

Calculation of Actuarial Values Using The Result of The 2019 Makeham Mortality Law Construction and The Cox Ingersoll Ros

(Perhitungan Nilai-Nilai Aktuarial Menggunakan Kontruksi Tabel Mortalita Makeham 2019 dan Model Cox Ingersoll Ross)

Suriani M¹, Muhammad Rifki Nisardi¹, Nursamsi², Hukmah¹, Sulma¹

¹ Universitas Muhammadiyah Bulukumba, Indonesia

² STAI Bayan Hidayatullah Makassar, Indonesia

*Correspondent Email: suriani@umbulukumba.ac.id

ABSTRACT

Premium is an amount of money that must be paid by the customer at a certain time based on the insurance policy. This study aims to determine the value of whole life insurance premiums using the Makeham mortality law method and the Cox Ingersoll Ross (CIR) model. The result of the study obtained the calculation of interest rates using the CIR model, the smaller the $r(t)$ value, the greater discount and the premium paid using the Makeham mortality law method was Rp. 102.478 < premium < Rp. 1.270.630/Mounth.

Keyword: Life_insurance, Makeham_mortality_law, CIR_model, Premium.

ABSTRAK

Premi adalah sejumlah uang yang harus dibayarkan oleh nasabah pada waktu tertentu berdasarkan polis asuransi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai premi asuransi seumur hidup dengan menggunakan metode hukum mortalitas Makeham dan model Cox Ingersoll Ross (CIR). Hasil penelitian diperoleh perhitungan suku bunga dengan menggunakan model CIR, semakin kecil nilai $r(t)$ maka discount semakin besar dan premi yang dibayarkan dengan metode hukum mortalitas Makeham sebesar Rp. 102.478 < Premi < Rp. 1.270.630/ bulan.

Kata kunci: Life_insurance, Makeham_mortality_law, CIR_model, Premi.

Article History:

Received, 14-04-2023; Revised, 30-04-2023; Accepted, 24-05-2023.

1. Pendahuluan

Pada tanggal 9 Mei 2022, Indonesia berada diperingkat 19 (Azizah et al., 2022; World Health Organization, 2022) dengan negara kasus Covid-2019 terbanyak di dunia, yaitu 2.345 terkonfirmasi positif yang tidak diinginkan seperti Covid-19 diantaranya meninggal dunia (*Data COVID-19 Indonesia*, n.d.). Terjadinya hal yang tidak diinginkan seperti covid-19 mengharuskan manusia untuk mengantisipasi risiko yang akan terjadi sejak dini dalam perencanaan dana darurat. Salah satu caranya dengan memiliki asuransi jiwa seumur hidup bagi para tulang punggung keluarga. Dengan adanya asuransi ini diharapkan dapat meringankan kebutuhan hidup sementara pada anggota keluarga lain yang ditinggalkan sebagai alih waris.

Tabel mortalitas merupakan gambaran mengenai banyaknya individu yang menunjukkan peluang meninggalnya seseorang yang nantinya akan berperan penting sebagai dasar perhitungan tingkat harapan hidup di masa mendatang dan digunakan untuk menentukan

jumlah premi pada asuransi jiwa. Pada TMI 2019 terdapat dua tabel, yakni untuk laki-laki dan perempuan. Hanya saja pada artikel ini akan mengacu pada TMI 2019 yang sudah direkonstruksi.

Pada UU Nomor 40 tahun 2014 dijelaskan mengenai perasuransian dimana asuransi merupakan perjanjian antara dua pihak, yaitu perusahaan asuransi dan pemegang polis. Perjanjian ini didasari oleh perusahaan asuransi yang menerima premi sebagai imbalan untuk memberikan penggantian kepada pemegang polis. Penggantian ini mengakibatkan kerugian, kerusakan, biaya yang timbul, kehilangan keuntungan atau tanggung jawab hukum kepada pihak ketiga yang mungkin diderita pemegang polis karena terjadinya suatu peristiwa yang tidak pasti atau memberikan pembayaran yang didasarkan pada meninggalnya tertanggung atau pembayaran yang didasarkan pada hidupnya tertanggung dengan manfaat yang besarnya telah ditetapkan atau didasarkan pada hasil pengelolaan dana.

