

APLIKASI MODEL *LEE-CARTER* DALAM PERHITUNGAN NILAI PREMI ASURANSI JIWA BERJANGKA N -TAHUN

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Matematika
dalam Ilmu Matematika**



Oleh : SISK AFRILIA

NIM : 2108046036

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Siska Afrilia
NIM : 2108046036
Jurusan/Program Studi : Matematika/ Matematika

menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

APLIKASI MODEL LEE-CARTER DALAM PERHITUNGAN NILAI PREMI ASURANSI JIWA BERJANGKA N-TAHUN

secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri,
kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 17 Juni 2025
Pembuat pernyataan,



Siska Afrilia
NIM : 2108046036



KEMENTERIAN AGAMA R.I.
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang
Telp. 024-7601295 Fax. 7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : **Aplikasi Model *Lee-Carter* dalam Perhitungan Nilai Premi Asuransi Jiwa Berjangka *N-Tahun***

Penulis : Siska Afrilia

NIM : 2108046036

Jurusan : Matematika

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Matematika.

Semarang, 26 Juni 2025

DEWAN PENGUJI

Penguji I,

Any Muanalifah, M.Si., Ph.D.

NIP : 19820113 201101 2 009

Penguji II,

Seftina Diyah Miasary, M.Sc.

NIP : 19870920 201903 2 010

Penguji III,

Yolanda Norasia, M.Si.

NIP : 19940923 201903 2 011

Penguji IV,

Yulfa Romadiastri, S.Si., M.Sc.

NIP : 19810715 200501 2 008

Pembimbing,

Seftina Diyah Miasary, M.Sc.

NIP : 19870920 201903 2 010

NOTA DINAS

Semarang, 17 Juni 2025

Yth. Ketua Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Aplikasi Model *Lee-Carter* dalam Perhitungan Nilai
Premi Asuransi Jiwa Berjangka N-Tahun
Nama : Siska Afrilia
NIM : 2108046036
Jurusan : Matematika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing,



Seftina Diyah Miasary, M.Sc.
NIP : 19870920 201903 2 010

ABSTRAK

Perubahan tingkat mortalitas dari waktu ke waktu memengaruhi ketepatan perhitungan premi asuransi jiwa, sehingga diperlukan model aktuarial yang mampu menangkap dinamika tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan Model *Lee-Carter* dalam menghitung nilai premi asuransi jiwa berjangka n -tahun. Data yang digunakan meliputi jumlah individu yang meninggal dan jumlah individu yang hidup berdasarkan kelompok usia dan tahun selama periode 2015-2024, yang kemudian diolah untuk memperoleh tingkat mortalitas sebagai dasar pemodelan. Model *Lee-Carter* diaplikasikan untuk memodelkan dan memproyeksikan tingkat mortalitas pada periode 2025-2034. Estimasi parameter model dilakukan dengan metode *Singular Value Decomposition* (SVD), sedangkan proyeksi tren waktu pada komponen parameter k_t dilakukan menggunakan regresi linier sederhana. Proyeksi tingkat mortalitas tersebut selanjutnya digunakan untuk menyusun tabel mortalitas yang menjadi dasar perhitungan premi asuransi jiwa berjangka. Dalam perhitungan premi, beberapa faktor diperhitungkan, antara lain usia masuk tertanggung, durasi pertanggungan, tingkat suku bunga, dan nilai uang pertanggungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Model *Lee-Carter* mampu menghasilkan proyeksi mortalitas yang sesuai dengan data historis, dengan perbedaan tingkat mortalitas yang relatif kecil di setiap kelompok usia. Premi murni tahunan yang dihitung menggunakan model ini juga mengikuti pola teori aktuarial, di mana premi menurun seiring dengan berkurangnya masa pertanggungan.

Kata kunci : Model *Lee-Carter*, Premi Asuransi Jiwa Berjangka, Mortalitas, Proyeksi Mortalitas, Analisis Aktuarial.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt atas limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Aplikasi Model *Lee-Carter* dalam Perhitungan Nilai Premi Asuransi Jiwa Berjangka N-Tahun" dengan baik dan sesuai waktu yang telah direncanakan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad Saw., yang telah menjadi suri teladan dan membawa umat manusia dari masa kegelapan menuju kehidupan yang penuh dengan ilmu dan cahaya kebenaran.

Skripsi ini diajukan sebagai bagian dari pemenuhan syarat untuk meraih gelar Sarjana pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Penyusunan skripsi ini tentu tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Ibu Any Muanalifah, M.Si., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
3. Ibu Seftina Diah Miasary, M.Sc., selaku dosen pembimbing sekaligus dosen wali, yang telah berperan penting dalam proses penulis. terima kasih telah meluangkan waktu untuk

memberikan bimbingan, arahan, dan sumbangsih pemikiran dalam proses penyusunan skripsi ini.

4. Seluruh dosen Program Studi Matematika atas segala ilmu yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
5. Cinta pertama dan pintu surga, Bapak Agus Suroso dan Ibu Anis Wati. Terima kasih atas limpahan kasih sayang, doa yang tak pernah putus, serta dukungan moril dan material yang tiada ternilai sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Segala pengorbanan dan keikhlasan yang diberikan menjadi sumber kekuatan terbesar dalam setiap langkah perjuangan penulis selama masa studi.
6. Saudara Azha Agoes Setyawan. Terima kasih telah menjadi adik yang memberikan semangat, dukungan, dan doanya serta menemani penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Satu pribadi istimewa, Muhammad Ainur Rohim yang setia menemani setiap proses penulis—teman berbagi, pemberi semangat, dan tempat berlabuh di kala lelah. Terima kasih atas dukungan, kesabaran, dan pengertian yang tak pernah surut. Kehadiran dan ketulusannya sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Sahabat-sahabat penulis, Nazmatul Maulidya, Ainur Rofiah, dan Nandi Ristanti. Terima kasih telah hadir sebagai sumber semangat, tempat berbagi cerita, sandaran kala lelah, dukungan, kebersamaan, serta bantuan yang kalian berikan menjadi bagian penting dalam proses penyusunan skripsi ini.

9. Teman seperjuangan, Ida Nurlatifah, Ardiana Huzni M., Rofaniyati, Lailatul Husna, dll. Terima kasih telah menjadi rekan belajar sekaligus rekan dalam proses penyusunan skripsi.
10. Seluruh teman-teman mahasiswa Program Studi Matematika Angkatan 2021 dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca serta menjadi sumbangsih ilmiah yang berguna.

Semarang, 16 Juni 2025

Penulis,



Siska Afrilia

NIM: 2108046036

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA PEMBIMBING I	iv
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II LANDASAN PUSTAKA	7
A. Tingkat Mortalitas	7
B. Model <i>Lee-Carter</i> dalam Proyeksi Mortalitas	7
1. Rumus Dasar Model <i>Lee-Carter</i>	7
2. Metode Estimasi Parameter	8
C. Aplikasi Model <i>Lee-Carter</i> dalam Perhitungan Premi Asuransi Jiwa Berjangka	18
1. Asuransi	18
2. Asuransi Jiwa	19
3. Asuransi Jiwa Berjangka	21
4. Anuitas Jiwa Berjangka	22
5. Premi Asuransi Jiwa Berjangka	23
D. Penelitian Terdahulu	24
BAB III Metode Penelitian	27
A. Langkah Penelitian	27
B. Alur Penelitian	29

BAB IV Hasil Penelitian dan Pembahasan	31
A. Data Penelitian	31
B. Estimasi Parameter Model <i>Lee-Carter</i>	32
C. Aplikasi Model <i>Lee-Carter</i> dalam Perhitungan Premi Asuransi Jiwa Berjangka	42
1. Asumsi Kasus	42
2. Menghitung Nilai Tunai Manfaat Asuransi Jiwa Berjangka N-Tahun	43
3. Menghitung Nilai Tunai dari Anuitas Berjangka N-Tahun	49
4. Menghitung Nilai Premi Asuransi Jiwa Berjangka N-Tahun	52
BAB V PENUTUP	55
A. Kesimpulan	55
B. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58
Lampiran-lampiran	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Perhitungan Manual Regresi Linier	37
Tabel 4.2	Perhitungan Nilai v^{k+1}	44
Tabel 4.3	Perhitungan Nilai ${}_kp_x$	46
Tabel 4.4	Perhitungan Nilai q_{x+k}	46
Tabel 4.5	Perhitungan Nilai $v^{k+1} \cdot {}_kp_{30} \cdot q_{30+k}$	48
Tabel 4.6	perhitungan nilai v^k	49
Tabel 4.7	Perhitungan Nilai $v^k \cdot {}_kp_{30}$	51
Tabel 4.8	Perbandingan Premi Berdasarkan Masa Pertanggungan	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian	30

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1	Data Jumlah Individu yang Meninggal pada Usia x di Tahun t	62
Lampiran 2	Data Jumlah Individu yang Hidup pada Usia x di Tahun t	65
Lampiran 3	Data Tingkat Kematian	68
Lampiran 4	Nilai a_x Berdasarkan Usia	71
Lampiran 5	Matriks D	72
Lampiran 6	Script MATLAB Menentukan Transpos Matriks D dan Perkalian Matriks DD^T & $D^T D$	75
Lampiran 7	Matriks D^T	76
Lampiran 8	Matriks DD^T	77
Lampiran 9	Matriks $D^T D$	78
Lampiran 10	Script MATLAB Menghitung Nilai Eigen, Nilai Singular, Vektor Eigen dari Matriks DD^T	79
Lampiran 11	Matriks U	80
Lampiran 12	Matriks V	81
Lampiran 13	Script MATLAB Menentukan Parameter b_x dan Normalisasinya	82
Lampiran 14	Parameter b_x	83
Lampiran 15	Normalisasi b_x	84
Lampiran 16	Script MATLAB Menentukan Parameter k_t prediksi	85
Lampiran 17	Data Proyeksi Tingkat Mortalitas	86
Lampiran 18	Probabilitas Kematian	89
Lampiran 19	Probabilitas Hidup	92

Lampiran 20	Tabel Mortalitas	95
Lampiran 21	Daftar Riwayat Hidup	101

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dalam perjalanan hidupnya, setiap individu dihadapkan pada berbagai risiko yang tak terduga. Kehidupan sering kali tidak berjalan sesuai rencana, dan kecelakaan atau penyakit bisa datang tanpa peringatan. Risiko ini tidak hanya berdampak secara fisik dan emosional, tetapi juga secara finansial. Misalnya, muncul biaya perawatan medis yang tidak disangka dapat menjadi beban besar bagi seseorang dan keluarganya. Oleh karena itu, sangat penting bagi setiap orang untuk mempertimbangkan perlindungan finansial melalui asuransi, terutama asuransi jiwa. Asuransi jiwa tidak hanya memberikan keamanan finansial bagi keluarga yang ditinggalkan, tetapi juga memberikan kedamaian pikiran bahwa mereka dilindungi dalam situasi sulit (Wulandari dkk., 2014).

