



PENERAPAN MODEL LEE-CARTER UNTUK PERAMALAN ANGKA HARAPAN HIDUP BERDASARKAN USIA DI KOTA MEDAN

Fitriani^{1,*}), Hendra Cipta²⁾, Rina Widyasari³⁾

¹²³⁾Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

*email: anif10964@gmail.com

Abstrak: Angka harapan hidup merupakan indikator penting dalam menilai kualitas kesehatan dan kesejahteraan penduduk. Di Kota Medan, angka kematian, khususnya pada ibu dan bayi, mengalami peningkatan signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Untuk memahami dan memprediksi dinamika ini, pendekatan matematis diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan tingkat angka harapan hidup di Kota Medan berdasarkan usia penduduk menggunakan model Lee-Carter. Model ini merupakan metode stokastik berbasis analisis faktor yang menggabungkan model demografi dengan model time series. Data sekunder yang digunakan diperoleh dari Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Medan tahun 2021–2023. Proses pemodelan dimulai dengan menghitung tingkat kematian pusat (central death rate), diikuti oleh estimasi parameter model Lee-Carter menggunakan Singular Value Decomposition (SVD). Indeks mortalitas kemudian diekstrapolasi dengan pendekatan time series untuk memperoleh proyeksi tingkat kematian dan probabilitas hidup. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai peluang tertinggi untuk bertahan hidup terdapat pada usia 21 tahun dengan peluang sebesar 0,975 pada tahun 2021, 0,98 pada tahun 2022, dan meningkat menjadi 1,41 dan di tahun 2023 harapan hidupnya di usia 33 tahun. Nilai 1,41 mungkin berasal dari proses normalisasi atau hasil estimasi yang tidak dibatasi (unbounded) secara eksplisit dalam skala probabilitas. Maka interpretasinya lebih sebagai indikator "tingkat survival" atau kecenderungan hidup sangat tinggi, bukan peluang literal dalam bentuk probabilitas. Dengan demikian, model Lee-Carter terbukti efektif dalam meramalkan angka harapan hidup berdasarkan usia dan dapat menjadi dasar dalam perencanaan kebijakan kesehatan di Kota Medan.

Kata Kunci: Peramalan, Angka Harapan Hidup, Model Lee-Carter, Usia

Abstract: Life expectancy is an important indicator in assessing the quality of health and welfare of the population. In Medan City, mortality rates, especially for mothers and infants, have increased significantly in recent years. To understand and predict these dynamics, a mathematical approach is needed. This study aims to predict the level of life expectancy in Medan City based on population age using the Lee-Carter model. This model is a stochastic method based on factor analysis that combines demographic models with time series models. Secondary data used were obtained from the Medan City Population and Civil Registration Service in 2021–2023. The modeling process begins by calculating the central death rate, followed by estimating the parameters of the Lee-Carter model using Singular Value Decomposition (SVD). The mortality index is then extrapolated using a time series approach to obtain projections of the death rate and survival probability. The results of the study showed that the highest probability of survival was at the age of 21 years with a probability



of 0.975 in 2021, 0.98 in 2022, and increasing to 1.41 at the age of 33 years in 2023. Thus, the Lee-Carter model has proven effective in predicting life expectancy based on age and can be the basis for health policy planning in Medan City.

Keywords: *Forecasting, Life Expectancy, Lee-Carter Model, Age*

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai bagian dari negara-negara dunia memiliki kewajiban untuk mencapai target yang telah disepakati bersama. Dalam hal ini target dari indikator mortalitas sebagai salah satu komponen pembangunan manusia harus dicapai sebagai wujud komitmen terhadap dunia internasional. Misalnya salah satu target mortalitas adalah angka harapan hidup. Pada 1977 dalam “Resolusi WHO dengan tema Health for all by 2000” menyatakan bahwa pada tahun 2000 seluruh negara-negara di dunia harus mencapai rata-rata angka harapan hidup bagi warganya menjadi 60 tahun (Faturrohmin 2021). Target pencapaian angka harapan hidup tersebut kemudian meningkat pada kesepakatan global berikutnya yaitu ICPD tahun 1994. Dalam kesepakatan bersama dalam ICPD disebutkan bahwa seluruh negara-negara di dunia harus mencapai rata-rata angka harapan hidup bagi warganya menjadi berumur lebih dari 65 tahun pada tahun 2005 dan pada tahun 2015 rata-rata angka harapan hidup menjadi lebih dari 70 tahun (Awalluddin and Taufik 2017). Target angka harapan hidup yang telah ditetapkan tersebut harus dipenuhi bagi Indonesia agar pembangunan manusianya tidak tertinggal dari bangsa-bangsa lain di dunia dan mempengaruhi pertumbuhan penduduk (Alfana 2017).