Asuransi jiwa seumur hidup adalah suatu asuransi yang menjamin bahwa ahli waris nasabah akan menerima sejumlah uang kapanpun nasabah meninggal sedangkan besar premi tidak berubah (Bowers *et al.*, 1997). Asuransi jiwa seumur hidup menyediakan pembayaran setelah kematian tertanggung setiap saat dimasa depan. Sejumlah uang yang wajib dibayarkan selama masa waktu tertentu berdasarkan polis oleh nasabah disebut premi asuransi (Kasse *et al.*, 2019). Tipe asuransi, jangka waktu, usia, jenis kelamin, jumlah pertanggungan dan kondisi kesehatan merupakan faktor yang mengakibatkan perbedaan nilai premi asuransi.

Metode Makeham yaitu hukum mortalita pada aktuaria yang tidak hanya memperhitungkan kematian karena faktor usia saja tetapi karena faktor lainnya seperti kecelakaan dll. Perhitungan premi membutuhkan tingkat suku bunga, biasanya tingkat suku bunga yang digunakan adalah tingkat suku bunga konstan padahal pembayaran premi adalah pembayaran jangka Panjang yang mana tingkat suku bunga akan mengalami perubahan karena berbagai faktor dan perubahannya tidak dapat diprediksi. Penyelesaian model tingkat suku bunga biasanya dilakukan dengan menggunakan model Cox Ingersol Ross (CIR) yang merupakan model short rate yang bebas risiko (Jannah *et al.*, 2020).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Suryani, 2019), tingkat suku bunga sangat berpengaruh pada penentuan harga sekuritas. Salah satunya pada penentuan harga *bon* yang nilainya bergantung pada tingkat suku bunga yang berlaku saat itu. Jenis *bon* yang dibahas peneliti adalah zero coupon *bond*. *Bond* jenis ini tidak membagikan kupon atau bunga pada setiap periode. Jadi penerbit *bond* membayarkan pokok hutang dan bunga pada saat jatuh tempo. Pada kenyataannya, tingkat suku bunga bersifat stokastik. Sehingga diperlukan model suku bunga stokastik yang bisa mewakili kondisi ril tingkat suku bunga pasar. Peneliti menggunakan model suku bunga *Cox Ingersol Ross CIR*) untuk menentukan harga *bond* diperlukan nilai parameter dari model suku bunga CIR. Sehingga perlu dilakukan estimasi parameter. Nilai parameter didapatkan menggunakan metode *Ordinary leas square* (OLS). Hasil estimasi tersebut digunakan sebagai input pada metode *Kalman filter* untuk mengestimasi tingkat suku bunga harian yang mengikuti suku bunga model CIR. Peneliti memperoleh nilai parameter dan tingkat suku bunga harian hasil estimasi yang akan digunakan untuk menentukan harga zero coupon *bond*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Suryani, 2019) kehidupan manusia akan selalu dikelilingi oleh berbagai hal yang mungkin saja dapat mengancam keamanan dan keselamatan atau mungkin juga dapat menyebabkan kerugian finansial. Mengatasi kerugian-kerugian

tersebut ialah dengan mengalihkan kerugian-kerugian finansial tersebut kepada pihak yang lain dengan memunculkan adanya asuransi. Perusahaan asuransi membebaskan sejumlah premi yang harus dibayar tertanggung. Menentukan besarnya premi yang dibayar digunakan beberapa asumsi diantaranya dengan menggunakan hukum *De Moivre*. Hukum *De Moivre* merupakan hukum mortalita yang menentukan percepatan mortalita yang diperoleh dari distribusi seragam. Besarnya premi tahunan asuransi jiwa seumur hidup bergantung pada umur peserta asuransi tersebut, tingkat bunga dan besarnya uang pertanggungan. Semakin tinggi umur peserta ketika memulai asuransi, maka akan semakin besar premi yang harus dibayarkan. Berdasarkan penerapannya pada data yang diperoleh besarnya premi tahunan peserta asuransi jiwa seumur hidup dengan hukum *De Moivre* lebih kecil daripada besarnya premi tahunan yang terdapat pada data.