Asuransi jiwa dibagi menjadi tiga berdasarkan jangka waktu perlindungannya, yaitu asuransi jiwa seumur hidup, asuransi jiwa berjangka dan asuransi jiwa dwiguna (Wulandari dkk., 2014). Asuransi jiwa berjangka umumnya memiliki premi yang lebih terjangkau dibandingkan dengan asuransi jiwa lainnya. Hal ini menjadikannya pilihan yang populer bagi yang membutuhkan perlindungan sementara dengan biaya yang lebih rendah (Putri dkk., 2024). Asuransi ini memberikan perlindungan selama jangka waktu tertentu, seperti 10, 20, atau 30 tahun. Dalam menentukan premi asuransi jiwa, salah satu faktor yang penting dipertimbangkan adalah tabel mortalitas (Prabowo, 2023).

Tabel Mortalitas merupakan tabel yang digunakan dalam ilmu

aktuarial untuk menggambarkan tingkat mortalitas dari suatu populasi pada berbagai kelompok usia atau kondisi lainnya (Prabowo, 2023). Tabel mortalitas memiliki peran krusial dalam pemahaman dan pengelolaan analisis risiko yang berkaitan dengan peluang meninggalnya individu dalam suatu populasi. Melalui tabel ini, aktuaris dan peneliti dapat memperkirakan harapan hidup, tingkat mortalitas menurut usia, serta tren demografis secara umum. Informasi tersebut menjadi dasar dalam perencanaan kebijakan kesehatan dan perhitungan kewajiban asuransi, khususnya dalam menyusun strategi untuk menurunkan tingkat mortalitas dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat (Nursaadah dkk., 2015).

Dalam pembuatan tabel mortalitas, terdapat beberapa model yang dapat digunakan untuk memodelkan pola mortalitas dalam suatu populasi seperti model *Cairns-Blake-Dowd* yang memperkenalkan pendekatan yang lebih fleksibel untuk menangkap pola mortalitas dengan mempertimbangkan efek kohort yang mungkin terjadi (Cairns dkk., 2006). Model *Age-Period-Cohort* (APC) memisahkan efek dari usia, periode, dan kohort untuk memahami lebih baik tren dan pola mortalitas dalam suatu populasi (Yang & Land, 2013). Di samping itu, terdapat model-model lain seperti *Heligman-Pollard* yang fokus pada memperkirakan pola mortalitas berdasarkan usia dengan lebih akurat, serta model *Kannisto-Thatcher* yang sering digunakan untuk memodelkan harapan hidup pada usia lanjut (Kannisto, 2001).

Tabel mortalitas yang akurat tidak hanya mencerminkan kondisi mortalitas saat ini, tetapi juga mampu memproyeksikan tingkat mortalitas di masa mendatang. Oleh karena itu, penting

untuk menggunakan model proyeksi mortalitas yang tepat untuk menghitung risiko mortalitas dengan lebih baik. Salah satu model yang juga banyak digunakan adalah model *Lee-Carter*, yang pertama kali diperkenalkan oleh Ronald Lee dan Lawrence Carter pada tahun 1992 (Lee & Carter, 1992).

Lee dan Carter (1992) memperkenalkan metode baru untuk memproyeksikan mortalitas di Amerika Serikat. Studi ini mengasumsikan bahwa perubahan tingkat mortalitas dapat dipisahkan menjadi tiga komponen utama antara lain komponen umur spesifik, komponen sensitivitas perubahan mortalitas terhadap waktu, dan komponen tren waktu. Penelitian ini menjadi landasan bagi pengembangan model proyeksi mortalitas di berbagai negara, termasuk untuk menyusun tabel mortalitas yang digunakan dalam industri asuransi (Lee & Carter, 1992).

Model *Lee-Carter* sangat sesuai untuk digunakan dalam asuransi jiwa karena mampu memproyeksikan tingkat mortalitas berdasarkan usia dan tren waktu, yang merupakan komponen penting dalam perhitungan premi dan nilai kini aktuarial. Model ini telah digunakan dalam berbagai penelitian untuk memperkirakan tingkat mortalitas di masa depan. Misalnya, Vahdani Safdari-Vaighani, (2021), dalam artikelnya mengaplikasikan model pada data mortalitas Iran selama periode 1950-2015. Penelitian tersebut membandingkan antara model *Lee-Carter* (LC) dengan model *Time Varying* (TV) dalam peramalan mortalitas. Hasilnya menunjukkan bahwa kedua model ini memiliki kecocokan yang baik, tetapi model TV memiliki perhitungan lebih sedikit dan mampu menangani variasi data yang berubah seiring waktu serta memberikan keunggulan dalam mengatasi volatilitas waktu (Vahdani & Safdari-Vaighani, 2021). Adapun, Nursaadah, dkk

(2015) dalam artikelnya mengaplikasikan model *Lee-Carter* pada data peluang mortalitas Australia tahun 1921-2008. Penelitian ini menggunakan ARIMA untuk memproyeksikan komponen tren waktu, yang merupakan bagian dari model *Lee-Carter* dengan tujuan memprediksi tabel mortalitas yang lebih akurat (Nursaadah dkk., 2015).

Penggunaan model ARIMA untuk memproyeksikan tren waktu sering kali memerlukan perhitungan yang kompleks serta asumsi yang kuat mengenai karakteristik data deret waktu. Sebagai alternatif yang lebih sederhana, dalam penelitian ini digunakan regresi linier sederhana untuk memproyeksikan nilai k_t (Aji dkk., 2019). Sementara itu, metode *Singular Value Decomposition*(SVD) digunakan untuk menentukan parameter b_x , dan k_t dalam model *Lee-Carter* (Nursaadah dkk., 2015).

Salah satu penelitian yang sesuai adalah yang dilakukan oleh El Azab dan Salam (2018), menerapkan Model *Lee-Carter* pada pengalaman mortalitas populasi Mesir, dengan memanfaatkan SVD untuk mengestimasi parameter model. Penelitian ini menunjukkan bagaimana penerapan model tersebut dapat membantu dalam perhitungan risiko umur panjang dan penetapan harga produk annuitas. studi ini memberikan gambaran bahwa penggunaan SVD dalam konteks Model *Lee-Carter* tidak hanya relevan di Mesir tetapi juga dapat diterapkan pada negara lain dalam analisis mortalitas. (Azab & Salam, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan model *Lee-Carter* dengan metode SVD dalam proyeksi mortalitas serta perhitungan premi asuransi jiwa berjangka, tanpa melibatkan model ARIMA. Dengan menggunakan data mortalitas di Indonesia yaitu data dari Kecamatan Tayu Kabupaten Pati, penulis tertarik untuk

melakukan penelitian dengan judul Aplikasi Model *Lee-Carter* dalam Perhitungan Nilai Premi Asuransi Jiwa Berjangka N-Tahun.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana penerapan model *Lee-Carter* dalam memproyeksikan tingkat mortalitas?
2. Bagaimana perhitungan nilai premi untuk produk asuransi jiwa berjangka n-tahun menggunakan tabel mortalitas berdasarkan model *Lee-Carter*?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Data yang digunakan untuk menerapkan model *Lee-Carter* dalam memproyeksikan tingkat mortalitas adalah data dari Kecamatan Tayu Kabupaten Pati dengan usia 0-80 tahun pada tahun 2015-2024.
2. Data yang digunakan dalam perhitungan nilai premi asuransi jiwa berjangka n-tahun adalah data asuransi penduduk Kecamatan Tayu Kabupaten Pati.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini yaitu:

1. Menerapkan model *Lee-Carter* dalam memproyeksikan tingkat mortalitas.
2. Menentukan hasil perhitungan nilai premi asuransi jiwa berjangka n -tahun menggunakan tabel mortalitas yang telah diperoleh berdasarkan model *Lee-Carter*.

E. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini diantaranya adalah:

1. Bagi Peneliti sebagai sarana pengaplikasian ilmu yang telah diperoleh dalam kehidupan sehari-hari serta indikator menambah wawasan tentang metode baru yang dapat digunakan untuk mencari nilai premi asuransi jiwa berjangka n -tahun menggunakan tabel mortalitas yang diperoleh dari model *Lee-Carter*.
2. Bagi Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang dan umum menambah pembendaharaan skripsi perpustakaan Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang sehingga bermanfaat bagi mahasiswa Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang dan umum sebagai referensi tambahan ketika melakukan penelitian serupa.

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Tingkat Mortalitas

Tingkat mortalitas ($m_{x,t}$) adalah ukuran yang menunjukkan frekuensi kematian dalam suatu populasi pada periode waktu tertentu (Macdonald dkk., 2018). Nilai ini merupakan salah satu faktor yang dapat dipertimbangkan dalam perhitungan premi (Miasary, 2022). Tingkat mortalitas biasanya dihitung dengan membagi jumlah individu yang meninggal pada kelompok usia tertentu dengan jumlah individu yang hidup pada kelompok usia yang sama. Dalam konteks pemodelan mortalitas, seperti pada model *Lee-Carter*, tingkat mortalitas digunakan sebagai data utama untuk perhitungan. Tingkat mortalitas dapat ditentukan menggunakan rumus:

$$m_{x,t} = \frac{d_{x,t}}{l_{x,t}} \quad (2.1)$$

dengan:

$m_{x,t}$ = tingkat mortalitas untuk kelompok usia x pada tahun t .

$d_{x,t}$ = jumlah individu yang meninggal pada usia x di tahun t .

$l_{x,t}$ = jumlah individu yang hidup pada usia x di tahun t .

B. Model *Lee-Carter* dalam Proyeksi Mortalitas

1. Rumus Dasar Model *Lee-Carter*

Model *Lee-Carter* adalah suatu model dengan pendekatan statistik yang digunakan untuk memodelkan dan meramalkan

tingkat mortalitas berdasarkan usia dan waktu (Macdonald dkk., 2018).

