

Proyeksi Tingkat Kematian di Indonesia Menggunakan Metode *Holt-Winters Smoothing Exponential* dan *Moving Average*

Ulil Azmi^{1*}, R. Mohamad Atok², Wawan Hafid Syaifudin³, Galuh Oktavia Siswono⁴,
Imam Safawi Ahmad⁵, Nuri Wahyuningsih⁶

^{1,2,3,4,5,6}Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya; Kampus ITS, Sukolilo, Jl. Raya ITS, Keputih,
Surabaya 60117

^{1,2,3,4,5,6}Departemen Aktuaria ITS Surabaya Indonesia

e-mail: ¹ulilazmi0211@gmail.com

Diajukan: 9 Desember 2020, Diperbaiki: 10 Januari 2023, Diterima: 2 Maret 2023

Abstrak

Prediksi yang tidak akurat akan menyebabkan perusahaan asuransi mengalami kerugian yang sangat besar dan dapat menyebabkan premi yang mahal di mana konsumen berpenghasilan rendah tidak mampu mengasuransikan diri mereka sendiri. Kemampuan meramalkan angka kematian secara akurat memungkinkan perusahaan asuransi mengambil langkah-langkah preventif untuk memperkenalkan polis baru dengan harga yang wajar. Diharapkan dengan melakukan proyeksi mortalitas, kerugian yang disebabkan oleh resiko umur panjang (longevity risk) pada industri asuransi jiwa dapat diminimalisir. Pada penelitian ini digunakan data sekunder yang diperoleh dari website *World Health Organization* (WHO) pada kategori *Mortality and Global Health Estimates* dengan sub topik *Life Table by Country Indonesia*. Dalam makalah ini, beberapa model digunakan untuk meramalkan angka kematian dalam studi kasus populasi di Indonesia, yaitu metode peramalan *Moving Average* dan *Exponential Smoothing*. Hasil yang diperoleh adalah metode terbaik untuk melakukan prediksi tingkat kematian adalah dengan menggunakan metode *Exponential Smoothing*. Dengan nilai MAPE *Exponential Smoothing* lebih kecil dibandingkan nilai MAPE pada *Moving Average*. Hasil dari proyeksi mortalitas ini nantinya akan digunakan untuk mendapatkan distribusi ekspektasi hidup dan harga premi dari anuitas jiwa.

Kata Kunci: Anuitas jiwa, Mortalitas, *Moving Average*, *Exponential Smoothing*, MAPE

Abstract

Inaccurate predictions would cause the insurance companies to incur huge losses and may lead to expensive premiums for which low-income consumers are unable to insure themselves. The ability to predict mortality rates accurately allows the insurance companies to take preventive steps to introduce new policies with reasonable prices. It is hoped that by carrying out mortality projections, losses caused by longevity risk in the life insurance industry would be minimized. This study used secondary data obtained from the World Health Organization (WHO) website in the Mortality and Global Health Estimates category with the sub-topic Life Table by Country Indonesia. In this paper, several models are used to predict the mortality rate in a case study population in Indonesia, namely the Moving Average and Exponential Smoothing forecasting methods. The results obtained are the best method for predicting mortality rates is by using the Exponential Smoothing method with the MAPE value of Exponential Smoothing is smaller than the MAPE value on the Moving Average. The results of this mortality projection will later be used to obtain the distribution of life expectations and the premium price of life annuities.

Keywords: life annuities, Mortality, *Moving Average*, *Exponential Smoothing*, MAPE

1 Pendahuluan

Pada perkembangan ilmu aktuarial, khususnya pada asuransi jiwa, mortalitas dan resiko umur panjang (*longevity risk*) mengambil peran penting dalam perhitungan premi dan *reserving*. Ketidakakuratan dalam perhitungan premi dapat menyebabkan produk menjadi *overpriced* ataupun *underpriced*, selain itu, perusahaan juga akan mengalami kesulitan memasarkan produk. Selanjutnya, *reserving* juga mengambil peran penting pada perusahaan. Kesalahan dalam *reserving* dapat menyebabkan perusahaan gagal memenuhi kewajiban membayarkan *benefit* kepada pemegang polis. Berdasarkan hal itu, penelitian mengenai mortalitas dan tabel mortalitas dilakukan oleh para peneliti secara kontinu.

Pada tahun 2019, Asosiasi Asuransi Jiwa Indonesia (AAJI) bekerja sama dengan beberapa pihak, yakni Otoritas Jasa Keuangan (OJK), Persatuan Aktuaris Indonesia (PAI), Indonesia Re, dan Readi Project telah merilis Tabel Mortalitas Indonesia IV (TMIV) [AAJI,2019]. TMIV adalah tabel mortalitas yang berisi peluang kematian dari individu berusia 0-110 tahun. TMIV diharapkan dapat merepresentasikan lebih baik peluang mortalitas masyarakat Indonesia dari pada Tabel Mortalitas yang dirilis pada tahun 2011. Namun, menurut Brouhns, Denuit, dan Vermunt (2002), table mortalitas saja masih belum cukup untuk mendapatkan harga premi yang tepat untuk perusahaan asuransi [1]. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa dengan adanya kemungkinan terjadinya penurunan probabilitas kematian tahunan pada usia dewasa dan orang tua yang dapat terjadi di masa depan. Adanya perubahan pada probabilitas kematian akan mempengaruhi pengambilan keputusan oleh perusahaan asuransi jiwa dalam menentukan harga premi maupun *reserving* yang harus dilakukan oleh perusahaan. Jika terjadi kesalahan dalam perhitungan, maka perusahaan akan dapat mengalami kerugian dan mungkin juga mengalami kebangkrutan. Salah satu penyelesaian yang ditawarkan adalah dengan melakukan proyeksi mortalitas yang ada di Indonesia.