Penelitian yang dilakukan oleh (Evinda *et al.*, 2019) perhitungan nilai tunai manfaat memerlukan tingkat suku bunga. Tingkat suku bunga yang biasa digunakan adalah tingkat suku bunga konstan. Namun, pembayaran nilai tunai manfaat adalah pembayaran jangka panjang dengan perubahan tingkat suku bunga yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti inflasi. Untuk itu digunakan tingkat suku bunga stokastik yang mengikuti model Vasicek dan Cox Ingersol Ross (CIR). Perhitungan nilai tunai manfaat juga memerlukan tabel mortalita dan pendekatan hukum mortalita. Pendekatan dengan hukum mortalita digunakan karena hasil dari pendekatan tersebut berbentuk kontinu, sehingga praktis dalam penggunaannya. Salah satu hukum mortalita yang terkenal adalah hukum mortalita Makeham. Selain itu, peneliti menggunakan nilai parameter pada tingkat suku bunga vasicek dan CIR serta usia nasabah saat penandatanganan kontrak asuransi juga mempengaruhi hasil perhitungan nilai tunai manfaat.

Penelitian yang dilakukan oleh (Jannah *et al.*, 2020) asuransi jiwa gabungan adalah asuransi jiwa dengan jumlah lebih dari satu orang dimana manfaatnya dibayarkan ketika salah satu tertanggung meninggal dunia. Kemungkinan perusahaan asuransi akan mengalami kerugian apabila klaim yang terjadi lebih dari yang diperkirakan, sehingga diperlukan perhitungan cadangan premi. Peneliti menghitung cadangan dengan menggunakan metode Fackler berdasarkan Tabel Mortalitas Indonesia (TMI) 2011 dan Tabel Mortalitas asumsi makeham. Tabel mortalitas Indonesia 2011 dianalisis untuk estimasi parameter yang terdapat pada tabel mortalitas asumsi makeham. Kemudian perhitungan dan cadangan premi dilakukan dengan metode Fackler berdasarkan Tabel Mortalitas asumsi Makeham dan perbandingannya menggunakan tabel mortalitas 2011. Hasil perhitungan premi berdasarkan tabel mortalitas asumsi makeham lebih besar menggunakan Tabel Mortalitas Indonesia 2011, sedangkan hasil cadangan premi lebih besar menggunakan Tabel Mortalitas Indonesia 2011 dari pada menggunakan tabel mortalitas asumsi makeham. Hal ini dikarenakan peluang bertahan hidup berdasarkan Tabel Mortalitas asumsi Makeham lebih kecil dibandingkan tabel mortalitas 2011.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Silalahi & Budiarti, 2022) tahun 2022, premi adalah sejumlah uang yang dibayarkan polis asuransi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai asuransi jiwa berjangka single life menggunakan model suku bunga *Cox Ingersoll Ross* (CIR). Peneliti memperoleh bahwa terdapat perbedaan nilai premi laki-laki dan perempuan dari hasil perhitungan premi asuransi jiwa berjangka single life menggunakan model suku bunga CIR. Nilai premi yang dibayarkan laki-laki lebih mahal dibandingkan nilai

premi yang dibayarkan perempuan. Nilai premi laki-laki lebih besar 1,5 kali nilai premi perempuan.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Silalahi & Budiarti, 2022) pada tahun 2022, tabel mortalitas merupakan gambaran mengenai kehidupan seseorang individu dengan banyaknya individu yang bersifat hipotesis dan jumlahnya berangsur angsur berkurang disebabkan kematian. Tabel mortalitas dikonstruksikan secara matematis untuk memberikan deskripsi secara lengkap mengenai angka kematian dan harapan hidup serta menunjukkan pola kematian dari sekelompok orang yang dilahirkan pada waktu yang sama berdasarkan usia yang telah dicapainya. Tujuan peneliti adalah untuk mengetahui cara mengonstruksikan tabel mortalitas dengan mengacu pada tabel mortalitas Indonesia 2019 untuk laki-laki dengan menggunakan hukum mortalitas Makeham diperoleh dengan pendekatan *Uniformly distribution of death* (UDD). Hasil kontruksi peluang meninggal pada Tabel Mortalita 2019 untuk laki-laki dengan menggunakan hukum mortalitas Makeham cenderung lebih rendah apabila dibandingkan dengan peluang meninggal pada Tabel Mortalitas Indonesia 2019 untuk Laki-laki pada hasil kontruksi dengan hukum mortalitas Makeham, peluang meninggal terendah terjadi pada umur 0 tahun yaitu 0,001104978, sedangkan peluang meninggal tertinggi terjadi pada umur 111 tahun yaitu sebesar 1.