Pada penelitian ini, model *Lee-Carter* dimanfaatkan untuk memproyeksikan tingkat mortalitas suatu populasi dengan menggunakan data jumlah individu yang meninggal dan individu yang hidup menurut kelompok usia serta tahun. Tahapan pertama dalam penerapan model ini adalah mengubah nilai tingkat mortalitas sebelumnya yang telah diperoleh ke dalam bentuk logaritma natural. Proses ini dilakukan untuk menyederhanakan pola dan memudahkan analisis. Berdasarkan (Lee & Carter, 1992) model ini dinyatakan dalam bentuk berikut:

$$\ln m_{x,t} = a_x + b_x k_t + \epsilon_{x,t} \quad (2.2)$$

dengan:

$\ln m_{x,t}$ = logaritma natural tingkat mortalitas.

a_x = pola mortalitas tetap per usia.

b_x = sensitivitas usia terhadap perubahan waktu.

k_t = indikator tren mortalitas tahunan.

$\epsilon_{x,t}$ = error atau deviasi yang terjadi antara model dan data.

2. Metode Estimasi Parameter

Pada model *Lee-Carter*, proses estimasi parameter dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah menentukan nilai parameter a_x , sedangkan tahap kedua menentukan parameter b_x dan k_t . Berikut langkah-langkah estimasi parameternya:

a. Menentukan Parameter a_x

Parameter a_x merupakan parameter yang mewakili pola mortalitas dasar tanpa mempertimbangkan tren waktu. a_x diperoleh dari rata-rata logaritma natural tingkat mortalitas untuk usia x (Macdonald dkk., 2018). Berikut rumus menentukan nilai parameter a_x :

$$a_x = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln m_{x,t} \quad (2.3)$$

dengan:

a_x = pola mortalitas tetap per usia.

T = total jumlah tahun yang dianalisis.

$\sum_{t=1}^T$ = notasi untuk menjumlahkan nilai dari $t = 1$ hingga T .

$\ln m_{x,t}$ = logaritma natural tingkat mortalitas.

b. Estimasi Parameter b_x dan k_t

Parameter b_x merupakan parameter yang menunjukkan seberapa besar pengaruh perubahan tingkat mortalitas pada usia x terhadap perubahan tren waktu, sedangkan k_t merupakan nilai yang berubah dari tahun ke tahun dan mencerminkan tren mortalitas secara keseluruhan (Macdonald dkk., 2018). Estimasi kedua parameter dilakukan dengan cara terlebih dahulu menentukan deviasi logaritma tingkat mortalitas terhadap nilai rata-ratanya.

Nilai deviasi merupakan ukuran yang menunjukkan seberapa besar penyimpangan tingkat mortalitas suatu usia dan tahun dari pola mortalitas rata-rata pada usia tersebut (Macdonald

dkk., 2018). Deviasi ini disimbolkan dengan $d_{x,t}$ dengan x menyatakan usia dan t menyatakan tahun. Berikut rumus menentukan nilai deviasi:

$$d_{x,t} = \ln m_{x,t} - a_x \quad (2.4)$$

dengan:

$d_{x,t}$ = deviasi logaritma natural tingkat mortalitas untuk kelompok usia x pada tahun t .

$\ln m_{x,t}$ = logaritma natural dari tingkat mortalitas untuk kelompok usia x pada tahun t .

a_x = rata-rata logaritma natural tingkat mortalitas untuk kelompok usia x .

Setelah diperoleh nilai deviasi berdasarkan seluruh usia dan tahun penelitian, dibentuk matriks D yang elemen datanya berupa nilai deviasi. Matriks ini memiliki dimensi $n \times m$ yang terdiri dari entri-entri $d_{n,m}$ sebagai berikut:

$$D = \begin{bmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & \cdots & d_{1,m} \\ d_{2,1} & d_{2,2} & \cdots & d_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n,1} & d_{n,2} & \cdots & d_{n,m} \end{bmatrix}.$$

Setiap entri $d_{n,m}$ menunjukkan nilai pada baris ke- n dan kolom ke- m dari matriks D . Sebagai contoh, apabila baris pertama menyatakan usia 0 tahun dan kolom pertama menyatakan tahun 2015, maka entri $d_{0,2015}$ adalah data nilai deviasi pada usia 0 tahun di tahun 2015.

Matriks D yang telah dibentuk kemudian digunakan untuk mengestimasi parameter menggunakan metode *Singular Value Decomposition* (SVD). SVD adalah teknik dalam aljabar linear yang digunakan untuk mendekomposisi suatu matriks. Matriks tersebut dipecah menjadi tiga seperti berikut:

$$D = USV^T \quad (2.5)$$

dengan:

U = matriks berukuran $n \times n$, yang kolom-kolomnya adalah vektor eigen dari DD^T .

S = matriks berukuran $n \times m$, dengan elemen diagonal berupa nilai singular.

V^T = transpos dari matriks V , di mana V adalah matriks berukuran $m \times m$, yang kolom-kolomnya adalah vektor eigen dari $D^T D$.

Dalam penerapan SVD, masing-masing matriks ditentukan dengan langkah sebagai berikut:

1). Menentukan Transpos Matriks D

Transpos matriks adalah bentuk baru dari suatu matriks yang diperoleh dengan mengubah setiap baris dari matriks asal menjadi kolom, dan setiap kolom menjadi baris (Beezer,2008). Jika matriks asal berukuran $n \times m$ maka transposnya berukuran $m \times n$. Sehingga, transpos dari matriks D yaitu D^T seperti berikut:

$$D^T = \begin{bmatrix} d_{1,1} & d_{2,1} & \cdots & d_{m,1} \\ d_{1,2} & d_{2,2} & \cdots & d_{m,2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{1,n} & d_{2,n} & \cdots & d_{m,n} \end{bmatrix}$$

2). Menentukan Hasil Perkalian $D \times D^T$

Perkalian $D \times D^T$ menghasilkan matriks berukuran $m \times m$, dengan elemen-elemen yang dihitung sebagai hasil penjumlahan perkalian antara baris-baris pada matriks D dan kolom-kolom pada matriks D^T . Elemen r_{ij} pada matriks $D \times D^T$ dihitung dengan rumus:

$$r_{ij} = \sum_{k=1}^n d_{ik} \cdot d_{jk}$$

Secara rinci, ini berarti elemen r_{ij} adalah hasil penjumlahan perkalian elemen-elemen dari baris i pada matriks D dan kolom j pada matriks D^T . Jadi, untuk r_{ij} , kita memiliki:

$$r_{ij} = d_{i1} \cdot d_{j1} + d_{i2} \cdot d_{j2} + \cdots + d_{in} \cdot d_{jn}$$

Sehingga matriks hasil perkalian $D \times D^T$ dapat dituliskan sebagai:

$$D \times D^T = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mm} \end{bmatrix}$$

3). Menentukan Hasil Perkalian $D^T \times D$

Perkalian $D^T \times D$ menghasilkan matriks berukuran $n \times n$. Setiap elemen s_{ij} dihitung berdasarkan kolom-kolom pada matriks D dan kolom-kolom pada matriks D itu sendiri. Secara matematis, elemen s_{ij} pada matriks $D^T \times D$ dihitung dengan rumus:

$$s_{ij} = \sum_{k=1}^m d_{ki} \cdot d_{kj}$$

Atau, secara rinci:

$$s_{ij} = d_{1i} \cdot d_{1j} + d_{2i} \cdot d_{2j} + \cdots + d_{mi} \cdot d_{mj}$$

Matriks hasil perkalian $D^T \times D$ akan berbentuk sebagai berikut:

$$D^T \times D = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{n1} & s_{n2} & \cdots & s_{nn} \end{bmatrix}$$

4). Menentukan Nilai Eigen

Nilai eigen merupakan suatu bilangan yang menunjukkan besarnya perubahan skala terhadap suatu vektor ketika vektor tersebut dikenai transformasi oleh matriks tertentu. Dalam aljabar linear, sebuah nilai dikatakan sebagai nilai eigen dari suatu matriks jika terdapat vektor tak nol yang arahnya tetap setelah dikalikan dengan matriks tersebut, dengan panjangnya berubah sesuai dengan nilai tersebut (Beezer,2008). Dalam metode SVD,

nilai eigen λ adalah skalar yang muncul sebagai solusi dari persamaan karakteristik berikut:

$$\det(DD^T - \lambda I) = 0 \quad \text{atau} \quad \det(D^T D - \lambda I) = 0 \quad (2.6)$$

dengan, λ adalah nilai eigen dan I adalah matriks identitas.

5). Menentukan Nilai singular

Nilai singular (σ) dari suatu matriks adalah bilangan real tak negatif yang merupakan akar kuadrat dari nilai eigen matriks hasil perkalian $D \times D^T$ atau $D^T \times D$. Nilai singular dalam SVD diperoleh dari akar kuadrat nilai eigen, yaitu:

$$\sigma_i = \sqrt{\lambda_i} \quad (2.7)$$

Nilai singular yang disusun dalam matriks diagonal S digunakan untuk mewakili variabilitas (penyebaran) data.

6). Menentukan Vektor Eigen

Vektor eigen (v) adalah vektor tak nol yang ketika dikenai transformasi oleh suatu matriks kuadrat yang bersesuaian yaitu $D \times D^T$ atau $D^T \times D$ arah vektornya tidak berubah. Vektor eigen diperoleh dengan menyubstitusikan nilai λ ke dalam persamaan berikut:

$$(DD^T - \lambda I)v = 0 \quad \text{atau} \quad (D^T D - \lambda I)v = 0 \quad (2.8)$$

dengan, λ adalah nilai eigen terkait. Vektor eigen dari $D^T D$ akan membentuk kolom-kolom matriks V , sedangkan vektor eigen dari DD^T membentuk kolom-kolom matriks U .

7). Menentukan Parameter b_x dan k_t :

Setelah dekomposisi dilakukan, parameter b_x diperoleh dari kolom pertama matriks U dan kemudian dinormalisasikan ($\sum_x b_x = 1$), artinya skalakan semua nilai b_x agar totalnya 1. Sedangkan parameter k_t diperoleh dari baris pertama matriks V dikalikan dengan nilai singular pertama. Komponen ini merepresentasikan pola temporal (waktu).

c. Proyeksi Tingkat Mortalitas

Setelah memperoleh 3 parameter yaitu a_x , b_x , dan k_t , langkah selanjutnya yaitu memproyeksikan tingkat mortalitas masa depan. Proyeksi tingkat mortalitas adalah proses estimasi tingkat mortalitas pada masa mendatang berdasarkan pola historis mortalitas yang telah diamati (Dickson dkk., 2013). Proyeksi ini dinyatakan dengan persamaan:

$$\hat{m}_{x,t} = \exp(a_x + b_x \hat{k}_t) \quad (2.9)$$

dengan $\hat{k}_t$ merupakan proyeksi dari parameter waktu k_t . Untuk memproyeksikan k_t , biasanya diasumsikan adanya pola tren seperti linier, eksponensial, atau tetap. Ketika data menunjukkan kecenderungan yang cukup stabil dalam jangka pendek, pendekatan regresi linier sederhana sering digunakan (Aji dkk., 2019). Metode ini memodelkan hubungan antara waktu t dan parameter k_t dalam bentuk garis

lurus, sehingga memudahkan proses prediksi:

$$\hat{k}_t = a + bt \quad (2.10)$$

dengan:

a = intersep (*intercept*), yaitu nilai awal dari tren mortalitas yang diproyeksikan.

b = kemiringan (*slope*) garis yang menunjukkan laju perubahan k_t terhadap waktu.