Proyeksi adalah ekstensi sejauh mungkin dari tren masa sekarang sehingga dapat digunakan sebagai mortalitas secara statistik. Diharapkan dengan melakukan proyeksi mortalitas, kerugian yang disebabkan oleh resiko umur panjang (*longevity risk*) pada industri asuransi jiwa dapat diminimalisir. *Longevity risk* adalah salah satu resiko utama yang selalu dihadapi oleh perusahaan asuransi jiwa, khususnya untuk produk anuitas jiwa. Hal ini terjadi karena jika pemegang polis anuitas jiwa berumur panjang, maka perusahaan harus membayarkan anuitas dengan periode yang lebih lama.

Pada perkembangan ilmu aktuarial, khususnya pada asuransi jiwa, mortalitas mengambil peran penting dalam perhitungan premi dan *reserving*. Peneliti mengenai mortalitas dan tabel mortalitas telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Benjamin dan Soliman (1993), dan

McDonald (1997, 1998) melakukan penelitian mengenai mortalitas dan mengungkapkan bahwa adanya penurunan probabilitas kematian tahunan pada usia dewasa dan orang tua. Perubahan ini yang menyebabkan perlu adanya penelitian kontinu mengenai mortalitas maupun tabel mortalitas [2]–[4]. Oliveri (2001) juga menekankan bahwa adanya ketidakpastian pada proyeksi tabel mortalitas akan mempengaruhi penentuan harga dan reserving untuk anuitas jiwa [5]. Peneliti lainnya, Jansen (2018) mengemukakan bahwa peramalan mortalitas adalah hal yang penting dalam memprediksi ekstensi masa depan dari menuanya populasi, menentukan premi dari asuransi, dan membantu pemerintah untuk membuat rencana dalam perubahan kebutuhan masyarakat untuk perawatan kesehatan dan layanan lainnya [6]. Studi mengenai peramalan tingkat mortalitas telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti [7] melakukan studi peramalan tingkat mortalitas di Jepang menggunakan *Functional Time Series*, [8] dan [9] menggunakan metode Lee Carter. Metode peramalan sederhana seperti ARIMA Box-Jenkins dilakukan oleh [10] dan metode *Single Exponential Smoothing* [11]. Metode *Exponential Smoothing* dan *Moving Average* merupakan metode yang cukup banyak digunakan dalam peramalan [12]–[14].

Berdasarkan hal itu, maka pada penelitian ini akan dilakukan proyeksi mortalitas dengan data dari *World Health Organization* (WHO), yaitu data q_{x+n} – *probability of dying between ages x and $x+n$* untuk periode tahun 2000 – 2016 dengan menggunakan metode Holt-Winters Smoothing Exponential dan Moving Average. Sehingga probabilitas dari kematian dapat digambarkan dengan lebih baik dan semakin mendekati data statistik yang ada di masa depan sehingga umur panjang (*longevity*) dapat terdata dengan baik pada perhitungan premi anuitas jiwa.

2 Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data peluang kematian penduduk di Indonesia. Data tersebut merupakan data sekunder yang diperoleh dari website dari *World Health Organization* (WHO). Data q_{x+n} – *probability of dying between ages x and $x+n$* tersebut merupakan data deret waktu dari tahun 2000 hingga 2016. Data ini memuat tingkat kematian untuk kategori usia 0 tahun sampai > 85 tahun, pada masing-masing Gender Laki-laki dan Perempuan. Penelitian ini hanya difokuskan pada kategori usia Remaja, yaitu usia 15-17 tahun; kategori usia Dewasa 30-34 tahun dan usia Lanjut, yaitu 75-79 tahun untuk pada masing-masing Gender Laki-laki dan Perempuan.

2.1 Notasi Aktuaria

Pada penelitian ini akan dianalisa perubahan pada mortalitas sebagai suatu fungsi dari usia x dan waktu t . Meskipun secara teoritis usia dan waktu bebas bervariasi, pada penelitian ini, digunakan nilai x dan t integer.

Didefinisikan distribusi dari usia hidup sebagai berikut:

$$F_x(t) = \mathbb{P}(T_x \leq t) \quad (1)$$

dengan $F_x(t)$ adalah probabilitas dari seorang individu (x) yang tidak bisa bertahan hidup lebih dari umur $x + t$ tahun. T_x adalah variabel acak kontinu yang mendefinisikan usia hidup seseorang di masa depan. Sedangkan fungsi survival dinyatakan sebagai $S_x(t) = 1 - F_x(t)$ [15].