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah pada artikel ini adalah bagaimana cara menghitung premi menggunakan hukum mortalita Makeham dan model Cox Ingersoll Ross (CIR) dengan mengacu pada Tabel Mortalita Indonesia 2019 untuk laki-laki yang telah direkonstruksi. Adapun tujuan dari penulisan artikel ini adalah memperoleh besar premi menggunakan hukum mortalita Makeham dan Model Cox Ingersoll Ross (CIR) pada asuransi jiwa seumur hidup.

2. Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data simulasi. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan software Microsoft Excel. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah menentukan tingkat bunga berdasarkan model Cox Ingersoll Ross (CIR). Selanjutnya, menentukan estimasi parameter dari hukum mortalita Makeham yang akan digunakan dalam pembentukan tabel mortalita asumsi Makeham. Membuat tabel mortalita asumsi Makeham dan menghitung *Actuarial Present Value* (APV) dan anuitas berdasarkan tabel mortalita Makeham dan tabel Mortalita Indonesia (TMI) 2019 serta menentukan besar santunan.

3. Hasil dan Pembahasan

Rata-Rata Suku Bunga $r(t)$

Suku bunga bulanan Bank Indonesia dari bulan Januari 2017 sampai bulan Desember 2021 (BI, 2020) dan tabel Mortalitas Indonesia 2019 merupakan data yang digunakan. Model CIR dipakai untuk menghitung rata-rata suku bunga $r(t)$. Parameter c , θ , dan σ terlebih dahulu ditentukan berdasarkan data suku bunga bulanan Bank Indonesia dari bulan Januari 2016 sampai bulan Januari 2021. Kemudian dihitung nilai suku bunga $r(t)$ CIR.

$$c = \frac{n^2 - 2n + 1 + \sum_{t=1}^{n-1} r_{t+1} \sum_{t=1}^{n-1} \frac{1}{r_t} - \sum_{t=1}^{n-1} r_t \sum_{t=1}^{n-1} \frac{1}{r_t} - (n-1) \sum_{t=1}^{n-1} \frac{r_{t+1}}{r_t}}{(n^2 - 2n + 1 + \sum_{t=1}^{n-1} r_{t+1} \sum_{t=1}^{n-1} \frac{1}{r_t}) \Delta t} \tag{1}$$

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{r_{t+1} - r_t}{\sqrt{r_t}} - \frac{\theta}{\sqrt{r_t}} + c \sqrt{r_t} \right)^2} \tag{3}$$

$$dr(t) = c(\theta - r(t))dt + \sigma \sqrt{r(t)} dW(t) \tag{4}$$

Dimana :

- c : Kelajuan r menuju level θ
- θ : Level rata-rata (*reversion level*)
- σ : Suku difusi (simpangan baku sesaat dari r)

Dari hasil perhitungan didapat nilai estimasi parameter $c = 0,99014802$, $\theta = 0,04609959$ dan $\sigma = 0,21025995$. Nilai ini diperoleh berdasarkan data observasi rata-rata tingkat suku bunga bulanan Bank Indonesia (*BI rate*) pada bulan Januari 2017 sampai Desember 2021. selanjutnya, hasil estimasi parameter digunakan pada perhitungan nilai suku bunga CIR.

Suku Bunga CIR

Besar suku bunga CIR ditentukan dari hasil estimasi parameter yang diperoleh, yaitu sebagai berikut :

$$r(t + 1) = e^{-c\Delta t} r(t) + \theta(1 - e^{-c\Delta t}) + \int_t^{t+1} \sigma e^{c(t+1-u)} \sqrt{r(u)} dW(u) \tag{5}$$

Selanjutnya nilai suku bunga CIR yang dihasilkan disubsitusi untuk mendapatkan fungsi diskonto (v_{CIR}) ke persamaan berikut :

$$v_{CIR} = \frac{1}{(1+r(t)_{CIR})} \tag{6}$$

Tabel 1. Nilai suku bunga dan fungsi diskonto CIR

T	$r(t)_{CIR}$	v_{CIR}
1	0,07570651	0,92962159
2	0,08651283	0,92037570
3	0,09052761	0,91698733
4	0,09201919	0,91573483
5	0,09257334	0,91527036
6	0,09277922	0,91509793
7	0,09285571	0,91503388
⋮	⋮	⋮
60	0,08170328	0,92446794

Berdasarkan tabel 2, nilai suku bunga dan nilai fungsi diskonto memiliki perbandingan terbalik. Suku bunga yang besar mengakibatkan fungsi diskonto semakin kecil. Suku bunga terkecil adalah 0,07570651 menghasilkan fungsi diskonto terbesar yaitu 0,92962159 begitu juga sebaliknya.

