSE dan MAE yang rendah menunjukkan bahwa model Makeham sangat cocok dengan data TMI 2023. Akan ditunjukkan sejauh mana model mampu mengikuti pola mortalitas aktual pada setiap pertambahan usia di tunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik kesesuaian model makeham laki-laki dan perempuan

Perbandingan antara peluang kematian q_x berdasarkan data aktual TMI 2023 dan hasil estimasi model Makeham untuk usia 0–111 tahun ditunjukkan pada gambar. Nilai q_x pada usia muda hingga usia menengah cenderung sangat kecil dan hampir nol, sehingga kurva tampak mendatar, menunjukkan bahwa risiko kematian masih rendah. Namun, kurva meningkat secara tajam setelah memasuki usia lanjut, sekitar 60 tahun ke atas, karena pengaruh faktor penuaan yang meningkatkan risiko kematian secara eksponensial. Kondisi ini sesuai dengan ciri-ciri model Makeham, yang menggambarkan penurunan kondisi kesehatan dan daya tahan tubuh bersama dengan peningkatan mortalitas seiring bertambahnya usia. Selain itu, kurva hasil estimasi model Makeham sangat mirip dengan data aktual pada kelompok laki-laki dan perempuan, menunjukkan bahwa model dapat dengan akurat menunjukkan pola mortalitas TMI 2023. Nilai q_x kelompok laki-laki cenderung lebih tinggi dibandingkan kelompok perempuan pada usia lanjut, menunjukkan bahwa laki-laki memiliki risiko kematian lebih tinggi daripada perempuan.

Penentuan Premi asuransi jiwa seumur hidup

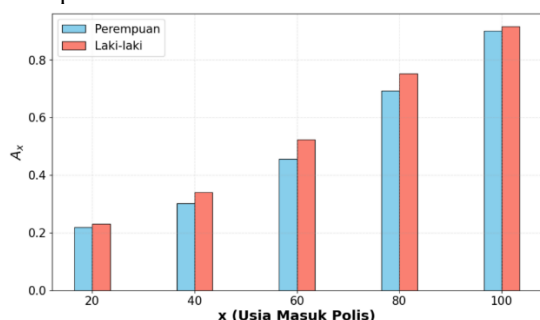
Perhitungan premi bersih asuransi jiwa seumur hidup didasarkan pada nilai tunai manfaat aktuarial dan anuitas hidup. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan prinsip ekuivalensi aktuarial, yang didasarkan pada hasil estimasi parameter model

Makeham tentang peluang hidup dan peluang kematian. Selanjutnya, parameter model Makeham digunakan untuk menentukan nilai tunai manfaat aktuarial A_x . Nilai A_x menunjukkan nilai sekarang manfaat asuransi jiwa yang akan dibayarkan pada saat tertanggung meninggal dunia, perhitungan menggunakan persamaan (2.26) hasilnya ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai A_x berdasarkan usia masuk polis

Usia masuk polis	Perempuan	Laki-laki
20	0,218709	0,230180
40	0,301809	0,341193
60	0,456087	0,523809
80	0,692423	0,751697
100	0,901370	0,915162

Nilai tunai manfaat asuransi jiwa seumur hidup A_x berdasarkan usia masuk polis pada laki-laki dan perempuan di Tabel 2, Nilai A_x menunjukkan nilai sekarang dari manfaat asuransi yang akan dibayarkan perusahaan asuransi ketika tertanggung meninggal dunia. Dengan demikian, semakin besar nilai A_x , semakin besar kewajiban perusahaan asuransi untuk menyediakan dana manfaat. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai A_x meningkat seiring usia masuk polis, yang menunjukkan bahwa risiko kematian juga meningkat. Sebagai contoh, nilai A_x untuk perempuan adalah 0,218709 dan nilai A_x untuk laki-laki adalah 0,230180 pada usia 20 tahun, yang menunjukkan bahwa perusahaan asuransi harus mempersiapkan sekitar 21,87% dan 23,02% dari nilai pertanggungan saat ini. Namun, nilai A_x meningkat menjadi 0,901370 untuk perempuan dan 0,915162 untuk laki-laki pada usia 100 tahun, yang berarti perusahaan harus menyediakan sekitar 90% dari nilai pertanggungan karena peluang terjadinya klaim kematian sangat tinggi pada usia tersebut. Selain itu, nilai A_x laki-laki cenderung lebih tinggi dibandingkan perempuan pada usia yang sama, menunjukkan bahwa risiko kematian laki-laki lebih tinggi. Oleh karena itu, usia masuk polis memiliki pengaruh yang signifikan terhadap besar kecilnya nilai tunai manfaat aktuarial; kontrak yang lebih muda memiliki nilai manfaat yang lebih kecil daripada kontrak yang lebih tua. Gambar 4 menunjukkan pola perubahan nilai A_x pada kelompok laki-laki dan perempuan.