Berikut ini adalah beberapa notasi aktuaria yang digunakan pada penelitian ini:

- $q_x(t)$: Peluang bahwa (x) meninggal dalam satu tahun pada tahun t
- $p_x(t)$: Peluang bahwa (x) dapat bertahan hidup dalam satu tahun pada tahun t
- D_{xt} : Banyaknya kematian yang tercatat pada (x) pada saat tahun t
- ETR_{xt} : *Exposure to Risk* yakni jumlah (x) yang akan terkena resiko pada tahun t
- $\mu_x(t)$: *force of mortality* dari (x) pada tahun kalender t

Perhitungan TMIV, perhitungan eksposur untuk (x) dihitung dengan menggunakan formulasi

$$ETR_x = l_x - \sum_{i=1}^M (1 - t_i) \quad (2)$$

dengan:

l_x adalah jumlah tertanggung yang hidup pada usia x

M adalah jumlah tertanggung hidup yang keluar dari periode tahun pengamatan (*withdrawal/surrender*)

t_i adalah waktu keluar dari pengamatan untuk tertanggung hidup ke- i

Diasumsikan bahwa setiap kontribusi untuk eksposur adalah satu pada tahun kematian. Hal ini didasarkan pada pembayaran benefit dilakukan pada akhir tahun. Selanjutnya, kemungkinan kematian di dalam periode pengamatan, menggunakan rasio jumlah kematian (d_x) terhadap jumlah eksposur (ETR_x) yang dapat dinyatakan sebagai

$$q_x = \frac{d_x}{ETR_x} \quad (3)$$

Pada penelitian ini diasumsikan bahwa rate mortalitas dari usia khusus adalah konstan untuk tahun dan usia yang sama, namun memperbolehkan adanya perubahan antara satu kelompok dengan kelompok usia yang lain. Lebih jelasnya, hal itu dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\mu_{x+\xi}(t + \tau) = \mu_x(t) \text{ untuk setiap } \xi \geq 0; \tau < 1 \quad (4)$$

2.2 Moving Average

Rata-rata bergerak (Moving Average) adalah suatu metode peramalan yang dilakukan dengan mengambil sekelompok nilai pengamatan, mencari nilai rata-rata tersebut sebagai ramalan untuk periode yang akan datang [16].

Metode Moving Average mempunyai karakteristik khusus yaitu ;

- untuk menentukan ramalan pada periode yang akan datang memerlukan data historis selama jangka waktu tertentu. Misalnya, dengan 3 bulan moving average, maka ramalan bulan ke 5 baru dibuat setelah bulan ke 4 selesai/berakhir. Jika bulan moving averages bulan ke 7 baru bisa dibuat setelah bulan ke 6 berakhir.
- Semakin panjang jangka waktu moving average, efek pelicinan semakin terlihat dalam ramalan atau menghasilkan moving average yang semakin halus.

Persamaan matematis single moving averages adalah sebagai berikut:

$$Mt = F_{t+1} \quad (5)$$

$$Mt = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + \dots + Y_{t-n+1}}{n}$$

Keterangan :

Mt adalah Moving average untuk periode t

F_{t+1} adalah Ramalan untuk periode $t+1$

Y_t Adalah Nilai Riil periode ke t

n adalah Jumlah batas dalam moving average

2.3 Exponential Smoothing

Metode ini digunakan untuk peramalan jangka pendek. Model mengasumsikan bahwa data berfluktuasi di sekitar nilai mean yang tetap, tanpa trend atau pola pertumbuhan konsisten. Tidak seperti Moving Average, Exponential Smoothing memberikan penekanan yang lebih besar kepada time series saat ini melalui penggunaan sebuah konstanta smoothing (penghalus). Konstanta smoothing mungkin berkisar dari 0 ke 1. Nilai yang dekat dengan 1 memberikan penekanan terbesar pada nilai saat ini sedangkan nilai yang dekat dengan 0 memberi penekanan pada titik data sebelumnya [17].

2.3.1 Single Exponential Smoothing

Metode Single Exponential Smoothing adalah metode yang menunjukkan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai observasi yang lebih tua. Yaitu nilai yang lebih baru diberikan bobot yang relatif lebih besar dibanding nilai observasi yang lebih lama. Metode ini memberikan sebuah pembobotan eksponensial rata-rata bergerak dari semua nilai observasi sebelumnya. Pada metode ini tidak dipengaruhi oleh trend maupun musim. Rumusnya adalah sebagai berikut:

Rumus untuk Simple exponential smoothing adalah sebagai berikut:

$$S_t = \alpha * X_t + (1 - \alpha) * S_{t-1} \quad (6)$$

Dimana:

S_t = peramalan untuk periode t.

X_t = Nilai aktual time series

S_{t-1} = peramalan pada waktu t-1 (waktu sebelumnya)

α = faktor bobot penghalus (nilainya antara 0 dan 1)

2.3.2 Double Exponential Smoothing

Metode Double Exponential Smoothing ini sering disebut dengan Holt's Method. Metode ini digunakan ketika permintaan dipengaruhi trend tetapi tidak dipengaruhi oleh musim. Menurut [18] metode ini memuluskan nilai trend dengan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada deret yang asli. Untuk meramalkan permintaan di periode berikutnya, harus diketahui ramalan level / nilai penghalusan baru dan estimasi trend nya. Berikut rumus untuk mengetahui ramalan level dan estimasi trend nya:

$$L_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \dots \dots \dots (7)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \dots \dots \dots (8)$$

Pada rumus (7), nilai penghalusan yang ke-t memerlukan data permintaan yang ke-t, nilai penghalusan periode sebelumnya dan nilai trend sebelumnya. Setelah diketahui nilai penghalusan yang ket, maka bisa didapat nilai trend yang ke-t (rumus (8)). Ramalan level dan estimasi trend nya sudah didapat, kemudian bisa mengetahui peramalan permintaan yang sesungguhnya di periode p di masa mendatang dengan rumus sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

L_t = estimasi level (nilai penghalusan baru)

Y_t = permintaan di periode t

T_t = estimasi trend untuk periode t

\hat{Y}_{t+p} = ramalan untuk periode p di masa mendatang

p = jumlah periode untuk ramalan di masa mendatang

α = faktor bobot penghalusan untuk level ($0 < \alpha < 1$)