Nilai Premi Asuransi Jiwa Seumur Hidup Menggunakan Hukum Mortalita Makeham dan Model CIR

Pada tahun 1860, seorang ahli matematika asal Inggris Bernama William Matthew Makeham mengemukakan sebuah teori yang pada kemudian hari dinamakan makeham. Hukum Makeham ini memodifikasi model hukum Gompertz dengan menambahkan sebuah konstanta positif yang mencakup penyebab kematian yang tidak hanya bergantung pada factor usia. Pada hukum Makeham, terdapat tiga konstanta positif yaitu A , B dan c . konstanta A adalah konstanta positif penyebab kematian yang tidak hanya bergantung pada factor usia saja, tetapi karena faktor lain misalnya kecelakaan dan bencana alam, konstanta B mewakili penyebab kematian secara umum, dan konstanta c adalah pertumbuhan tingkat kematian spesifik.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah peluang kematian pada TMI 2019 yang dikeluarkan Persatuan Aktuaris Indonesia (PAI) dan telah dilakukan rekonstruksi. pada data tersebut disediakan peluang kematian berturut-turut untuk jenis kelamin laki-laki dan perempuan, mulai dari usia 0 sampai 111 tahun. Data disediakan pada tabel 1. Namun, pada penelitian ini hanya akan dikerjakan untuk jenis kelamin laki-laki.

Tabel 2. Tabel Mortalitas Makeham untuk Laki-Laki Berdasarkan TMI Laki-Laki

x	q_x	x	q_x	x	q_x
1	0,001104978	38	0,002976654	75	0,034790343
2	0,001113438	39	0,003135069	76	0,037450616
3	0,001122576	40	0,003306162	77	0,040316027
4	0,001132447	41	0,003490944	78	0,043401686
5	0,00114311	42	0,003690509	79	0,046723694
6	0,001154627	43	0,003906037	80	0,050299194
7	0,001167069	44	0,004138799	81	0,054146414
8	0,001180508	45	0,004390169	82	0,058284705
9	0,001195025	46	0,00466163	83	0,062734581
10	0,001210706	47	0,004954781	84	0,067517754
11	0,001227645	48	0,005271349	85	0,072657155
12	0,001245941	49	0,005613194	86	0,078176959
13	0,001265705	50	0,005982327	87	0,084102589
14	0,001287054	51	0,006380913	88	0,090460715

15	0,001310115	52	0,006811289	89	0,097279235
16	0,001335025	53	0,007275976	90	0,104587239
17	0,001361932	54	0,00777769	91	0,11241495
18	0,001390996	55	0,008319362	92	0,120793644
19	0,001422391	56	0,008904147	93	0,129755537
20	0,001456302	57	0,00953545	94	0,139333643
21	0,001492933	58	0,010216937	95	0,149561587
22	0,001532499	59	0,010952557	96	0,160473381
23	0,001575238	60	0,011746567	97	0,172103144
24	0,001621403	61	0,012603547	98	0,184484773
25	0,001671268	62	0,013528428	99	0,197651549
26	0,001725129	63	0,01452652	100	0,211635671
27	0,001783308	64	0,015603532	101	0,226467728
28	0,00184615	65	0,016765608	102	0,242176082
29	0,001914027	66	0,01801935	103	0,258786174
30	0,001987343	67	0,019371857	104	0,27631974
31	0,002066534	68	0,020830753	105	0,294793947
32	0,00215207	69	0,022404226	106	0,314220434
33	0,002244458	70	0,024101065	107	0,334604281
34	0,002344247	71	0,025930695	108	0,355942902
35	0,002452028	72	0,027903224	109	0,378224881
36	0,002568442	73	0,030029b478	110	0,401428771
37	0,002694177	74	0,03232105	111	0,425521876

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Azizah (2022) menggunakan estimasi parameter kuadrat terkecil (OLS) diperoleh konstanta-konstanta pada hukum mortalitas Makeham yaitu $A = 0,001$; $B = 0,000101568$; $c = 1,080208376$. Nilai premi asuransi jiwa seumur hidup menggunakan hukum mortalita Makeham dan model CIR (Cox Ingersoll Ross) [9] diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$P_{CIR} = \frac{\sum_{k=0}^{\omega-x} v_{CIR}^{k+1} \exp\left(-A - \frac{Bc^x}{\ln c}(c-1)\right)(A+Bc^x)}{\sum_{k=0}^{\omega-x} v_{CIR}^k \exp\left(-A - \frac{Bc^x}{\ln c}(c-1)\right)} \quad (7)$$