Pertumbuhan penduduk dipengaruhi oleh tingkat kelahiran (fertilitas), tingkat kematian (mortalitas) dan tingkat perpindahan penduduk (migrasi). Tingkat fertilitas yang tinggi memacu pertumbuhan penduduk secara cepat. Sedangkan mortalitas mengukur besarnya tingkat kematian penduduk suatu daerah dalam waktu tertentu. Selisih antara tingkat fertilitas dan tingkat mortalitas merupakan tingkat pertumbuhan penduduk neto (Hasibuan 2014). Mortalitas merujuk pada tingkat kematian dalam suatu populasi atau kelompok usia tertentu (Azmi et al. 2023). Peluang meninggal seseorang ada yang dibuat dalam bentuk tabel, disebut tabel mortalita (Hidayat 2024).

Tabel mortalita atau yang sering disebut sebagai *life table*, merupakan alat utama yang digunakan oleh aktuaris untuk menganalisis pola kematian dalam suatu populasi dan meramalkan tingkat harapan hidup di masa depan untuk populasi tersebut. Peran tabel mortalita tidak hanya berguna dalam ilmu aktuaria, tetapi juga berguna dalam ilmu demografi (Wulandari, T., & Darmawan 2023). Dalam ilmu demografi, tabel mortalita adalah salah satu alat penting untuk memahami, mengukur, dan menganalisis karakteristik kematian suatu populasi. Tabel ini memberikan gambaran detail tentang distribusi kematian, dengan memperhitungkan kelompok usia, jenis kelamin, dan faktor demografis lainnya dan membahas tentang kasus kematian penduduk (Ramadhan 2020).



Salah satu kasus kematian yang banyak terjadi di kota Medan adalah kasus kematian ibu dan bayi. Secara khusus di Kota Medan, permasalahan mortalitas masih menjadi perhatian serius. Data dari Dinas Kesehatan menunjukkan bahwa angka kematian ibu dan bayi mengalami tren kenaikan yang signifikan antara tahun 2020 hingga 2022. Kondisi ini memunculkan kekhawatiran terhadap rendahnya angka harapan hidup yang semestinya tinggi di pusat ibu kota provinsi. Melihat data dari laporan kinerja Dinas Kesehatan pada tahun 2020 angka kematian ibu di kota Medan mencapai 12 kasus, dengan kematian bayi 15 kasus. Sedangkan, pada tahun 2021 angka kematian ibu di Kota Medan meningkat hingga mencapai 18 kasus, dan kasus kematian bayi sebanyak 48 kasus. Angka ini cukup tinggi mengingat Kota Medan merupakan Ibukota Sumatera Utara yang seharusnya memiliki angka harapan hidup yang tinggi bagi masyarakat terkhusus ibu dan bayi, dengan mendapatkan kemudahan pelayanan di bidang kesehatan (Hsb et al. 2021).

Dalam konteks tersebut, pemodelan matematis terhadap mortalitas menjadi sangat penting. Melalui pendekatan kuantitatif, khususnya metode peramalan, dinamika kematian dapat dianalisis dan diproyeksikan secara sistematis berdasarkan data historis. Salah satu model yang dikenal luas dalam pemodelan mortalitas adalah model Lee-Carter. Model ini memanfaatkan pendekatan stokastik dan analisis faktor untuk mengeksplorasi tren kematian berdasarkan usia dan waktu, serta menggabungkannya dengan metode deret waktu (time series) guna meramalkan kejadian di masa depan. Peramalan (*forecasting*) merupakan suatu kegiatan untuk mengetahui apa yang akan terjadi di masa yang akan datang dengan mempertimbangkan data dari masa lampau (kemenkes kesehatan RI 2022). Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa mendatang dengan suatu bentuk model matematis. Banyak cara yang dipelajari dalam Matematika untuk memperkirakan suatu kemungkinan, salah satunya adalah dengan menggunakan analisis deret berkala (*Time Series*) (Maulana 2016). Analisis deret waktu adalah metode peramalan kuantitatif yang mempertimbangkan waktu. Dalam metode ini, data dikumpulkan secara teratur berdasarkan urutan waktu untuk mengidentifikasi pola pada data yang dikumpulkan sebelumnya secara teratur (Faustina 2017).