β = faktor bobot penghalusan untuk trend ($0 < \beta < 1$)

2.4 Ukuran Akurasi Ketepatan Model

Ukuran ketepatan yang sering digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu metode peramalan dalam memodelkan data time series, yaitu MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), MSD (*Mean Squared Deviation*), dan MAD (*Mean Absolute Deviaton*). Ukuran ketepatan MSD dan MAD memiliki kelemahan. Kelemahan dari dua ukuran ini adalah tidak memudahkan perbandingan antar deret berskala yang berbeda dan untuk selang waktu yang berlainan karena

MSD dan MAD merupakan ukuran absolut yang sangat tergantung pada skala dari data deret waktu. Selain itu, interpretasi nilai MSD tidak bersifat intuitif, karena ukuran ini menyangkut pengkuadratan sederetan nilai. Oleh karena itu, ukuran ketepatan peramalan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah MAPE. MAPE memberikan petunjuk seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya dari series tersebut [19]. Definisi MAPE adalah [20] :

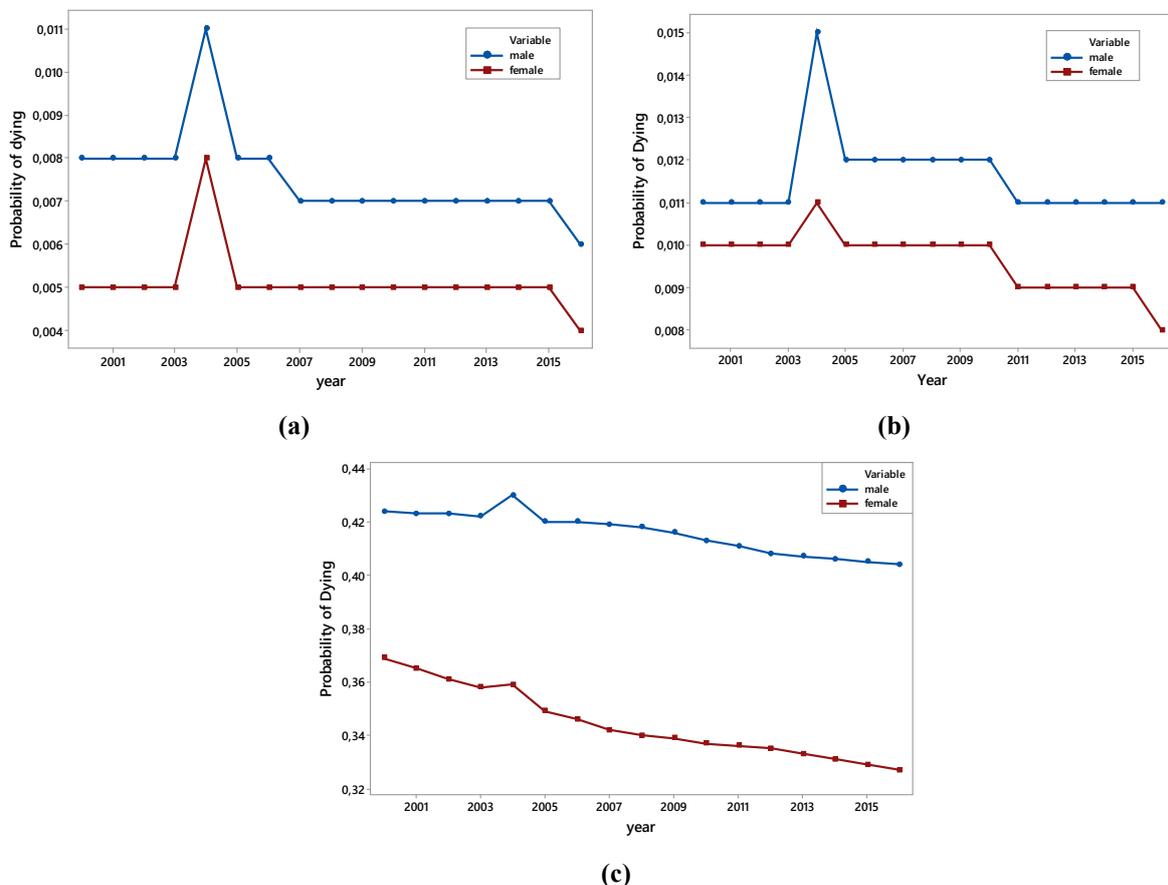
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| 100\% \quad (10)$$

dengan y_t adalah *probability of dying* pada periode ke- t dan \hat{y}_t adalah ramalan *probability of dying* pada periode ke- t .

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Eksplorasi Data

Analisis mengenai pola runtun waktu yang terjadi pada data dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan analisis lebih lanjut dengan metode-metode peramalan tersebut. Berikut adalah grafik time series dari masing-masing kriteria usia.