Hasil perhitungan premi menggunakan hukum mortalita Makeham dan model CIR disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Premi menggunakan hukum mortalita Makeham dan model CIR

x	Asuransi CIR dan Makeham	annuitas CIR dan Makeham	Premi CIR dan Makeham
1	0,000867117	0,846148236	102478
2	0,000792832	0,770197673	102939
3	0,000728408	0,702403763	103702
4	0,000671255	0,641579195	104625
5	0,000619745	0,586548183	105660
6	0,00057291	0,53647943	106791
7	0,000539674	0,49862767	108232
⋮	⋮	⋮	⋮
60	8,99778E-05	0,008886453	1270630

Berdasarkan perhitungan Tabel 3 diperoleh nilai premi asuransi jiwa seumur hidup menggunakan hukum mortalita Makeham dan model CIR. Pada penelitian ini diasumsikan usia tertanggung 1 tahun sampai 60 tahun dengan manfaat yang diterima Rp. 100.000.000,- dengan pembayaran premi sebesar Rp. 102.478,- sampai dengan Rp. 1.270.630,-. Semakin tinggi usia seseorang saat mengikuti asuransi atau kontrak maka semakin besar pembayaran premi yang akan dibayarkan karena risiko usia seseorang semakin meningkat.

4. Kesimpulan

Model CIR dan metode hukum mortalita makeham dapat diterapkan dalam penentuan suku bunga pada perhitungan nilai premi asuransi jiwa seumur hidup. Nilai premi asuransi jiwa seumur hidup dengan model suku bunga CIR dan menggunakan hukum mortalita makeham dalam penelitian ini diasumsikan usia 1 tahun sampai 60 tahun dengan manfaat sebesar Rp. 100.000.000,- adalah sebesar Rp102.478,- per bulan sampai dengan Rp. 1.270.630,- per bulan. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan rekonstruksi TMI 2019 untuk perempuan dan asuransi jiwa berjangka.

5. Daftar Pustaka

- Azizah, A., Ratnasari, E. D., Mukhtar, A. S., Falah, E. N., & Prabowo, A. (2022). Konstruksi Tabel Mortalitas untuk Laki-Laki Menggunakan Hukum Makeham dengan Mengacu pada TMI 2019. *Perwira Journal of Science & Engineering*, 2(2), 37-42.
- Bowers, N., Gerber, H., Hickman, J., Jones, D., & Nesbitt, C. (1997). *Actuarial Mathematics*. The Society of Actuaries.
- Data COVID-19 Indonesia. (n.d.). Retrieved November 1, 2022, from <http://covid19.go.id/peta-sebaran>

- Evinda, H., Narwen, N., & Devianto, D. (2019). Penerapan Hukum Mortalita Makeham Untuk Perhitungan Nilai Tunai Manfaat Dengan Tingkat Suku Bunga Vasicek Dan Cir. *Jurnal Matematika UNAND*, 7(3), 74. <https://doi.org/10.25077/jmu.7.3.74-82.2018>
- Jannah, M., Supriatna, A., & Riaman, R. (2020). Penerapan Hukum Mortalita Makeham Untuk Penentuan Nilai Cadangan Premi Asuransi Joint Life Dengan Metode Fackler. *E-Jurnal Matematika*, 9(3), 182. <https://doi.org/10.24843/MTK.2020.v09.i03.p297>
- Kasse, I., Didiharyono, D., & Maulidina, M. (2019). Metode Markov Chain untuk Menghitung Premi Asuransi pada Pasien Penderita Penyakit Demam Berdarah Dengue. *Al-Khwarizmi: Jurnal Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 7(2), 151-160.
- Silalahi, R. B., & Budiarti, R. (2022). Nilai Premi Asuransi Jiwa Berjangka Single Life Model Cox-Ingersoll-Ross (CIR). 4(1).
- Suryani, I. (2019). *Penggunaan Hukum De Moivre Untuk Menghitung Premi Tahunan Asuransi Jiwa Seumur Hidup*.
- World Health Organization. (2022, November 1). *WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard*. <http://covid19.who.int/table>.