Gambar 2. Grafik nilai tunai manfaat (A_x)

Gambar 2 menunjukkan dalam diagram batang berkelompok, nilai tunai manfaat asuransi jiwa seumur hidup (A_x) menunjukkan tren yang

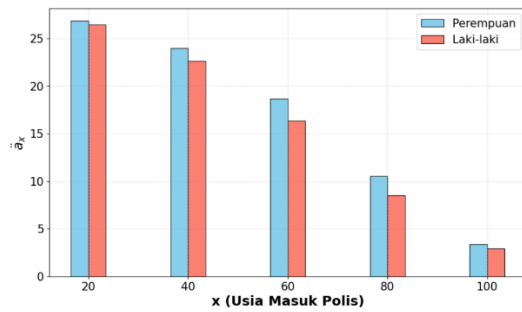
meningkat seiring usia masuk polis laki-laki dan perempuan. Karena risiko mortalitas yang lebih rendah pada kelompok usia muda, tinggi batang vertikal relatif rendah pada kelompok usia muda. Namun, pada diagram batang usia 100 tahun atau lebih, tingginya meningkat pesat dan mendekati angka satu karena peluang terjadinya klaim kematian dalam waktu dekat meningkat. Diagram batang laki-laki (berwarna salmon) secara konsisten tampak lebih tinggi daripada diagram batang perempuan (berwarna skyblue) ketika dua diagram batang dibandingkan di setiap kelompok usia. Hal ini menunjukkan secara statistik bahwa risiko kematian laki-laki lebih tinggi, yang mendorong perusahaan asuransi wajib untuk memberikan nilai manfaat yang lebih tinggi.

Setelah mendapatkan nilai A_x Selanjutnya, menghitung nilai tunai anuitas hidup ($\ddot{a}_x$). Nilai $\ddot{a}_x$ menentukan nilai sekarang dari pembayaran premi yang dilakukan selama tertanggung masih hidup dan merupakan bagian penting dari perhitungan premi bersih asuransi jiwa seumur hidup. Perhitungan menggunakan persamaan (2.27) untuk hasil perhitungan nilai $\ddot{a}_x$ berdasarkan usia masuk polis di tunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai $\ddot{a}_x$ berdasarkan usia masuk polis

Usia masuk polis	Perempuan	Laki-laki
20	26,823921	26,43043
40	23,970460	22,618944
60	18,672800	16,349008
80	10,556519	8,524489
100	3,342965	2,894419

Nilai anuitas hidup awal $\ddot{a}_x$ berdasarkan usia masuk polis perempuan dan laki-laki di Tabel 3 menunjukkan perkiraan total pembayaran premi yang dapat diterima perusahaan asuransi hingga tertanggung meninggal dunia. Nilai $\ddot{a}_x$ menunjukkan nilai sekarang dari pembayaran premi yang dilakukan selama tertanggung masih hidup, sehingga mencerminkan perkiraan total pembayaran premi yang dapat diterima perusahaan asuransi hingga tertanggung meninggal dunia. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai $\ddot{a}_x$ cenderung menurun seiring bertambahnya usia masuk polis karena sisa harapan hidup menjadi lebih pendek dan periode pembayaran premi semakin singkat. Sebagai contoh, nilai $\ddot{a}_{20}$ perempuan pada usia 20 tahun adalah 26,823921 untuk perempuan dan 26,43 untuk laki-laki, sedangkan nilai $\ddot{a}_{100}$ laki-laki turun menjadi 3,342965 untuk perempuan dan 2,894419 untuk laki-laki pada usia 100 tahun. Ini menunjukkan bahwa perempuan memiliki harapan hidup yang lebih lama, yang berarti periode pembayaran premi juga lebih lama. Pola perubahan nilai $\ddot{a}_x$ tersebut selanjutnya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik nilai tunai anuitas ($\ddot{a}_x$)