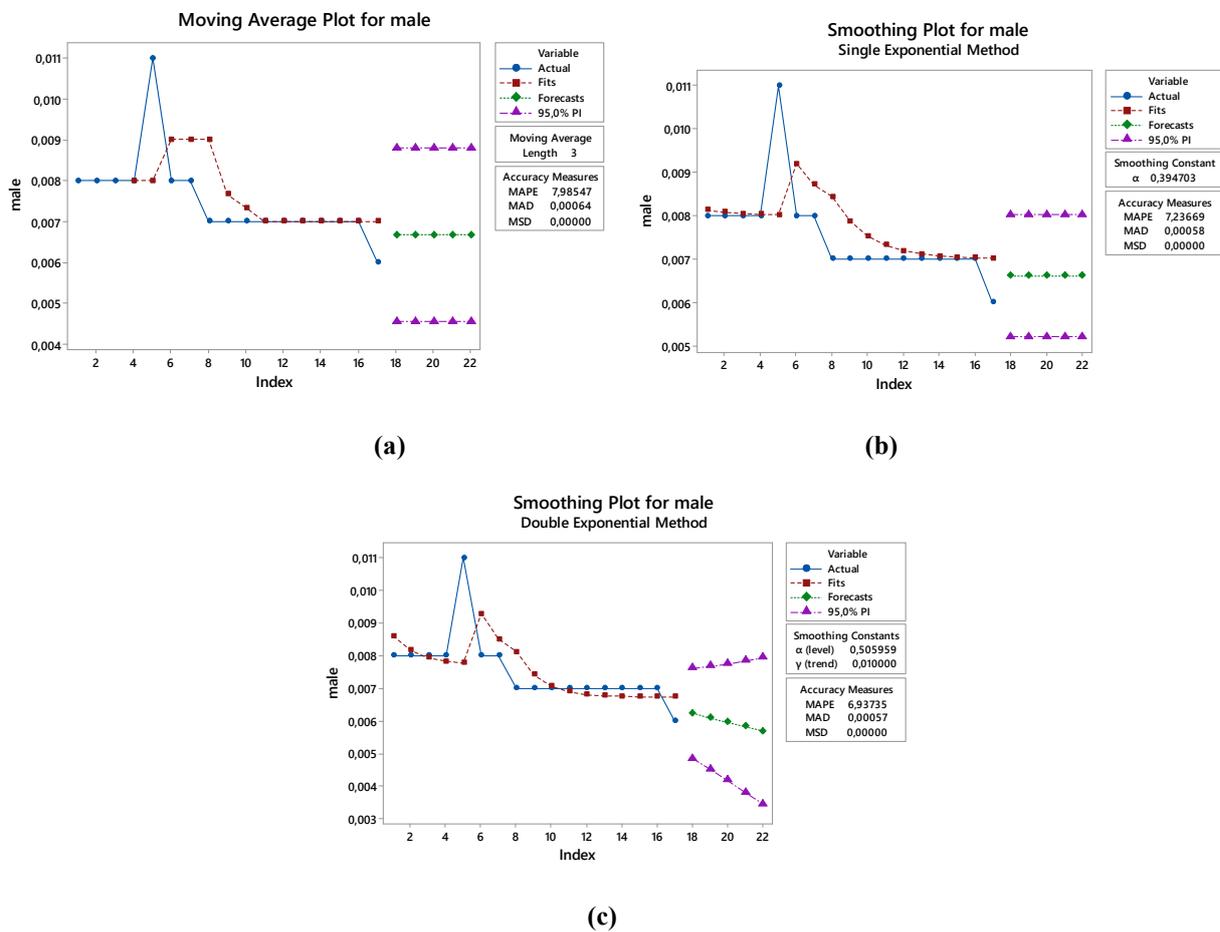


Gambar 1. Time Series plot dari *Probability of Dying* berdasarkan kategori usia (a) Usia Remaja 15-17 tahun (b) Usia Dewasa 30-35 tahun dan (c) Usia Lanjut 70-74 tahun

Gambar 1 menunjukkan bahwa tingkat kematian atau peluang kematian pada perempuan lebih rendah dari pada laki-laki. Selain itu, nilai peluang kematian semakin tahun semakin menurun, kecuali pada tahun 2004, pada semua kategori dan semua jenis kelamin peluang kematian mengalami lonjakan yang cukup signifikan, tetapi tahun berikutnya kembali stabil.

3.2 Proyeksi Tingkat Kematian pada Penduduk Laki-laki Kategori Usia Remaja

Proyeksi tingkat kematian pada penduduk laki-laki kategori usia remaja, yaitu usia 15-17 tahun dilakukan dengan 3 metode, yaitu *Moving Average*, *Single Exponential Smoothing* dan *Double Exponential Smoothing*. Berikut ini adalah grafik perbandingan antara data aktual, data *fits* dan data ramalan 5 tahun kedepan dari ketiga metode tersebut.



Gambar 2. Hasil Perbandingan Data Aktual dan Data *Fits* dengan Metode (a) *Moving Average* (b) *Single Exponential Smoothing* (c) *Double Exponential Smoothing* pada Penduduk Laki-laki Usia Remaja

Gambar 2 menunjukkan bahwa pola data aktual dan data *fits* dari ketiga metode tidak berbeda jauh. Garis berwarna biru menunjukkan data aktual, yaitu data *Probability of Dying* berdasarkan kategori usia remaja tahun 2000 – 2015. Kemudian data aktual diplotkan dengan 3 metode proyeksi yang berbeda, ditampilkan pada garis berwarna merah. Garis hijau adalah hasil peramalan 5 tahun kedepan. Hasil pada *Moving Average* menggunakan length sebesar 3. Single

Exponential Smoothing menggunakan nilai α sebesar 0,39, sedangkan Double Exponential Smoothing dengan α sebesar 0,5 dan γ sebesar 0,01. Proyeksi tingkat kematian ini dilakukan untuk semua kategori usia, diperoleh hasil sesuai pada Tabel 1.