Keberhasilan dari suatu peramalan ditentukan oleh pengetahuan teknik tentang informasi masa lalu yang dibutuhkan serta teknik dan metode peramalan (Sumartini and Hayati 2017). Peramalan mortalita mempunyai sejarah yang panjang dalam demografi dan sains aktuarial. Pada tahun 1992, Lee dan Carter memperkenalkan sebuah model stokastik, berdasarkan pendekatan faktor analitik, untuk kecocokan dan prediksi laju mortalita di Negara Amerika Serikat. Kemudian, karena kesederhanaan modelnya dan pdayagunaan yang relatif baik, model Lee- Carter sering digunakan untuk demografi dan aplikasi aktuarial (NurSaadah, Puspita, and Marwati 2016).

Model laju mortalita yang diajukan oleh Lee Carter berbeda jauh sama model-model sebelumnya, seperti Gompertz, Mahekam, Perks, dan Van Der Maen. Model-model tersebut hanya memodifikasi persamaan yang melibatkan komponen umur x saja. Lee Carter mengajukan model yang tidak hanya melibatkan komponen umur x saja, ia menambahkan komponen waktu



(Hidayat 2024). Metode Lee-Carter merupakan suatu metode peramalan tingkat kematian yang menggabungkan model demografi dengan model statistik time series (Rizki 2023).

Namun, hingga saat ini, belum banyak penelitian yang secara khusus menerapkan model Lee-Carter untuk menganalisis angka harapan hidup penduduk Kota Medan berdasarkan usia. Padahal, informasi tersebut sangat penting bagi perencanaan kebijakan kesehatan jangka panjang.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meramalkan tingkat angka harapan hidup di Kota Medan berdasarkan usia penduduk dengan menggunakan model Lee-Carter. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan dalam penyediaan data proyeksi mortalitas yang lebih akurat dan aplikatif bagi pemerintah daerah dan instansi kesehatan (Helmi and Fauzan 2023). 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 (Azmi et al. 2023).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan mengambil data sekunder yang bersumber dari Kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Medan. Penelitian kuantitatif adalah metode ilmiah untuk mendapatkan data yang valid, dengan tujuan menemukan, membuktikan dan mengembangkan suatu pengetahuan sehingga pada gilirannya dapat digunakan untuk memahami, memecahkan dan mengantisipasi masalah dalam bidang tertentu (Sugiyono 2016). Sumber data yang digunakan adalah :

- a. Data primer yaitu menurut (Sugiyono 2019) data primer adalah sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data.
- b. Data sekunder yaitu menurut Mustafa (2013) data sekunder adalah data yang dikumpulkan oleh pihak lain, dan telah terdokumentasi sehingga peneliti tinggal menyalin data tersebut untuk kepentingan penelitiannya. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini dengan mengambil data sekunder yang bersumber dari Kantor Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Medan.

Parameter penelitian mencakup parameter apa yang akan diteliti. Penelitian ini menggunakan parameter yaitu :

x = usia orang yang diamati (tahun)

t = waktu pengamatan

$m_{x,t}$ = tingkat kematian pusat untuk usia x pada waktu t

α_x = banyaknya komponen khusus umur (*ages-specific*)

β_x = kecenderungan perubahan tingkat kematian pada usia x akibat perubahan parameter

k_t = level mortalita secara umum (*general level of mortality*)

$\epsilon_{x,t}$ = eror yang identik dan saling bebas.

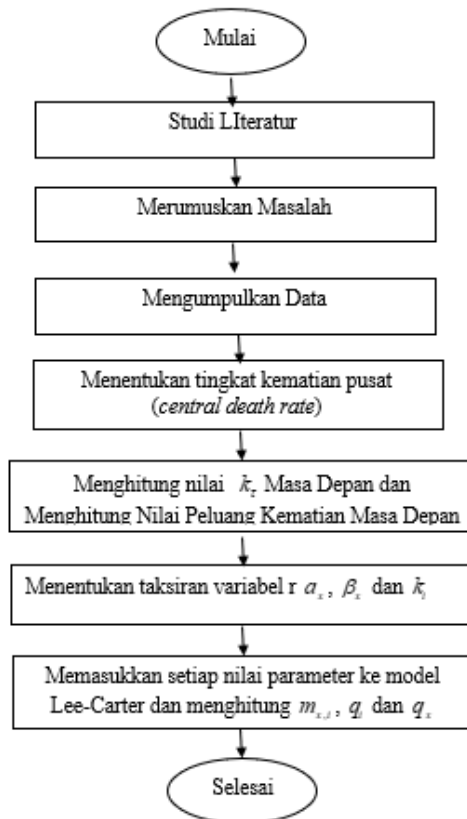


Variabel dalam penelitian mencakup variabel apa yang akan diteliti. Penelitian ini menggunakan variabel yaitu :