Gambar 3 menunjukkan Pada sisi lain, diagram batang untuk nilai tunai anuitas hidup awal ($\ddot{a}_x$) menunjukkan pola sebaliknya, di mana tinggi batang secara bertahap menurun seiring bertambahnya usia kelompok yang terdaftar dalam polis. Pada kelompok usia 20 tahun atau lebih muda, diagram batang vertikal menjulang paling tinggi, mencapai nilai sekitar 26 tahun, yang menunjukkan bahwa harapan hidup tertanggung masih panjang, sehingga periode pembayaran anuitas diperkirakan akan berlangsung lebih lama. Sebaliknya, karena meningkatnya risiko mortalitas yang memperpendek periode pembayaran, tinggi diagrambatang pada kelompok usia tua menyusut secara drastis hingga mencapai nilai sekitar 3 pada usia 100 tahun.

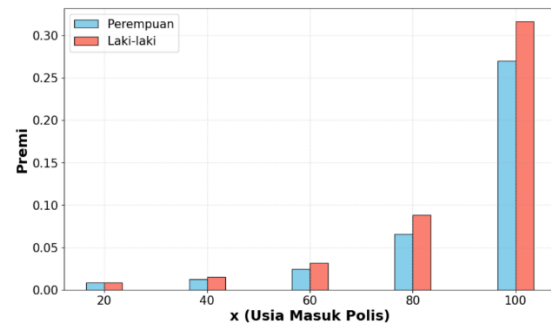
Dengan menggunakan prinsip ekuivalensi aktuarial, premi bersih asuransi jiwa seumur hidup dihitung berdasarkan nilai tunai manfaat aktuarial A_x dan nilai tunai anuitas hidup $\ddot{a}_x$. Tujuan dari perhitungan premi ini adalah untuk memastikan bahwa jumlah pembayaran premi yang harus dibayarkan tertanggung sebanding dengan manfaat asuransi yang akan diterima nilai premi di tunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Premi bersih tahunan berdasarkan usia masuk polis

Usia masuk polis	Perempuan	Laki-laki
20	0,008154	0,008709
40	0,012591	0,015084
60	0,024425	0,032039
80	0,065592	0,088181
100	0,269632	0,316182

Tabel 7 menunjukkan premi bersih tahunan, yang dihitung berdasarkan usia masuk polis perempuan dan laki-laki. Premi bersih tahunan adalah jumlah premi tahunan yang harus dibayarkan tertanggung untuk memperoleh manfaat asuransi jiwa, yang dihitung berdasarkan perbandingan antara nilai tunai manfaat asuransi A_x dan nilai tunai anuitas hidup awal $\ddot{a}_x$. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa premi meningkat seiring bertambahnya usia masuk polis, karena risiko yang ditanggung dengan perusahaan asuransi juga semakin besar. Sebagai contoh, pada usia 20 tahun, premi sebesar 0,008154 untuk perempuan dan 0,008709 untuk laki-laki, yang berarti bahwa tertanggung membayar sekitar 0,81% dan 0,87% dari nilai pertanggungan setiap tahun. Pada usia 100 tahun, premi meningkat menjadi 0,269632 untuk perempuan dan 0,316182 untuk laki-laki, yang berarti bahwa tertanggung membayar

sekitar 26,96% dan 31,62% dari nilai pertanggungan. Karena tingkat mortalitas laki-laki lebih tinggi, premi laki-laki cenderung lebih besar dibandingkan perempuan pada usia yang sama. Gambar 4 menunjukkan pola perubahan premi untuk kedua kelompok.