3.3 Perbandingan Metode

Model terbaik yang digunakan untuk melakukan proyeksi tingkat kematian untuk 5 tahun kedepan dapat dilihat dari nilai MAPE yang terkecil. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Perbandingan nilai MAPE dari 3 Metode Peramalan

Kategori Usia	Jenis Kelamin	Metode	MAPE
Usia Remaja 15-19 tahun	Laki-laki	Moving average	7,985
		Single Exponential Smoothing	7,237
		Double Exponential Smoothing	6,937*
	Perempuan	Moving average	8,750
		Single Exponential Smoothing	4,385*
		Double Exponential Smoothing	7,962
Usia Dewasa 30-34 tahun	Laki-laki	Moving average	4,394
		Single Exponential Smoothing	5,300
		Double Exponential Smoothing	4,161*
	Perempuan	Moving average	3,844
		Single Exponential Smoothing	2,870*
		Double Exponential Smoothing	2,937
Usia Lanjut 75-79 tahun	Laki-laki	Moving average	0,888
		Single Exponential Smoothing	0,574
		Double Exponential Smoothing	0,413*
	Perempuan	Moving average	1,476
		Single Exponential Smoothing	0,632
		Double Exponential Smoothing	0,469*

Tabel 1 menjelaskan bahwa metode yang terbaik untuk kategori usia remaja laki-laki adalah metode Double Exponential Smoothing dengan nilai MAPE sebesar 6,937, sedangkan untuk kategori remaja perempuan adalah metode Single Exponential Smoothing dengan MAPE sebesar 4,385. Selanjutnya, pada kategori usia dewasa laki-laki yang terbaik adalah metode Double Exponential Smoothing dengan MAPE sebesar 4,161 dan kategori usia dewasa perempuan yang terbaik adalah metode Single Exponential Smoothing. Terakhir pada kategori usia lanjut, untuk penduduk laki-laki dan penduduk perempuan metode terbaik untuk keduanya adalah metode Double Exponential Smoothing. Rangkuman nilai MAPE dari model terbaik dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

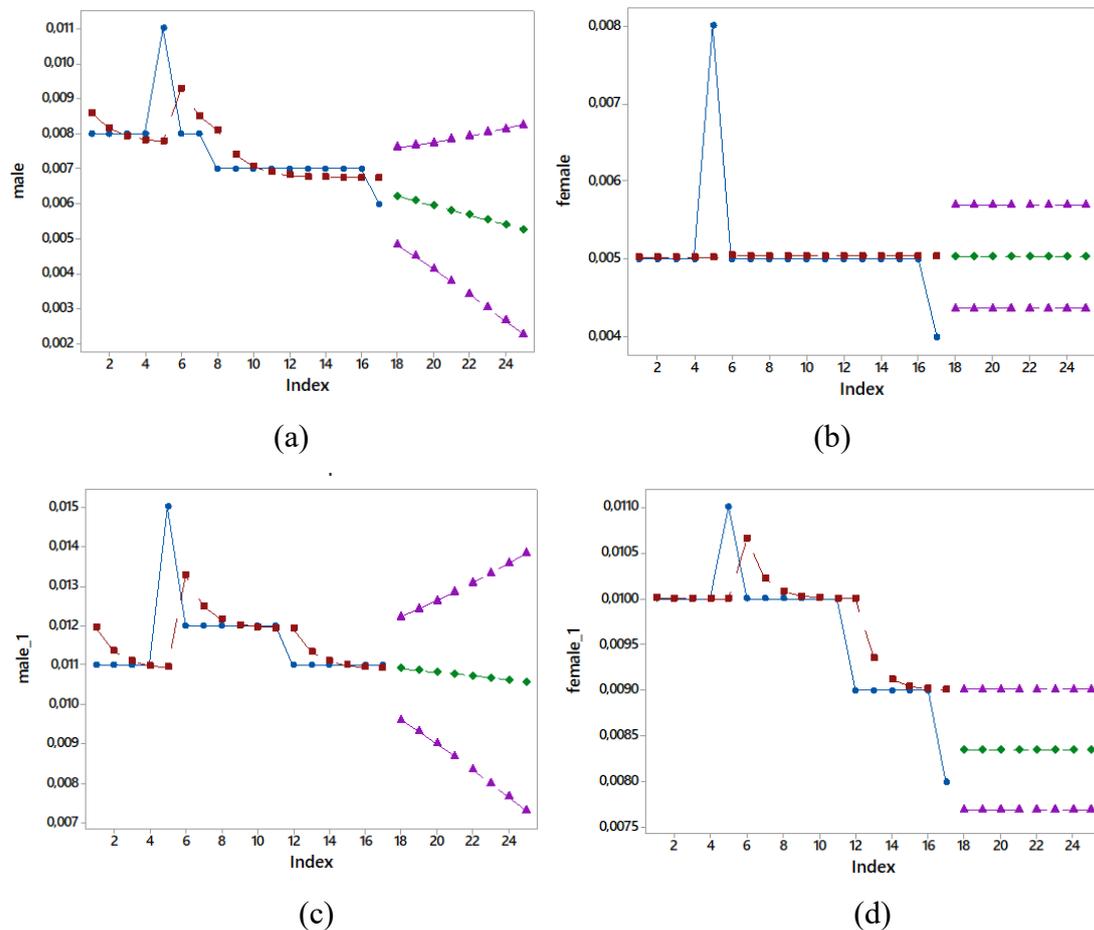
Tabel 2. Nilai MAPE Terbaik untuk Masing-Masing Kategori Usia