x = tingkat angka harapan hidup

y = tingkat mortalitas

Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini untuk mendapatkan hasil terbaik yaitu dijelaskan dalam gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penjelasan gambar :

1. Pengumpulan referensi sebagai sumber ilmiah penelitian
2. Merumuskan masalah
3. Mengumpulkan data
4. Menentukan tingkat kematian pusat (*central death rate*) menggunakan persamaan :

$$m_x = \frac{d_x}{E_x}$$

Dimana :

d_x : menyatakan banyaknya orang berusia x yang meninggal dunia



E_x : menyatakan total eksposur pada usia x

5. Nilai m_x yang sudah diperoleh dicocokkan dengan model Lee-Carter dengan menentukan taksiran parameter a_x , dimana a_x menyatakan besarnya tingkat kematian menurut umur
6. Langkah selanjutnya adalah menentukan taksiran β_x dan k_t menggunakan SVD, dimana :
 β_x : kecenderungan perubahan tingkat kematian pada usia x akibat perubahan parameter k_t
 k_t : level mortalita secara umum berdasarkan waktu.
7. Memasukkan setiap nilai variabel ke model Lee-Carter dengan model persamaan :

$$n m_{xt} = \alpha_x + \beta_x k_t + \varepsilon_{x,t}$$

$$x = x_1, x_2, x_3, \dots, x_{k,t} = t_1, t_1 + 1, t_1 + 2, \dots, t_1 + h - 1 = t_n$$
8. Menghitung nilai $m_{x,t}$, q_t dan q_x dengan menggunakan persamaan :

$$q_x = 1 - e^{-m_{ex}}$$
9. Menarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data Penelitian

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Medan yang terdiri dari jumlah berdasarkan usia penduduk. . Berikut data angka orang yang bertahan hidup hingga usia x yang terjadi di Kota Medan Tahun 2021-2023 selanjutnya disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Angka Harapan Hidup pada usia x

Usia x	Tahun 2021 (l_x)	Tahun 2022 (l_x)	Tahun 2023 (l_x)
0	96870	98850	100525
1	81532	83512	85187
2	65245	67225	68900
3	63578	65558	67233
4	62675	64655	66330
5	61670	63650	65325
6	61089	63069	64744
7	60765	62745	64420



8	60181	62161	63836
9	60002	61982	63657
72	932	1130	1297
73	876	1074	1241
74	708	906	1073
74+	634	832	999
Jumlah	2013526	2155096	2273684

Tabel 1 menyajikan jumlah penduduk yang masih hidup pada usia tertentu (x) untuk setiap tahun, yaitu 2021, 2022, dan 2023. Data ini digunakan sebagai dasar dalam pembuatan tabel mortalita atau life table, yang menjadi bagian penting dalam analisis mortalitas dengan model Lee-Carter. Kolom “Usia (x)” merepresentasikan kelompok umur dari 0 tahun hingga 74+ tahun.

Selanjutnya menentukan banyaknya individu dari l_x yang meninggal diantara usia x dan $x+1$ tahun, maka :

$$d_x = l_x - l_{x+1}$$

Tahun 2021

$$d_x = 96870 - 81532 = 15338$$

$$d_x = 81532 - 65245 = 16287$$

$$d_x = 65245 - 62675 = 1667$$

Demikian seterusnya hingga usia 74+ pada tahun 2023.

Selanjutnya menentukan nilai q_x yang menyatakan peluang seseorang yang berusia x tahun akan meninggal diantara usia x dan $x+1$ tahun, maka :

$$q_x = \frac{d_x}{l_x}$$

Tahun 2021

$$q_x = \frac{15338}{96870} = 0,158$$

$$q_x = \frac{16287}{81532} = 0,199$$

$$q_x = \frac{1667}{65245} = 0,025$$

Demikian seterusnya hingga usia 74+ hingga tahun 2023.