Parameter a dan b dapat dihitung secara manual menggunakan metode kuadrat terkecil (*least squares*) dengan rumus:

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^n (t \cdot k_t) - (\sum_{t=1}^n t) (\sum_{t=1}^n k_t)}{n \sum_{t=1}^n t^2 - (\sum_{t=1}^n t)^2} \quad (2.11)$$

$$a = \frac{\sum_{t=1}^n k_t - b \sum_{t=1}^n t}{n} \quad (2.12)$$

dengan:

n = jumlah data observasi yang digunakan dalam perhitungan regresi.

t = indeks waktu ke- t (misalnya tahun ke-1, ke-2, dan seterusnya).

k_t = nilai komponen tren mortalitas pada waktu ke- t .

$\sum_{t=1}^n$ = simbol penjumlahan, yaitu menjumlahkan semua nilai dari $t = 1$ hingga $t = n$.

d. Menentukan Probabilitas Kematian

Setelah mendapatkan proyeksi tingkat mortalitas, langkah berikutnya adalah menghitung probabilitas kematian untuk setiap tahun dalam jangka waktu polis. Probabilitas kematian merupakan peluang seseorang pada usia x di tahun t akan meninggal sebelum usia $x + t$ (Dickson dkk., 2013). Probabilitas kematian dapat dihitung sebagai:

$$q_{x,t} = 1 - \exp(-\hat{m}_{x,t}) \quad (2.13)$$

dengan:

$q_{x,t}$ = probabilitas kematian pada usia x di tahun t .

$\hat{m}_{x,t}$ = tingkat mortalitas yang diperkirakan pada usia x dan tahun t . Tingkat mortalitas ini diperoleh dari model *Lee-Carter*.

$\exp$ = fungsi eksponensial yang digunakan dalam perhitungan probabilitas kematian.

e. Menentukan Probabilitas Hidup

Probabilitas hidup $p_{x,t}$ adalah peluang seseorang pada usia x di tahun t akan bertahan hidup hingga usia $x + t$ (Dickson dkk., 2013). Probabilitas ini dapat dihitung sebagai komplemen dari probabilitas kematian $q_{x,t}$, dengan rumus sebagai berikut:

$$p_{x,t} = 1 - q_{x,t} \quad (2.14)$$

dengan:

$p_{x,t}$ = probabilitas hidup pada usia x di tahun t .

$q_{x,t}$ = probabilitas kematian pada usia x di tahun t .

e. Membentuk Tabel Mortalitas

Tabel mortalitas adalah susunan data kuantitatif yang merepresentasikan kemungkinan seseorang bertahan hidup atau meninggal pada setiap usia tertentu (Dickson dkk., 2013). Pada tabel ini berisi nilai probabilitas kematian dan probabilitas Hidup yang telah diperoleh dari hasil model *Lee-Carter*.

C. Aplikasi Model *Lee-Carter* dalam Perhitungan Premi Asuransi Jiwa Berjangka

1. Asuransi

Asuransi adalah perjanjian di mana pihak penanggung berjanji untuk memberikan kompensasi kepada tertanggung atau ahli warisnya jika terjadi suatu peristiwa yang telah diasuransikan, seperti meninggal dunia, kecelakaan, atau kerugian finansial lainnya. Sebagai imbalan, tertanggung membayar premi secara berkala kepada penanggung. Perlindungan yang diberikan oleh asuransi membantu mengurangi dampak finansial dari kejadian-kejadian tersebut, sehingga meminimalkan risiko kerugian yang berat bagi tertanggung dan keluarganya (Rusman, 2018). Menurut Pasal 1 Undang-Undang No. 40 Tahun 2014 tentang Perasuransian, *"asuransi merupakan suatu perjanjian di antara dua pihak, yaitu perusahaan asuransi dan pemegang polis, di mana perusahaan asuransi menerima premi sebagai imbalan. Perjanjian ini bertujuan untuk memberikan penggantian kepada pemegang polis atas kerugian, kerusakan, biaya yang timbul, kehilangan keuntungan, atau tanggung jawab hukum kepada pihak ketiga yang mungkin diderita pemegang polis akibat terjadinya*

suatu peristiwa yang tidak pasti. Selain itu, asuransi juga dapat memberikan pembayaran berdasarkan pada meninggalnya atau hidupnya tertanggung, dengan manfaat yang telah ditetapkan atau berdasarkan pada hasil pengelolaan dana." (Huda, 2020).

Menurut Rusman (2018), secara umum industri asuransi dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok utama, yaitu:

1. Asuransi kerugian, yaitu jenis usaha perasuransian yang Memberikan jaminan terhadap risiko kerugian akibat peristiwa tidak pasti yang dijamin polis, kecuali risiko terkait hidup atau meninggalnya seseorang.
2. Asuransi jiwa, yaitu jenis usaha perasuransian yang Memberikan jaminan pembayaran berdasarkan hidup atau meninggalnya seseorang yang diasuransikan.
3. Asuransi sosial, yaitu jenis usaha perasuransian yang Memberikan jaminan perlindungan kepada masyarakat luas, di mana individu berpenghasilan tinggi membantu yang berpenghasilan rendah, atau generasi muda membantu generasi tua. Dikelola langsung oleh pemerintah dengan undang-undang yang mengatur pelaksanaannya.

2. Asuransi Jiwa

Asuransi jiwa adalah perjanjian antara pemegang polis dan perusahaan asuransi di mana perusahaan asuransi berkomitmen untuk membayar sejumlah uang kepada penerima manfaat setelah kematian tertanggung, dengan imbalan premi yang dibayarkan oleh pemegang polis. Tujuan utama asuransi jiwa adalah untuk memberikan perlindungan finansial terhadap risiko meninggalnya

seseorang dan untuk menjamin kesejahteraan ahli waris (Putri dkk., 2024). Terdapat 4 jenis Asuransi Jiwa yang dijelaskan oleh (AAJI, 2018), meliputi:

1. Asuransi Jiwa Berjangka (*Term Life Insurance*), memberikan manfaat perlindungan apabila tertanggung meninggal dunia dalam jangka waktu tertentu yang telah disepakati. Periode pertanggungan dapat bervariasi, misalnya 1, 5, 10, 15, atau 20 tahun, bahkan hingga usia tertentu.
2. Asuransi Jiwa Seumur Hidup (*Whole Life Insurance*), memberikan manfaat santunan kematian selama polis masih berlaku, tanpa batasan waktu tertentu. Produk ini memberikan perlindungan seumur hidup kepada tertanggung, sehingga menjamin pembayaran manfaat kapan pun tertanggung meninggal dunia. Selain itu, produk ini juga memiliki nilai tunai yang dapat dijadikan sebagai instrumen investasi jangka panjang dengan imbal hasil tetap.
3. Asuransi Jiwa Dwiguna (*Endowment Life Insurance*), produk asuransi yang menggabungkan manfaat perlindungan jiwa dan tabungan. Santunan akan dibayarkan apabila tertanggung meninggal dunia dalam masa asuransi. Namun, apabila tertanggung masih hidup hingga akhir masa pertanggungan, maka pemegang polis akan menerima manfaat sejumlah nilai yang telah disepakati sebelumnya. Durasi polis dapat mencapai 5, 10, 15, bahkan 30 tahun, atau berakhir pada usia tertentu.
4. Asuransi Jiwa Unit Link (*Unit-Linked Life Insurance*), produk asuransi jiwa yang digabungkan dengan unsur investasi.

Selain memberikan perlindungan jiwa, produk ini memiliki nilai tunai yang akan berkembang berdasarkan kinerja investasi yang dipilih. Nilai tunai tersebut bersifat fluktuatif, tergantung pada kondisi pasar dan portofolio investasi. Produk ini sesuai bagi individu yang ingin memperoleh manfaat perlindungan sekaligus pertumbuhan dana investasi secara bersamaan.

3. Asuransi Jiwa Berjangka

Asuransi jiwa berjangka (*Term Life Insurance*) adalah jenis asuransi yang memberikan perlindungan dalam jangka waktu tertentu, biasanya beberapa tahun, misalnya n tahun. Manfaat dari asuransi jiwa berjangka hanya akan diberikan kepada ahli waris jika tertanggung meninggal dunia selama masa perlindungan. Jika tertanggung masih hidup setelah periode n tahun berakhir, polis asuransi akan habis tanpa adanya manfaat yang dibayarkan (Putri dkk., 2024).

Nilai tunai dari manfaat asuransi jiwa berjangka n tahun dihitung dengan rumus:

$$A_{x:\overline{n}|}^1 = \sum_{k=0}^{n-1} v^{k+1} {}_k p_x q_{x+k} \quad (2.15)$$

dengan:

$A_{x:\overline{n}|}^1$ = nilai tunai dari manfaat asuransi jiwa berjangka bagi tertanggung berusia x dengan masa perlindungan n tahun.

v = faktor diskonto, dengan $v = \frac{1}{1+i}$.

${}_k p_x$ = probabilitas hidup seseorang berusia x selama k tahun.

q_{x+k} = probabilitas kematian pada usia $x + k$

4. Anuitas Jiwa Berjangka

Anuitas mewakili nilai tunai dari serangkaian pembayaran yang dilakukan selama periode n tahun, dengan mempertimbangkan probabilitas hidup tertanggung. Dalam konteks asuransi jiwa berjangka, anuitas n tahun mencerminkan nilai pembayaran tahunan yang dibayarkan kepada tertanggung jika tertanggung hidup setiap tahun dalam periode n tahun tersebut (Widhiatmoko & Anam, 2022).

Nilai tunai dari anuitas berjangka n tahun dihitung dengan rumus:

$$\ddot{a}_{x:\overline{n}|} = \sum_{k=0}^{n-1} v^k {}_k p_x \quad (2.16)$$

dengan:

$\ddot{a}_{x:\overline{n}|}$ = nilai tunai dari anuitas jiwa berjangka selama n tahun.

v = faktor diskonto ($v = \frac{1}{1+i}$), dengan i adalah tingkat bunga.