Gambar 4. Grafik premi asuransi

Gambar 4 menunjukkan bahwa Peningkatan nilai tunai manfaat dan penurunan anuitas ini berbanding lurus dengan diagram batang premi bersih tahunan, yang menunjukkan pertumbuhan eksponensial. Di dasar diagram, representasi visual premi pada usia muda (20 tahun) sangat kecil, hanya 0,008 (0,8% dari nilai pertanggungan). Namun, pada kelompok usia lanjut, struktur diagram batang premi ini sangat berkembang, terutama pada rentang usia 80 hingga 100 tahun. Di usia 100 tahun, diagram batang premi perempuan naik ke 0,27, sedangkan diagram batang premi laki-laki naik ke 0,32. Secara akademis, perbedaan ketinggian antar-batang di setiap klaster usia ini menunjukkan bahwa tingkat mortalitas laki-laki yang lebih tinggi mengimplikasikan perusahaan asuransi untuk menetapkan beban premi yang lebih besar untuk mengimbangi peningkatan risiko klaim tersebut.

Interpretasi Uang Pertanggungan dan Premi dalam satuan Moneter

Besaran aktuarial dasar adalah nilai A_x , $\ddot{a}_x$, dan P_x yang diperoleh, dengan menggunakan uang pertanggungan sebesar $S = \{Rp100.000.000\}$ untuk menginterpretasikan hasil penelitian secara lebih sesuai dengan industri asuransi jiwa. Oleh karena itu, nilai manfaat nominal SA_x dan premi tahunan nominal SP_x ditulis dalam satuan moneter. Dengan demikian, hasil perhitungan ditampilkan dalam satuan moneter di tunjukkan pada tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5. Interpretasi nilai tunai manfaat dan premi nominal perempuan dengan $S = 1.000.000.000$

Usia	A_x	SA_x (Rp)	P_x	SP_x (Rp)
20	0,218722	Rp 21.872.200	0,008154	Rp 815.400
40	0,301833	Rp 30.183.300	0,012591	Rp 1.259.100
60	0,456135	Rp 45.613.500	0,024425	Rp 2.442.500
80	0,692537	Rp 69.253.700	0,065592	Rp 6.559.200
100	0,902728	Rp 90.272.800	0,269632	Rp 26.963.200

Tabel 6. Interpretasi nilai tunai manfaat dan premi nominal (laki-laki) dengan $S = 1000.000.000$

Usia	A_x	SA_x (Rp)	P_x	SP_x (Rp)
20	0,230182	Rp 23.018.200	0,008709	Rp 870.900
40	0,341196	Rp 34.119.600	0,015084	Rp 1.508.400

60	0,523816	Rp 52.381.600	0,032039	Rp 3.203.900
80	0,751715	Rp 75.171.500	0,088181	Rp 8.818.100
100	0,915739	Rp 91.573.900	0,316182	Rp 31.618.200

Tabel 5 dan 6 menunjukkan interpretasi nilai tunai manfaat asuransi SA_x dan premi nominal tahunan SP_x dengan uang pertanggungan sebesar Rp100.000.000 untuk laki-laki dan perempuan. Nilai SA_x diperoleh dari hasil perkalian nilai tunai manfaat SA_x dengan uang pertanggungan, dan nilai SP_x diperoleh dari hasil perkalian premi bersih tahunan SP_x dengan uang pertanggungan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa karena risiko kematian meningkat seiring bertambahnya usia masuk polis, nilai tunai manfaat dan premi nominal meningkat. Sebagai contoh, pada perempuan berusia dua puluh tahun memperoleh nilai tunai manfaat sebesar Rp 21.872.200 dengan premi tahunan sebesar Rp 815.400, sedangkan nilai manfaat perempuan berusia seratus tahun meningkat menjadi sekitar Rp 90.272.800 dengan premi tahunan sebesar Rp 26.963.200. Selain itu, nilai manfaat dan premi nominal laki-laki cenderung lebih besar dibandingkan perempuan pada usia yang sama. Sebagai contoh, premi laki-laki pada usia 80 tahun sebesar Rp 8.818.100 per tahun, sedangkan premi perempuan sebesar Rp 6.559.200. Karena tingkat mortalitas laki-laki lebih tinggi, perusahaan asuransi harus mengambil risiko yang lebih besar.