Kemudian menentukan p_x yang menyatakan peluang seseorang yang berusia x tahun akan bertahan hidup hingga $x+1$ tahun, maka :

$$p_x = 1 - q_x$$

Tahun 2021



$$p_x = 1 - (0,158) = 0,841$$

$$p_x = 1 - 0,199 = 0,800$$

$$p_x = 1 - 0,025 = 0,974$$

Setelah mendapatkan nilai p_x , selanjutnya adalah menentukan L_x yang menyatakan jumlah tahun kehidupan antara usia x dan $x+1$ tahun menggunakan rumus :

$$L_x = l_x - \frac{1}{2}d_x$$

Tahun 2021

$$L_x = 96870 - \frac{1}{2}(15338) = 89201$$

$$L_x = 81532 - \frac{1}{2}(16287) = 73388,5$$

$$L_x = 65245 - \frac{1}{2}(1667) = 64411,1$$

Demikian seterusnya hingga usia 74+ pada tahun 2023.

Kemudian notasi m_x yang menyatakan kematian pusat atau *central death rates* yang menyatakan laju kematian antara usia x dan $x+1$ tahun berdasarkan rata-rata orang yang bertahan hidup pada x dan $x+1$ tahun dengan menggunakan rumus berikut :

$$m_x = \frac{d_x}{L_x}$$

Tahun 2021

$$m_x = \frac{15338}{89201} = 0,171$$

$$m_x = \frac{16287}{73388,5} = 0,221$$

$$m_x = \frac{1667}{63126,5} = 0,025$$

$$m_x = \frac{903}{63126,5} = 0,014$$

Demikian seterusnya hingga tahun 2023.

Tabel 2. kematian pusat atau *central death rates* yang menyatakan laju kematian antara usia x dan $x+1$ tahun pada 2021

Usia		Tahun 2021				
x	lx	dx	qx	px	Lx	mx
0	96870	15338	0,158336	0,841664	89201	0,171949
1	81532	16287	0,199762	0,800238	73388,5	0,221929
2	65245	1667	0,02555	0,97445	64411,5	0,02588



3	63578	903	0,014203	0,985797	63126,5	0,014305
4	62675	1005	0,016035	0,983965	62172,5	0,016165
5	61670	581	0,009421	0,990579	61379,5	0,009466
6	61089	324	0,005304	0,994696	60927	0,005318
7	60765	584	0,009611	0,990389	60473	0,009657
8	60181	179	0,002974	0,997026	60091,5	0,002979
9	60002	441	0,00735	0,99265	59781,5	0,007377
...
70	1067	122	0,114339	0,885661	1006	0,121272
71	945	13	0,013757	0,986243	938,5	0,013852
72	932	56	0,060086	0,939914	904	0,061947
73	876	168	0,191781	0,808219	792	0,212121
74	708	74	0,10452	0,89548	671	0,110283
74+	634	634	1	0	317	2

Tabel 2 menyajikan perhitungan tingkat kematian pusat (central death rate) berdasarkan usia penduduk pada tahun 2021. Tabel ini menjadi bagian penting dalam penyusunan model Lee-Carter karena adalah variabel utama yang dihitung sebelum dilakukan dekomposisi dengan metode SVD.

Penerapan Model Lee Carter

Dalam model Lee-Carter, perlu dilakukan estimasi parameter untuk a_x , \hat{b}_x dan k_t . Untuk menentukan nilai parameter a_x terlebih dahulu digunakan menggunakan persamaan berikut:

$$a_x = \frac{\sum_{t=t_1}^{t_n} \ln(m_{x,t})}{(t_n - t_1 + 1)}$$

Tahun 2021

$$\hat{a}_x = \frac{\ln(0,171949)}{2023 - 2021 + 1}$$

$$\hat{a}_x = -0,58685$$

Demikian seterusnya hingga tahun 2023.