${}_k p_x$ = probabilitas hidup seseorang berusia x selama k tahun.

5. Premi Asuransi Jiwa Berjangka

Premi asuransi merupakan sejumlah pembayaran yang dilakukan oleh pihak tertanggung kepada perusahaan asuransi sebagai syarat untuk memperoleh perlindungan sesuai dengan kesepakatan dalam kontrak asuransi (Novika dkk., 2022). Perhitungan premi harus mempertimbangkan nilai sekarang dari pembayaran di masa depan serta probabilitas terjadinya peristiwa yang diasuransikan. Dengan demikian, premi yang dikenakan oleh perusahaan asuransi bukan hanya untuk menutupi klaim yang mungkin terjadi, tetapi juga untuk memastikan keberlangsungan operasional perusahaan (Widhiatmoko & Anam, 2022).

Premi asuransi jiwa berjangka adalah sejumlah uang yang dibayarkan oleh pemegang polis selama periode tertentu sebagai imbalan atas perlindungan risiko meninggalnya seseorang dalam jangka waktu yang disepakati, dengan pembayaran premi bisa dilakukan secara tunggal atau berkala, dan besaran premi dipengaruhi oleh risiko mortalitas, bunga, serta biaya lainnya (Artika dkk., 2018).

$$P_{x:\overline{n}|}^1 = \frac{A_{x:\overline{n}|}^1}{\ddot{a}_{x:\overline{n}|}} \quad (2.17)$$

dengan:

$P_{x:\overline{n}|}^1$ = premi tahunan yang harus dibayar.

$A_{x:\overline{n}|}^1$ = nilai tunai dari manfaat asuransi jiwa berjangka.

$\ddot{a}_{x:\overline{n}|}$ = nilai tunai dari anuitas jiwa berjangka n tahun.

D. Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan penelitian yang relevan dengan penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Nursaadah, Puspita, dan Marwati dengan judul *Metode Peramalan Mortalita Menggunakan Metode Lee-Carter* membahas penerapan model *Lee-Carter* untuk meramalkan laju mortalitas di Australia. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah peluang mortalitas penduduk Australia pada periode 1921-2008 dengan kelompok usia 0-109 tahun. Parameter mortalitas diestimasi menggunakan metode *Singular Value Decomposition (SVD)*, dan proyeksi indeks mortalitas k_t dilakukan menggunakan metode *ARIMA(0,1,1)* untuk periode 2009-2011. Hasil menunjukkan bahwa pendekatan eksponensial terhadap *central death rates* memberikan hasil yang lebih baik dibanding pendekatan linear. Persamaan antara penelitian Nursaadah dkk. dengan penelitian ini adalah sama-sama menggunakan model *Lee-Carter* dan metode *SVD* untuk estimasi awal parameter mortalitas. Perbedaannya terletak pada data yang digunakan dan tujuan akhirnya. Nursaadah dkk. menggunakan data dari Australia dan tidak menghitung premi asuransi jiwa, sedangkan penelitian ini menggunakan data kematian dan penduduk kecamatan Tayu Kabupaten Pati periode 2015-2024 serta menghitung premi asuransi jiwa berjangka berdasarkan hasil proyeksi mortalitas model *Lee-Carter*.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Fajar dan Fajariyanto (2022) berjudul *“Lee-Carter Modeling for Mortality in*

Indonesia with a Bayesian Approach” bertujuan untuk memodelkan tingkat mortalitas di Indonesia dengan pendekatan Bayesian. Model *Lee-Carter* diterapkan dengan asumsi bahwa parameter dalam model bersifat acak (*random variables*), lalu dilakukan estimasi menggunakan pendekatan Bayesian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola perubahan mortalitas tertinggi terjadi pada usia bayi (kurang dari satu tahun), kemudian menurun hingga usia balita (1–4 tahun), dan cenderung meningkat kembali seiring bertambahnya usia. Persamaan penelitian ini dengan penelitian Fajar dan Fajariyanto terletak pada penggunaan model *Lee-Carter* untuk pemodelan mortalitas di Indonesia. Perbedaannya adalah penelitian Fajar dan Fajariyanto menggunakan pendekatan Bayesian sedangkan penelitian ini menggunakan SVD.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Azis, Valentika, Kusdaniyama, dan Purnama Sari (2021) dengan judul *Peramalan Tingkat Mortalitas, Kematian dan Hidup dengan Menggunakan Model Lee-Carter dan GARCH*. Model *Lee-Carter* digunakan untuk memperkirakan parameter mortalitas, khususnya komponen k_t , yang kemudian dimodelkan lebih lanjut dengan metode GARCH(1,1) guna menangkap volatilitas data kematian dari tahun ke tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai k_t mengalami tren penurunan yang tajam, mengindikasikan peningkatan harapan hidup dari tahun ke tahun. Persamaan penelitian Azis dkk. dengan penelitian ini adalah menggunakan model *Lee-Carter* untuk memproyeksikan tingkat mortalitas. Sedangkan perbedaannya terletak pada metode pemodelan komponen

k_t , di mana Azis dkk. menggunakan model GARCH(1,1) untuk menangkap volatilitas data mortalitas, sedangkan penelitian ini menggunakan model deret waktu linier sederhana untuk memproyeksikan k_t secara langsung.

BAB III

Metode Penelitian

A. Langkah Penelitian

1. Studi Literatur

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur dimana mengumpulkan referensi dari berbagai sumber, termasuk artikel jurnal, buku teks, dan laporan penelitian yang relevan. Fokus utama adalah memahami dan mengumpulkan bahan terkait Model *Lee-Carter*. Selain itu, literatur tentang konsep dan struktur asuransi jiwa berjangka, termasuk metode perhitungan premi.

2. Pengumpulan Data

Pada langkah ini penulis mengumpulkan data mortalitas yang relevan di wilayah Kecamatan Tayu Kabupaten Pati. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh secara langsung oleh penulis. Data tersebut meliputi data jumlah orang yang meninggal pada usia x di tahun t dan data jumlah populasi hidup pada usia x selama tahun t . Selain itu, data pendukung juga diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Pati.

3. Pengolahan Data Mortalitas

Data mortalitas diolah untuk mendapatkan tingkat mortalitas pada kelompok usia x pada tahun t menggunakan persamaan (2.1).

4. Estimasi Parameter Model *Lee-Carter*

Pada langkah ini, penulis menggunakan data tingkat

mortalitas untuk estimasi parameter model *Lee-Carter*. Estimasi parameter dilakukan melalui 2 tahap yaitu dengan menentukan parameter a_x menggunakan persamaan (2.3), baru kemudian menentukan parameter b_x dan k_t .

Estimasi parameter b_x dan k_t dilakukan dengan cara menghitung nilai deviasi terlebih dahulu menggunakan persamaan (2.4) dan kemudian dibentuk matriks D . Setelah itu ditentukan dengan langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan transpos matriks D .
- b. Menentukan hasil perkalian $D \times D^T$.
- c. Menentukan hasil perkalian Perkalian $D^T \times D$.
- d. Menentukan nilai eigen menggunakan persamaan (2.6).
- e. Menentukan nilai singular menggunakan persamaan (2.7).
- f. Menentukan vektor eigen menggunakan persamaan (2.8).
- g. Menentukan parameter b_x dan k_t menggunakan persamaan (2.9).

5. Proyeksi Tingkat Mortalitas

Memproyeksikan tingkat mortalitas masa depan menggunakan model yang telah disesuaikan menggunakan persamaan (2.9) dan sebelumnya telah dihitung proyeksi k_t menggunakan persamaan (2.10).

6. Penentuan Probabilitas Kematian

Menghitung probabilitas kematian untuk setiap tahun dalam jangka waktu polis menggunakan persamaan (2.13).

7. Penentuan Probabilitas Hidup

Setelah mendapatkan $q_{x,t}$ dapat dihitung probabilitas hidup $p_{x,t}$ untuk seseorang berusia x selama t tahun ke depan menggunakan persamaan (2.14).

8. Perhitungan Premi Asuransi Jiwa Berjangka N-Tahun

Dalam perhitungan premi asuransi jiwa berjangka, beberapa langkah penting harus dilakukan sebelum menentukan besaran premi yang harus dibayarkan oleh tertanggung. Proses ini dimulai dengan:

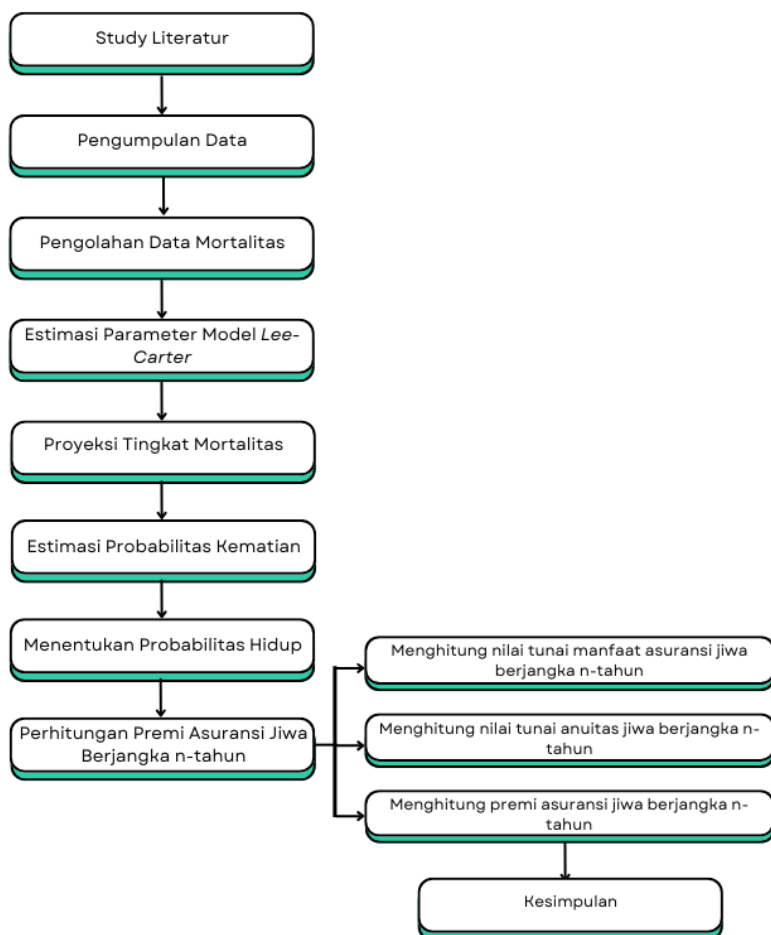
- a. Menghitung nilai tunai manfaat asuransi jiwa berjangka n-tahun menggunakan persamaan (2.15).
- b. Menghitung nilai tunai anuitas jiwa berjangka n-tahun menggunakan persamaan (2.16).
- c. Menghitung premi asuransi jiwa berjangka n-tahun menggunakan persamaan (2.17).