4. KESIMPULAN

Model mortalitas Makeham yang dikonstruksi berdasarkan karakteristik Tabel Mortalitas Indonesia 2023 dinyatakan melalui fungsi intensitas Kematian $\mu(x) = A + Bc^x$ dengan nilai parameter untuk kelompok perempuan meliputi nilai A sebesar 0,0045962298, nilai B sebesar 0,0000016144, dan nilai c sebesar 1,12625447045, sedangkan nilai parameter untuk kelompok laki-laki meliputi nilai A sebesar 0,0034803362, nilai B sebesar 0,0000193667, dan nilai c sebesar 1,1018052414. Nilai tunai manfaat (Ax) meningkat seiring bertambahnya usia masuk polis, sedangkan nilai tunai anuitas ($\ddot{a}_x$) menurun seiring bertambahnya usia masuk karena masa pembayaran premi yang diharapkan lebih pendek. Perbedaan ini menunjukkan bahwa usia masuk polis memiliki pengaruh besar terhadap besarnya nilai tunai manfaat dan anuitas hidup. Ini penting untuk menetapkan premi yang adil. Karakteristik premi bersih tahunan P_x hasil perhitungan dalam penelitian ini terbukti mengalami kenaikan yang sangat signifikan seiring bertambahnya usia masuk polis tertanggung, di mana tren ini berjalan sejalan dengan prinsip ekuivalensi aktuaria. Pada simulasi uang pertanggungan sebesar Rp100.000.000, lonjakan nilai premi terbesar terjadi pada rentang usia masuk 80 hingga 100 tahun akibat tingginya laju mortalitas eksponensial. Selain itu, nominal premi bersih tahunan untuk kelompok laki-laki secara konsisten selalu lebih mahal dibandingkan kelompok perempuan pada setiap usia masuk polis yang sama karena pengaruh tingginya risiko

kematian populasi laki-laki di Indonesia.

5. REFERENSI

- A. Ramadhanty, W. E. (2023). ASURANSI JIWA LAST SURVIVOR MENGGUNAKAN HUKUM MORTALITAS BEARD-MAKEHAM 2 Asuransi Jiwa Last Survivor. *Mathematics Subject Classification.*, 1-11.
- Angelia Elvira Dira, N. S. (2022). METODE NON-LINEAR LEAST SQUARE PADA DISTRIBUSI MAKEHAM DALAM PENENTUAN NILAI PREMI ASURANSI JIWA DWIGUNA. *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, 759-766.
- Atikasari, A. S. (2023). Penerapan Hukum Mortalitas Makeham untuk Perhitungan Dana Tabarru' dengan Metode Cost of Insurance. *Journal of Mathematics & Information Technology*, 1-7.
- David C.M. Dicson, M. R. (2009). Actuarial Mathematics for Life Contingent Risks. In M. R. David C.M. Dicson, *Actuarial Mathematics for Life Contingent Risks* (pp. 1-617). CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS: Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York.
- Echa Anastasya Prionggo, M. N. (2022). Estimation of Prospective Benefit Reserve Based on Gross Premium Valuation Method using Indonesian Mortality Table IV and De-Moivre Assumptions. *ENTHUSIASTIC INTERNATIONAL JOURNAL OF STATISTICS AND DATA SCIENCE*, 56-67.
- Feng, X. H. (2008). Estimation of parameters of the Makeham distribution using the least squares method. *Mathematics and Computers in Simulation*, 34-44.
- Rizki Kurnia Siregar, A. F. (2024). ANALYSIS OF SHARIA LIFE INSURANCE CONTRIBUTION USING MAKEHAM 'S MORTALITY LAW WITH THE COST OF INSURANCE METHOD AT PT SUN LIFE MEDAN. *e-Jurnal Apresiasi Ekonomi*, 1-9.