Setelah mendapatkan nilai parameter, selanjutnya menghitung nilai tingkat mortalitas dengan menggunakan persamaan :

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + \hat{b}_x k_t$$



$$\ln(m_{x,t}) = -0,586 + (-0,10099 \times -6,058)$$

$$\ln(m_{x,t}) = -0,586$$

$$m_{x,t} = 0,532$$

Setelah mendapatkan mortalitas, selanjutnya menentukan peluang angka harapan hidup menggunakan rumus :

$$\text{Harapan hidup} = 1 - \text{mortalitas}$$

$$\text{Harapan hidup} = 1 - 0,532$$

$$\text{Harapan hidup} = 0,467$$

Tabel 3. Estimasi Peluang Angka Harapan Hidup (p_x)

Usia (x)	Nilai p_x tahun		
	2021	2022	2023
0	0,467019	0,479411	0,489571
1	0,310459	0,327975	0,342221
2	0,802686	0,794466	0,787727
...
70	0,711483	0,656	0,922
71	0,572371	0,601071	0,570861
72	0,887	0,73	0,960612
73	0,420071	0,474376	0,558636
74	0,791392	0,802791	0,871751
74+	0	0	0

Menurut hasil estimasi peluang angka harapan hidup berdasarkan usia yang dibagi menjadi 74 kelas usia, diperoleh angka harapan hidup tertinggi yaitu usia dengan nilai peluang sebesar 0,975 pada usia 21 tahun pada tahun 2021, kemudian nilai peluang sebesar 0,98 pada usia 21 tahun di tahun 2022 serta nilai peluang sebesar 1,41 pada usia 33 tahun pada tahun 2023. Nilai 1,41 mungkin berasal dari proses normalisasi atau hasil estimasi yang tidak dibatasi (unbounded) secara eksplisit dalam skala probabilistik. Maka interpretasinya lebih sebagai indikator "tingkat survival" atau kecenderungan hidup sangat tinggi, bukan peluang literal dalam bentuk probabilitas.

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan angka harapan hidup di Kota Medan berdasarkan usia penduduk dengan menggunakan model Lee-Carter. Model ini dipilih karena kemampuannya dalam menggabungkan pendekatan demografi dan time series melalui analisis stokastik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai probabilitas bertahan hidup meningkat secara konsisten dari tahun 2021 hingga 2023, terutama pada usia produktif. Pada tahun 2023,



probabilitas tertinggi tercatat pada usia 33 tahun sebesar 1,41, menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan tahun-tahun sebelumnya.

Model Lee-Carter membuktikan kemampuannya dalam menangkap pola penurunan dan peningkatan tingkat mortalitas berdasarkan usia dan waktu. Estimasi parameter dilakukan dengan pendekatan Singular Value Decomposition (SVD), yang telah terbukti efisien dalam studi serupa. Penelitian ini sejalan dengan studi (Nursaadah et al. 2016), yang juga menggunakan Lee-Carter untuk peramalan mortalitas di Australia dan menyimpulkan bahwa model ini memberikan hasil peramalan yang akurat dan stabil.

Selain itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kelompok usia muda dan produktif cenderung memiliki peluang hidup yang lebih tinggi. Temuan ini konsisten dengan teori demografi klasik dan didukung oleh penelitian (Ramadhan 2020), yang menyatakan bahwa model Lee-Carter efektif dalam memproyeksikan tren penurunan kematian dan peningkatan umur harapan hidup dalam populasi yang stabil secara demografis.

Namun, dibandingkan dengan (Hidayat 2024), yang juga menggunakan Lee-Carter tetapi dalam konteks kecelakaan lalu lintas sebagai penyebab kematian, penelitian ini memperlihatkan konteks yang berbeda yakni, perhitungan umum angka harapan hidup penduduk. Hal ini menunjukkan bahwa fleksibilitas model Lee-Carter memungkinkan penerapan dalam berbagai konteks penyebab kematian dan rentang usia.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap studi demografi lokal, khususnya di Kota Medan. Dengan adanya prediksi yang lebih akurat tentang angka harapan hidup, pemerintah daerah dan instansi terkait dapat merancang kebijakan kesehatan dan sosial yang lebih tepat sasaran. Model ini juga dapat diadaptasi lebih lanjut untuk proyeksi jangka panjang, dengan mempertimbangkan variabel eksternal seperti kebijakan kesehatan, kondisi lingkungan, dan pola penyakit.