9. Kesimpulan

Langkah terakhir yaitu merangkum temuan utama penelitian dan memberikan rekomendasi berdasarkan hasil.

B. Alur Penelitian

Berikut adalah diagram alur penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

BAB IV

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada bab ini, akan disajikan hasil pengolahan data mortalitas yang telah dilakukan menggunakan model *Lee-Carter* dan diestimasi menggunakan metode SVD. Selanjutnya, hasil estimasi akan digunakan untuk perhitungan premi asuransi jiwa berjangka n -tahun.

A. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jumlah individu yang meninggal dan jumlah individu yang hidup di kecamatan Tayu Kabupaten Pati berdasarkan rentang usia 0 sampai 80 tahun dalam periode tahun 2015 sampai 2024. Data banyaknya jumlah individu yang meninggal dapat dilihat pada Lampiran 1.

dengan, kolom "Usia" menunjukkan umur individu yang meninggal pada tahun tertentu. Usia 0 merujuk pada bayi yang meninggal sebelum mencapai usia satu tahun, sedangkan usia 1 menunjukkan kematian pada anak yang telah berumur satu tahun penuh namun belum genap dua tahun, dan seterusnya. Sementara itu, kolom "Tahun" menunjukkan periode waktu terjadinya kematian, yaitu dari tahun 2015 hingga 2024. Sehingga, angka dalam tabel merepresentasikan jumlah individu yang meninggal pada usia tertentu di tahun kalender yang bersangkutan.

sedangkan, data banyaknya jumlah individu yang hidup pada usia x di tahun t dapat dilihat pada Lampiran 2. Dengan, kolom "Usia" dan "Tahun" pada tabel ini memiliki pengertian yang sama seperti

pada tabel jumlah individu meninggal.

Pada penelitian ini, sebelum dilakukan estimasi model *Lee-Carter* data di atas digunakan untuk menghitung tingkat mortalitas dengan menggunakan persamaan (2.1). Contoh hasil perhitungan nilai tingkat mortalitas yaitu:

$$m_{0,2015} = \frac{d_{0,2015}}{l_{0,2015}} = \frac{7}{1068} = 0,00655$$

Hasil perhitungan lainnya disajikan pada tabel di Lampiran 3 dengan kolom "Usia" dan "Tahun" ditafsirkan sama seperti pada tabel sebelumnya.

B. Estimasi Parameter Model *Lee-Carter*

Pada Model *Lee-Carter* dilakukan 3 estimasi parameter yaitu a_x , b_x , dan k_t . Menggunakan persamaan (2.3), perhitungan nilai rata-rata logaritma natural dari tingkat mortalitas (a_x) dilakukan berdasarkan data mortalitas selama periode waktu sepuluh tahun, yaitu dari tahun 2015 hingga tahun 2024. Contoh perhitungan nilai a_x yaitu:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{1}{10} \sum_{t=2015}^{2024} \ln m_{0,t} \\ &= \frac{1}{10} (\ln 0,00655 + \ln 0,00557 + \ln 0,00599 + \ln 0,00593 + \ln 0,00494 \\ &\quad + \ln 0,00794 + \ln 0,00690 + \ln 0,00826 + \ln 0,00396 + \ln 0,00599) \\ &= \frac{1}{10} (-5,02829 - 5,19036 - 5,11766 - 5,12773 - 5,31039 \\ &\quad - 4,83584 - 4,97623 - 4,79633 - 5,53151 - 5,11766) \\ &= \frac{-51,03200}{10} \end{aligned}$$

$$= -5,10320$$

Setelah diperoleh nilai parameter a_x untuk setiap usia, yang selengkapnya disajikan pada Lampiran 4, langkah berikutnya akan dibentuk matriks D dengan elemen-elemen $d_{x,t}$ yang diperoleh dari persamaan (2.4). Contoh perhitungan nilai $d_{x,t}$ yaitu:

$$d_{0,2015} = \ln m_{0,2015} - a_0 = -5,02829 - (-5,10320) = 0,07491$$

Hasil lainnya akan ditampilkan dalam bentuk matriks D seperti pada Lampiran 5.

Dalam proses *Singular Value Decomposition* (SVD), suatu matriks data D dapat diuraikan menjadi 3 yaitu U , S , dan V . Langkah pertama dimulai dengan membentuk matriks DD^T . Matriks ini kemudian digunakan untuk mencari vektor-vektor eigen yang membentuk kolom-kolom pada matriks U , sedangkan matriks $D^T D$ untuk memperoleh vektor eigen pembentuk kolom V .

Menggunakan matriks D yang telah diperoleh sebelumnya, transpos matriks D dapat ditentukan dengan menukar baris menjadi kolom serta sebaliknya kolom menjadi baris. Hasilnya seperti pada Lampiran 6.

Kemudian dilakukan perkalian matriks DD^T dan $D^T D$. Perkalian tersebut diimplementasikan menggunakan bantuan *software* MATLAB untuk mempermudah perhitungan dikarenakan ukuran matriks yang besar. Hasil perkalian matriks dapat dilihat pada Lampiran 8 untuk DD^T dan Lampiran 9 untuk $D^T D$.

Hasil dari perhitungan tersebut dapat dicari nilai eigennya dengan menerapkan persamaan (2.6). Dengan, λ sebagai nilai eigen. Menggunakan bantuan *software* MATLAB, maka diperoleh nilai

eigennya adalah

$$\lambda = \begin{bmatrix} 39,01413 \\ 21,30461 \\ 13,10045 \\ 11,88757 \\ 8,32086 \\ 5,97303 \\ 4,69594 \\ 2,99988 \\ 0,44301 \\ 0,00000 \end{bmatrix}$$

Kemudian, nilai singular (σ) diperoleh dari akar kuadrat nilai eigen seperti pada persamaan (2.7). Contoh:

$$\sigma_1 = \sqrt{\lambda_1} = \sqrt{39,01413} = 6,24613$$

Sehingga, keseluruhan hasilnya sebagai berikut:

$$\sigma = \begin{bmatrix} 6,24613 \\ 4,61569 \\ 3,61945 \\ 3,44784 \\ 2,88459 \\ 2,44398 \\ 2,16701 \\ 1,73201 \\ 0,66559 \\ 0,00000 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya, untuk mendapatkan vektor-vektor kolom dari matriks

U dapat diperoleh dengan mencari vektor eigen DD^T dengan menerapkan persamaan (2.8). Maka, dengan bantuan *software* MATLAB diperoleh vektor eigen (v) dari DD^T yang membentuk kolom-kolom matriks U seperti pada Lampiran 11. Serta, vektor eigen dari $D^T D$ juga menggunakan persamaan (2.8) untuk memperoleh matriks V yang dapat dilihat pada Lampiran 12.

Estimasi parameter b_x dilakukan dengan cara mengambil kolom pertama matriks U dengan data seperti pada Lampiran 14. Kemudian, dinormalisasi dengan *software* MATLAB mendapat hasil yang dapat dilihat pada Lampiran 15.

Parameter k_t diperoleh dengan mengalikan nilai singular

pertama yaitu 6,24613 dengan kolom pertama matriks V .

$$\begin{aligned}
 k_t &= \sigma_1 v_1 \\
 &= (6,24613) \begin{bmatrix} -0,47141 \\ -0,47141 \\ -0,23029 \\ -0,16288 \\ -0,17308 \\ 0,45854 \\ 0,28271 \\ 0,33941 \\ 0,15148 \\ 0,13301 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} -2,94447 \\ -2,94447 \\ -1,43845 \\ -1,01737 \\ -1,08107 \\ 2,86413 \\ 1,76587 \\ 2,12002 \\ 0,94617 \\ 0,83079 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Parameter k_t yang telah diperoleh sebelumnya akan dilakukan prediksi untuk 10 tahun ke depan menggunakan regresi linier sederhana. Dalam konteks ini, t merepresentasikan waktu atau tahun ke- t , dimulai dari nilai 1 hingga 10, sedangkan k_t adalah parameter waktu dalam model *Lee-Carter* yang

menggambarkan tingkat mortalitas secara keseluruhan pada tahun ke- t . Untuk memperoleh persamaan regresi linier sederhana yang menghubungkan antara waktu t dan parameter mortalitas k_t , dilakukan perhitungan manual untuk menentukan nilai konstanta (a) dan koefisien regresi (b). Nilai-nilai tersebut dihitung melalui total dari t , k_t , hasil kali $t \cdot k_t$, dan kuadrat t^2 , sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1. Perhitungan Manual Regresi Linier

t	k_t	$t \cdot k_t$	t^2
1	-2,94447	-2,94447	1
2	-2,94447	-5,88894	4
3	-1,43845	-4,31535	9
4	-1,01737	-4,06948	16
5	-1,08107	-5,40535	25
6	2,86413	17,18478	36
7	1,76587	12,36109	49
8	2,12002	16,96016	64
9	0,94617	8,51553	81
10	0,83079	8,30790	100
Jumlah	0,89885	40,70586	385
$\sum_{t=1}^{10} t = 55$			

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.1, dengan jumlah data $n = 10$, maka persamaan regresi linier sederhana yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara waktu t dan parameter mortalitas k_t dapat ditentukan dengan persamaan (2.10) untuk

memperoleh nilai *slope* (b) berikut:

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{n \sum_{t=1}^{10} (t \cdot k_t) - \left(\sum_{t=1}^{10} t \right) \left(\sum_{t=1}^{10} k_t \right)}{n \sum_{t=1}^{10} t^2 - \left(\sum_{t=1}^{10} t \right)^2} \\
 &= \frac{10 \cdot 40,70586 - 55 \cdot (0,89885)}{10 \cdot 385 - 55^2} \\
 &= \frac{407,0586 + 49,43673}{3850 - 3025} \\
 &= \frac{456,49536}{825} \\
 &= 0,55333
 \end{aligned}$$

Serta, diperoleh nilai *intercept* (a) menggunakan persamaan (2.13), yaitu

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{\sum_{t=1}^{10} k_t - b \sum_{t=1}^{10} t}{n} \\
 &= \frac{(0,89885) - 0,55333 \cdot 55}{10} \\
 &= \frac{(0,89885) - 30,43302}{10} \\
 &= \frac{31,33187}{10} \\
 &= 3,13319
 \end{aligned}$$