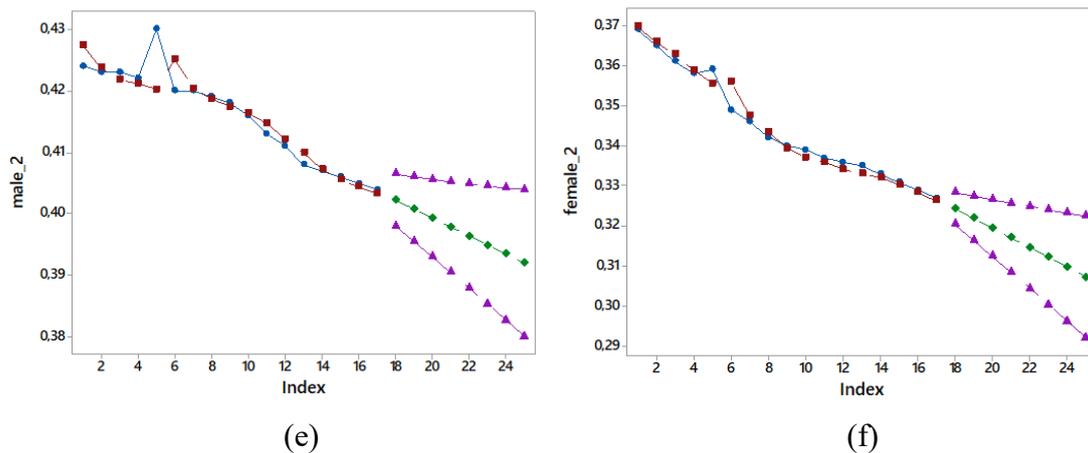
Kategori Usia	Jenis Kelamin	MAPE
15-19 tahun	Laki-laki	6,937
	Perempuan	4,385
30-34 tahun	Laki-laki	4,161
	Perempuan	2,870
75-79 tahun	Laki-laki	0,413
	Perempuan	0,469

Berdasarkan hasil tersebut, kesimpulan sementara yang diperoleh adalah metode terbaik untuk melakukan prediksi tingkat kematian adalah dengan menggunakan metode *Exponential Smoothing*, sedangkan untuk metode *Moving Average* masih belum terlalu baik untuk memprediksi tingkat kematian di Indonesia.

3.4 Nilai Prediksi Tingkat Kematian di Indonesia

Model terbaik yang diperoleh untuk masing-masing kategori digunakan untuk meramalkan nilai tingkat kematian 8 tahun kedepan, yaitu mulai tahun 2017 sampai 2024. Hasil prediksi dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.





Gambar 3. Plot Hasil Prediksi serta Plot Data Aktual Versus Data Prediksi (a) Laki-laki Usia Remaja (b) Perempuan Usia Remaja (c) Laki-laki Usia Dewasa (d) Perempuan Usia Dewasa (e) Laki-laki Usia Lanjut (f) Perempuan Usia Lanjut

Gambar 3 menunjukkan plot hasil peramalan untuk masing-masing kategori, terlihat bahwa data aktual dan hasil prediksi menunjukkan pola yang hampir sama dan perhitungan nilai residual antara aktual dan prediksi bisa dilihat pada Tabel 2. Hasil ramalan tingkat kematian di Indonesia periode 8 tahun kedepan, yaitu tahun 2017 sampai tahun 2024 dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil Peramalan Peluang Kematian Penduduk di Indonesia

Tahun	Usia 15-17 Tahun		Usia 35-39 tahun		Usia 70-75	
	Laki-laki	Perempuan	Laki-laki	Perempuan	Laki-laki	Perempuan
2017	0,0062295	0,0050332	0,0109209	0,0083512	0,402293	0,324471
2018	0,0060939	0,0050332	0,0108718	0,0083512	0,400831	0,322040
2019	0,0059582	0,0050332	0,0108227	0,0083512	0,399368	0,319608
2020	0,0058225	0,0050332	0,0107737	0,0083512	0,397906	0,317177
2021	0,0056868	0,0050332	0,0107246	0,0083512	0,396444	0,314745
2022	0,0055512	0,0050332	0,0106755	0,0083512	0,394981	0,312314
2023	0,0054155	0,0050332	0,0106265	0,0083512	0,393519	0,309883
2024	0,0052798	0,0050332	0,0105774	0,0083512	0,392056	0,307451

Tabel 3 menunjukkan hasil prediksi dimana untuk penduduk laki-laki tingkat kematian untuk 8 tahun kedepan cenderung menurun, sedangkan untuk penduduk perempuan pada semua kategori remaja dan dewasa cenderung stabil atau tetap. Tetapi pada kategori penduduk perempuan usia lanjut tingkat kematian cenderung menurun.