Keterbatasan penelitian ini adalah penggunaan Singular Value Decomposition (SVD) dalam estimasi parameter membuat model menjadi sangat bergantung pada *struktur dominan* data historis. Ketika data menunjukkan kecenderungan ekstrem di satu usia, seperti usia 33 dalam kasus ini, maka hasilnya dapat overfitting pada usia tersebut.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa untuk meramalkan angka tingkat harapan hidup di Kota Medan menggunakan model Lee-Carter berdasarkan usia penduduk yang digunakan dalam penelitian ini untuk meramalkan angka harapan hidup di Kota Medan berdasarkan usia penduduk. Model ini berbasis stokastik dengan pendekatan faktor analitik untuk memprediksi laju mortalitas. Angka harapan hidup di Kota Medan mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Perhitungan dilakukan dengan estimasi peluang angka harapan hidup berdasarkan usia yang dibagi menjadi beberapa kelas usia. Dari hasil estimasi, angka harapan hidup tertinggi ditemukan pada usia 21 tahun dengan nilai peluang 0,975 pada tahun 2021, meningkat menjadi 0,98 pada tahun 2022, dan 1 pada usia 33 tahun pada tahun 2023.



DAFTAR PUSTAKA

- Alfana, M. A. F. 2017. "Mortalitas Di Indonesia (Sejarah Masa Lalu Dan Proyeksi Ke Depan)." *Prosiding Seminar Nasional Metode Kuantitatif* (978):187–94.
- Awalluddin, A. ..., and I. Taufik. 2017. "Analisis Cluster Data Longitudinal Pada Pengelompokan Daerah Berdasarkan Indikator IPM Di Jawa Barat." *Prosiding Seminar Nasional Metode Kuantitatif* (978):187–94.
- Azmi, U., R. M. Atok, W. H. Syaifudin, G. O. Siswono, I. S. Ahmad, and N. Wahyuningsih. 2023. "Proyeksi Tingkat Kematian Di Indonesia Menggunakan Metode Holt-Winters Smoothing Exponential Dan Moving Average." *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications* 20(1):25–38.
- Faturrohmin, R. 2021. "Pengaruh PDRB, Harapan Hidup Dan Melek Huruf Terhadap Tingkat Kemiskinan (Studi Kasus 35 Kabupaten/Kota Di Jawa Tengah)." Universitas Islam Negeri Jakarta.
- Faustina, R. .. 2017. "Model Hybrid ARIMA-GARCH Untuk Estimasi Volatilitas Harga Emas Menggunakan Software R." *UNNES Journal of Mathematics* 6(1):11–24.
- Hasibuan, L. S. 2014. "Pengaruh Faktor-Faktor Kependudukan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Kota Medan." *Ekonomikawan: Jurnal Ilmu Ekonomi Dan Studi Pembangunan* 14(1).
- Helmi, M., and O. .. Fauzan. 2023. *Peramalan Waktu Pengiriman Outbound Menggunakan Random Forest Regressor*. Bookpedia.
- Hidayat, T. 2024. "Pembuatan Tabel Mortalia Melalui Model Lee Carter." *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika* 5(1):142–53.
- Hsb, Sumawiyah, Ismail Husein, Rina Widyasari, Universitas Islam, Negeri Sumatera, Support Vector Regression, and Particle Swarm. 2021. "Peramalan Jumlah Kasus Tuberkulosis Di Rumah Sakit Umum Haji Medan Dengan Metode Support Vector Regression- Particle Swarm." 7:431–40.
- kemenkes kesehatan RI. 2022. "Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan." *Kementerian Kesehatan RI*.
- Maulana, A. 2016. "Peramalan Harapan Hidup Menggunakan Model Shifting Logistic Bongaarts (Studi Kasus: Tabel Kehidupan Populasi Total Di USA)." *Jurnal EurekaMatika* 3(1):17–30.
- Nursaadah, I., E. Puspita, and R. Marwati. 2016. "Metode Peramalan Mortalita Menggunakan Metode Lee-Carter." *Jurnal EurekaMatika* 3(1):17–30.
- Ramadhan, M. I. 2020. "Peramalan Tabel Mortalita Un Indonesia Menggunakan Model Lee-Carter."
- Rizki, R. .. 2023. "Perbandingan Hasil Prediksi Harga Gas Alam Dunia Menggunakan Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur Dan Fuzzy Time Series Lee." Universitas Andalas.
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Bandung: PT Alfabeta.
- Sugiyono. 2019. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan Kombinasi (Mixed Methods)*. Bandung: Alfabeta.
- Sumartini, S. ..., and M. N. Hayati. 2017. "Peramalan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng." *J. EKSPONENSIAL* 8.
- Wulandari, T., & Darmawan, I. 2023. "Pengaruh Demografi Terhadap Preferensi Visual Dalam Aplikasi Digital."