Maka, diperoleh persamaan regresi:

$$\hat{k}_t = 3,133187 + 0,55333 \cdot t$$

Selanjutnya, dilakukan proyeksi nilai k_t untuk tahun 2025 hingga

tahun 2034 dengan menggunakan persamaan (2.12) berikut:

$$\hat{k}_{2025} = 3,13319 + 0,55333 \cdot 11 = 2,95342$$

$$\hat{k}_{2026} = 3,13319 + 0,55333 \cdot 12 = 3,50675$$

$$\hat{k}_{2027} = 3,13319 + 0,55333 \cdot 13 = 4,06007$$

$$\hat{k}_{2028} = 3,13319 + 0,55333 \cdot 14 = 4,61340$$

$$\hat{k}_{2029} = 3,13319 + 0,55333 \cdot 15 = 5,16673$$

$$\hat{k}_{2030} = 3,13319 + 0,55333 \cdot 16 = 5,72006$$

$$\hat{k}_{2031} = 3,13319 + 0,55333 \cdot 17 = 6,27338$$

$$\hat{k}_{2032} = 3,13319 + 0,55333 \cdot 18 = 6,82671$$

$$\hat{k}_{2033} = 3,13319 + 0,55333 \cdot 19 = 7,38004$$

$$\hat{k}_{2034} = 3,13319 + 0,55333 \cdot 20 = 7,93337$$

Dengan demikian, diperoleh hasil $\hat{k}_t$ untuk 10 tahun ke depan yang dapat digunakan dalam langkah selanjutnya untuk menghitung proyeksi tingkat mortalitas. Proyeksi tingkat mortalitas dapat diperoleh dengan mengaplikasikan persamaan (2.9). Dengan mensubstitusikan nilai a_x , b_x , dan $\hat{k}_t$ ke dalam persamaan tersebut, diperoleh nilai proyeksi tingkat mortalitas $m_{x,t}$ untuk setiap usia dan tahun pada periode proyeksi. Sebagai contoh, untuk usia 0 tahun pada tahun 2025:

$$\begin{aligned} \hat{m}_{0,2025} &= \exp(a_0 + b_0 \hat{k}_{2025}) \\ &= \exp(-5,10320 + 0,00390 \cdot 2,95342) \\ &= \exp(-5,10320 + 0,01151) \\ &= \exp(-5,09169) \\ &= 0,00615 \end{aligned}$$

Perhitungan serupa dilakukan untuk seluruh kombinasi usia dan tahun proyeksi. Nilai hasil proyeksi tingkat mortalitas untuk hasil lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 17.

Pada Tabel Lampiran 3 berisi data tingkat mortalitas aktual periode 2015–2024 menunjukkan tren yang relatif stabil dengan kecenderungan penurunan pada kelompok usia muda dan peningkatan pada kelompok usia lanjut. Tingkat mortalitas pada bayi usia 0 tahun menurun dari sekitar 0,0069 pada tahun 2015 menjadi 0,0060 pada tahun 2024. Sebaliknya, pada kelompok usia lanjut, misalnya usia 80 tahun, tingkat mortalitas mengalami kenaikan dari sekitar 0,0345 pada 2015 menjadi 0,0355 pada 2024. Penurunan mortalitas pada kelompok usia muda ini berkaitan dengan kemajuan pelayanan kesehatan, perbaikan gizi, serta pelaksanaan program kesehatan masyarakat yang efektif selama beberapa dekade terakhir (BPS, 2023). Sedangkan, Tabel Lampiran 17 yaitu data proyeksi tingkat mortalitas untuk periode 2025–2034 memperlihatkan pola yang sejalan dengan data historis. Tingkat mortalitas pada usia 0 tahun diperkirakan berada di kisaran 0,00616 hingga 0,00627, sedangkan pada usia 80 tahun diproyeksikan meningkat dari 0,03505 menjadi 0,03650. Kondisi ini mengindikasikan bahwa model proyeksi yang digunakan mampu menangkap pola dasar mortalitas berdasarkan data masa lalu, sesuai dengan prinsip model *Lee-Carter* yang terbukti efektif dalam memodelkan mortalitas jangka menengah (Lee & Carter, 1992).

Kenaikan mortalitas pada kelompok usia lanjut mencerminkan karakteristik biologis penuaan dan peningkatan risiko penyakit degeneratif yang umumnya terjadi seiring bertambahnya usia (WHO, 2015). Selisih tingkat mortalitas antara data aktual

dan proyeksi pada setiap kelompok usia relatif kecil, yang menunjukkan akurasi model dalam merepresentasikan kondisi nyata. Temuan ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa model *Lee-Carter* dapat menghasilkan estimasi mortalitas yang valid untuk perencanaan jangka menengah (Nursaadah dkk., 2015).

Di tingkat lokal, data tingkat mortalitas di Kecamatan Tayu, Kabupaten Pati, menunjukkan pola yang serupa. Menurut Kecamatan Tayu Dalam Angka 2024 dari BPS Kabupaten Pati, tingkat mortalitas di wilayah ini mencerminkan kondisi kesehatan masyarakat setempat (BPS Pati, 2024). Upaya peningkatan pelayanan kesehatan dan program kesehatan masyarakat di Kabupaten Pati, termasuk di Kecamatan Tayu, tercatat melalui cakupan imunisasi dan perbaikan gizi anak yang terus ditingkatkan. Namun, tingkat mortalitas pada kelompok usia lanjut di wilayah tersebut masih menunjukkan kecenderungan peningkatan, sesuai dengan karakteristik penuaan biologis yang umum terjadi (Dinkes Pati, 2023).

Berdasarkan proyeksi tingkat mortalitas di atas, probabilitas seseorang meninggal diperoleh menggunakan rumus dari persamaan (2.13). Sebagai contoh, untuk usia 0 pada tahun 2025, jika diperoleh $\hat{m}_{0,2025} = 0,00615$, maka:

$$\begin{aligned} q_{0,2025} &= 1 - \exp(-\hat{m}_{0,2025}) \\ &= 1 - \exp(-0,00615) \\ &= 1 - 0,99387 \\ &= 0,00613 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk usia dan tahun lainnya dilakukan dengan cara

serupa. Hasil lengkap dapat dilihat pada Lampiran 18.

Setelah mendapatkan probabilitas kematian, probabilitas hidup dihitung dengan persamaan (2.14). Sebagai contoh, untuk usia 0 pada tahun 2025 dengan $q_{0,2025} = 0,00613$, maka probabilitas hidup dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} p_{0,2025} &= 1 - q_{0,2025} \\ &= 1 - 0,00613 \\ &= 0,99387 \end{aligned}$$

Perhitungan probabilitas untuk usia dan tahun lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Hasil lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 19.

Dari hasil di atas dapat dibentuk tabel mortalitas yang dapat dilihat pada Lampiran 20.

C. Aplikasi Model *Lee-Carter* dalam Perhitungan Premi Asuransi Jiwa Berjangka

1. Asumsi Kasus

Tahapan penelitian yang dilakukan untuk mencari nilai premi asuransi jiwa berjangka n -tahun adalah sebagai berikut:

a. Menentukan usia tertanggung

Dalam penelitian ini, usia tertanggung diasumsikan seseorang berusia 30 tahun.

b. Menetapkan tingkat suku bunga, jangka pertanggungan dan tabel mortalitas

- **Tingkat suku bunga**

Tingkat suku bunga yang digunakan dalam penelitian adalah $i = 5.75\%$ berdasarkan BI 7-day (Reverse) Repo Rate per 19 Februari 2025.

- **Jangka pertanggungan**

Jangka pertanggungan yang digunakan dalam penelitian diasumsikan selama 10 tahun.

- **Tabel mortalitas**

Tabel mortalitas yang digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan nilai premi dalam penelitian ini adalah tabel mortalitas yang telah diperoleh berdasarkan model *Lee-Carter*.

2. Menghitung Nilai Tunai Manfaat Asuransi Jiwa Berjangka N-Tahun

a. Menentukan nilai v^{k+1}

Untuk menentukan nilai v^{k+1} , perlu menghitung faktor diskonto, yang didefinisikan sebagai:

$$v = \frac{1}{1+i}$$

dengan i merupakan suku bunga yang digunakan. Jika suku bunga yang diberikan adalah 5,75% per tahun, maka:

$$v = \frac{1}{1+0,0575} = \frac{1}{1,0575} = 0,94563$$

Setelah menghitung nilai v , dapat ditentukan nilai v^{k+1} dengan k yang dimulai dari 0-9. Artinya menghitung dari tahun pertama sampai tahun kesepuluh.

Contoh perhitungan nilai v^{k+1} untuk $k = 0$ (tahun pertama)

$$v^{k+1} = (0,94563)^{k+1}$$

$$v^{0+1} = (0,94563)^{0+1}$$

$$v^1 = (0,94563)^1$$

$$= 0,94563$$

Hasil semua perhitungan akan disajikan pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2. Perhitungan Nilai v^{k+1}

k	v^{k+1}
0	0,94563
1	0,89421
2	0,84559
3	0,79961
4	0,75613
5	0,71502
6	0,67614
7	0,63938
8	0,60461
9	0,57174

b. Menentukan nilai ${}_k p_x$

${}_k p_x$ adalah probabilitas bahwa seseorang yang berusia x tahun akan tetap hidup selama k tahun ke depan. Dapat dihitung dengan cara berikut:

$${}_k p_x = p_x \cdot p_{x+1} \cdots p_{x+k-1}$$

- untuk $k = 0$

Berdasarkan definisi probabilitas bertahan hidup.
Secara umum:

$${}_0p_x = 1$$

Artinya, pada awal tahun, seseorang pasti masih hidup sehingga probabilitas bertahan selama 0 tahun adalah 1, sehingga

$${}_0p_{30} = 1$$

Karena seseorang yang baru masuk ke dalam kontrak asuransi diasumsikan masih hidup, maka probabilitas bertahan pada saat awal adalah 100%.