4 Simpulan

Hasil peramalan pada peluang kematian populasi di Indonesia dengan menggunakan 2 metode peramalan *Moving Average* dan *Exponential Smoothing* (*Single* dan *Double*) ditambah perhitungan kesalahan peramalan dapat diambil kesimpulan bahwa

1. Metode *Double Eksponential Smoothing* baik digunakan untuk memprediksi tingkat kematian penduduk laki-laki pada semua kategori usia (remaja, dewasa dan lanjut), berturut-turut dengan nilai MAPE sebesar 6,937; 4,161; dan 0,413.
2. Sedangkan untuk penduduk perempuan metode peramalan yang terbaik untuk kategori usia remaja dan usia dewasa adalah *Single Exponential Smoothing* dengan MAPE berturut-turut sebesar 4,385 dan 2,87.
3. Pada kategori usia lanjut metode proyeksi terbaiknya adalah *Double Exponential Smoothing*, dengan MAPE sebesar 0,469.
4. Dari hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa Peramalan tingkat kematian dengan menggunakan metode *Double Eksponential Smoothing* atau Holt Method tepat digunakan karena karakteristik datanya mengandung *tren* menurun.
5. Sedangkan karakteristik tingkat kematian penduduk wanita usia remaja dan dewasa adalah muncul secara acak namun cenderung stabil dan tidak terpengaruh oleh trend dan karakteristik ini sesuai dengan karakteristik dari metode *Single Exponential Smoothing*.
6. Hasil prediksi dimana untuk penduduk laki-laki tingkat kematian untuk 5 tahun kedepan cenderung menurun, sedangkan untuk penduduk perempuan pada semua kategori remaja dan dewasa cenderung stabil atau tetap. Tetapi pada kategori penduduk perempuan usia lanjut tingkat kematian cenderung menurun.

Saran untuk penelitian selanjutnya dari hasil proyeksi tingkat kematian ini adalah peneliti bisa melakukan simulasi atau menggunakan data riil untuk menghitung harga premi dari anuitas jiwa dan mendapatkan distribusi ekspektasi hidup.

6 Daftar Pustaka

- [1] N. Brouhns, M. Denuit, and J. K. Vermunt, "Measuring the longevity risk in mortality projections," *Bulletin of the Swiss Association of Actuaries*, vol. 2, no. 1, pp. 105–130, 2002.
- [2] B. Benjamin and A. S. Soliman, "Mortality on the move. Institute of actuaries." Oxford, 1993.

- [3] A. S. Macdonald, *The second actuarial study of mortality in Europe*. Institute of Actuaries, 1997.
- [4] A. S. McDonald, A. J. C. Cairns, P. L. Gwilt, and K. A. Miller, "An international comparison of recent trends in mortality," *British Actuarial Journal*, vol. 4, pp. 3–141, 1998.
- [5] A. Olivieri, "Uncertainty in mortality projections: an actuarial perspective," *Insur Math Econ*, vol. 29, no. 2, pp. 231–245, 2001.
- [6] F. Janssen, "Advances in mortality forecasting: introduction," *Genus*, vol. 74, no. 1. SpringerOpen, pp. 1–12, 2018.
- [7] Y. Gao, H. L. Shang, and Y. Yang, "High-dimensional functional time series forecasting: An application to age-specific mortality rates," *J Multivar Anal*, vol. 170, pp. 232–243, 2019.
- [8] R. Giacometti, M. Bertocchi, S. T. Rachev, and F. J. Fabozzi, "A comparison of the Lee–Carter model and AR–ARCH model for forecasting mortality rates," *Insur Math Econ*, vol. 50, no. 1, pp. 85–93, 2012.
- [9] I. Nursaadah, E. Puspita, and R. Marwati, "Metode Peramalan Mortalita Menggunakan Metode Lee-Carter," *Jurnal EurekaMatika*, vol. 3, no. 1, pp. 17–30, 2015.
- [10] R. Unaeni, N. Satyahadewi, and H. Perdana, "PERAMALAN TINGKAT KEMATIAN (MORTALITA)," *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, vol. 6, no. 01.
- [11] K. D. Jayanti *et al.*, "Proyeksi Angka Kematian Bayi di Rumah Sakit X Kabupaten Kediri dengan Single Exponential Smoothing," *Jurnal Berkala Kesehatan*, vol. 6, no. 2, pp. 50–54, 2020.
- [12] A. Aryati, I. Purnamasari, and Y. N. Nasution, "Peramalan dengan Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing," *EKSPONENSIAL*, vol. 11, no. 1, pp. 99–106, 2021.
- [13] C. V. Hudiyaniti, F. A. Bachtiar, and B. D. Setiawan, "Perbandingan Double Moving Average dan Double Exponential Smoothing untuk Peramalan Jumlah Kedatangan Wisatawan Mancanegara di Bandara Ngurah Rai," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer E-ISSN*, vol. 2548, p. 964X, 2019.
- [14] R. Rachman, "Penerapan metode moving average dan exponential smoothing pada peramalan produksi industri garment," *Jurnal Informatika*, vol. 5, no. 2, pp. 211–220, 2018.

- [15] D. C. M. Dickson, M. R. Hardy, and H. R. Waters, "Actuarial Mathematics for Life Contingent Risks.," *Annals of Actuarial Science*, vol. 4, no. 2, p. 339, 2009.
- [16] P. Subagyo, "Forecasting, Konsep dan Aplikasi, Yogyakarta," *Edisi Keempat, BPFE UGM*, 2002.
- [17] E. Herjanto, "Manajemen Produksi dan Operasi Cetakan Ketiga," *PT. Grasindo, Jakarta*, 2013.
- [18] S. Makridakis, S. C. Wheelwright, and R. J. Hyndman, *Forecasting methods and applications*. John wiley & sons, 2008.
- [19] J. H. Barus and R. Ramli, "Analisis peramalan ekspor Indonesia pasca krisis keuangan eropa dan Global tahun 2008 dengan metode dekomposisi," *Jurnal Ekonomi dan Keuangan*, vol. 1, no. 3, p. 14880, 2013.
- [20] D. C. Montgomery, C. L. Jennings, and M. Kulahci, *Introduction to time series analysis and forecasting*. John Wiley & Sons, 2015.