- untuk $k = 1$

$${}_1p_{30} = 0,99803$$

- untuk $k = 2$

$$\begin{aligned} {}_2p_{30} &= 0,99803 \cdot 0,99804 \\ &= 0,99607 \end{aligned}$$

- untuk $k = 3$

$$\begin{aligned} {}_3p_{30} &= 0,99607 \cdot 0,99782 \\ &= 0,99390 \end{aligned}$$

Berikut akan disajikan hasil semua perhitungan pada

Tabel 4.3:

Tabel 4.3. Perhitungan Nilai ${}_k p_x$

k	${}_k p_x$
0	1,00000
1	0,99803
2	0,99607
3	0,99390
4	0,99204
5	0,98939
6	0,98735
7	0,98528
8	0,98320
9	0,98101

c. Menentukan nilai q_{x+k}

q_{x+k} adalah probabilitas seseorang yang berusia $x + k$ akan meninggal dalam 1 tahun ke depan. Berikut contoh untuk $k = 0$

$$q_{x+k} = q_{30+0} = q_{30} = 0,00197$$

Hasil semua perhitungan akan disajikan pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4. Perhitungan Nilai q_{x+k}

k	q_{x+k}
0	0,00197
1	0,00196

2	0,00218
3	0,00187
4	0,00268
5	0,00206
6	0,00210
7	0,00211
8	0,00222
9	0,00157

d. Menghitung nilai $A_{x:\overline{n}|}^1$

$A_{x:\overline{n}|}^1$ adalah nilai tunai dari manfaat asuransi jiwa berjangka bagi tertanggung berusia x dengan masa perlindungan n tahun. Artinya manfaat yang akan dibayarkan jika tertanggung meninggal dalam periode perlindungan n tahun tersebut. Jika tertanggung masih hidup setelah n tahun, maka tidak ada manfaat yang dibayarkan. Nilai $A_{x:\overline{n}|}^1$ dapat diperoleh dari jumlahan perkalian dari v^{k+1} , ${}_k p_x$, dan q_{x+k} untuk setiap $k = 0, 1, 2, 3, \dots, 9$ seperti rumus berikut dari persamaan (2.1):

$$A_{30:\overline{10}|}^1 = \sum_{k=0}^9 v^{k+1} {}_k p_{30} q_{30+k}$$

- untuk $k = 0$ (tahun pertama)

$$\begin{aligned} v^{0+1} \cdot {}_0 p_{30} \cdot q_{30+0} &= v^1 \cdot {}_0 p_{30} \cdot q_{30} \\ &= 0,94563 \cdot 1,00000 \cdot 0,00197 \\ &= 0,00186 \end{aligned}$$

- untuk $k = 1$ (tahun kedua)

$$\begin{aligned} v^2 \cdot {}_1p_{30} \cdot q_{31} &= 0,89421 \cdot 0,99803 \cdot 0,00196 \\ &= 0,00175 \end{aligned}$$

- untuk $k = 2$ (tahun ketiga)

$$\begin{aligned} v^3 \cdot {}_2p_{30} \cdot q_{32} &= 0,84559 \cdot 0,99607 \cdot 0,00218 \\ &= 0,00183 \end{aligned}$$

- untuk $k = 3$ (tahun keempat)

$$\begin{aligned} v^4 \cdot {}_3p_{30} \cdot q_{33} &= 0,79961 \cdot 0,99390 \cdot 0,00187 \\ &= 0,00149 \end{aligned}$$

Berikut akan disajikan hasil semua perhitungan pada Tabel 4.5:

Tabel 4.5. Perhitungan Nilai $v^{k+1} \cdot {}_kp_{30} \cdot q_{30+k}$

k	$v^{k+1} \cdot {}_kp_{30} \cdot q_{30+k}$
0	0,00187
1	0,00175
2	0,00183
3	0,00149
4	0,00201
5	0,00145
6	0,00141
7	0,00133
8	0,00132

9	0,00088
---	---------

sehingga diperoleh,

$$\begin{aligned}
 A_{30:\overline{10}|}^1 &= \sum_{k=0}^9 v^{k+1} {}_k p_{30} q_{30+k} \\
 &= 0,00186 + 0,00178 + 0,00169 + 0,00161 + 0,00153 \\
 &\quad + 0,00145 + 0,00138 + 0,00131 + 0,00125 + 0,00119 \\
 &= 0,01533
 \end{aligned}$$

3. Menghitung Nilai Tunai dari Anuitas Berjangka N-Tahun

a. Menentukan Nilai v^k

Dengan menggunakan $v = 0,94563$ akan diperoleh nilai v^k seperti yang akan disajikan pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6. perhitungan nilai v^k

k	v^k
0	1,00000
1	0,94563
2	0,89421
3	0,84559
4	0,79961
5	0,75613
6	0,71502
7	0,67614
8	0,63938
9	0,60461

b. Menentukan nilai ${}_k p_x$

Nilai yang diperoleh sama seperti pada tabel 4.3

c. Menghitung nilai $\ddot{a}_{x:\overline{n}|}$

$\ddot{a}_{x:\overline{n}|}$ adalah nilai tunai dari anuitas berjangka n tahun dengan pembayaran dilakukan di awal setiap tahun selama tertanggung masih hidup. Nilai ini menunjukkan jumlah uang yang harus tersedia saat ini untuk membayar serangkaian pembayaran sebesar 1 unit yang dilakukan di awal setiap tahun, selama maksimal n tahun, selama tertanggung masih hidup. Nilai $\ddot{a}_{x:\overline{n}|}$ dapat diperoleh dari jumlahan perkalian dari v^k dan ${}_k p_x$ untuk setiap $k = 0, 1, 2, 3, \dots, 9$ seperti rumus berikut sesuai persamaan (2.2):

$$\ddot{a}_{30:\overline{10}|} = \sum_{k=0}^9 v^k {}_k p_{30}$$

- untuk $k = 0$ (tahun pertama)

$$\begin{aligned} v^0 \cdot {}_0 p_{30} &= 1,00000 \cdot 1,00000 \\ &= 1,00000 \end{aligned}$$

- untuk $k = 1$ (tahun kedua)

$$\begin{aligned} v^1 \cdot {}_1 p_{30} &= 0,94563 \cdot 0,99803 \\ &= 0,94377 \end{aligned}$$

- untuk $k = 2$ (tahun ketiga)

$$\begin{aligned} v^2 \cdot {}_2p_{30} &= 0,89421 \cdot 0,99607 \\ &= 0,89070 \end{aligned}$$

- untuk $k = 3$ (tahun keempat)

$$\begin{aligned} v^3 \cdot {}_3p_{30} &= 0,84559 \cdot 0,99390 \\ &= 0,84043 \end{aligned}$$

Berikut akan disajikan hasil semua perhitungan pada Tabel 4.7:

Tabel 4.7. Perhitungan Nilai $v^k \cdot {}_kp_{30}$

k	$v^k \cdot {}_kp_{30}$
0	1,00000
1	0,94377
2	0,89070
3	0,84043
4	0,79325
5	0,74811
6	0,70597
7	0,66619
8	0,62864
9	0,59313

sehingga diperoleh,

$$\ddot{a}_{30:\overline{10}|} = \sum_{k=0}^9 v^k {}_kp_{30}$$

$$\begin{aligned}
&= 1,00000 + 0,94377 + 0,89070 + 0,84043 + 0,79325 \\
&\quad + 0,74811 + 0,70597 + 0,66619 + 0,62864 + 0,59313 \\
&= 7,81018
\end{aligned}$$

4. Menghitung Nilai Premi Asuransi Jiwa Berjangka N-Tahun

Dalam perhitungan premi asuransi jiwa berjangka, besaran premi tahunan ditentukan berdasarkan usia tertanggung serta lamanya masa pertanggungan yang dipilih. Premi ini dihitung dengan menggunakan nilai aktuaria yang mempertimbangkan probabilitas kematian selama masa perlindungan dan nilai tunai dari premi yang dibayarkan secara berkala.

Untuk tertanggung berusia 30 tahun dengan masa pertanggungan asuransi jiwa berjangka selama 10 tahun, berdasarkan persamaan (2.14) diperoleh nilai:

$$\begin{aligned}
P_{x:\overline{n}|}^1 &= \frac{A_{x:\overline{n}|}^1}{\ddot{a}_{x:\overline{n}|}} \\
P_{30:\overline{10}|}^1 &= \frac{A_{30:\overline{10}|}^1}{\ddot{a}_{30:\overline{10}|}} \\
&= \frac{0,01533}{7,81018} \\
&= 0,00196
\end{aligned}$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa premi tahunan yang harus dibayarkan adalah sebesar 0,00196 kali dari nilai uang pertanggungan. Dengan asumsi uang pertanggungan sebesar Rp 100.000.000, maka premi tahunan yang harus dibayarkan adalah:

$$\text{Premi tahunan} = 0,00196 \times \text{Rp } 100.000.000 = \text{Rp } 196.000$$

Premi ini wajib dibayarkan setiap tahun selama 10 tahun

atau sampai tertanggung meninggal dunia dalam periode kontrak. Apabila tertanggung masih hidup hingga masa kontrak berakhir (usia 40 tahun), maka manfaat asuransi tidak dibayarkan dan premi yang telah dibayarkan tidak dikembalikan. Kondisi ini sesuai dengan karakteristik asuransi jiwa berjangka yang hanya memberikan manfaat apabila orang tersebut meninggal selama masa perlindungan (Putri dkk., 2024).

Nilai premi tahunan sebesar Rp 196.000 untuk masa pertanggungan 10 tahun dengan uang pertanggungan Rp 100.000.000 tergolong relatif kecil karena beberapa faktor utama. Usia tertanggung yang masih muda, yaitu 30 tahun, menyebabkan probabilitas kematian selama masa pertanggungan relatif rendah sehingga risiko klaim yang harus ditanggung perusahaan asuransi juga kecil. Selain itu, masa pertanggungan yang terbatas selama 10 tahun membatasi eksposur risiko, sehingga premi yang dibebankan tidak terlalu tinggi (AAJI, 2018). Premi yang dihitung merupakan premi murni atau premi bersih yang hanya mencakup risiko mortalitas tanpa memperhitungkan biaya administrasi, biaya akuisisi, dan margin keuntungan perusahaan asuransi, sehingga nilainya lebih rendah dibandingkan premi komersial di pasar (Fikri dkk., 2022).

Untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai pengaruh masa pertanggungan terhadap besaran premi, dilakukan perhitungan premi tahunan untuk masa pertanggungan yang berbeda, yaitu 10 tahun, 7 tahun, dan 5 tahun. Hasil perhitungan premi tahunan untuk masing-masing masa pertanggungan disajikan pada Tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8. Perbandingan Premi Berdasarkan Masa Pertanggungan

Masa Pertanggungan	Premi Tahunan (R_p)
10 Tahun	196.000
7 Tahun	195.800
5 Tahun	195.600

Tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin pendek masa pertanggungan, premi tahunan yang harus dibayarkan menjadi semakin kecil. Hal ini sesuai dengan teori premi asuransi jiwa, di mana premi dipengaruhi oleh lamanya masa perlindungan yang dipilih oleh peserta asuransi. Semakin lama masa pertanggungan, semakin besar risiko yang harus ditanggung oleh perusahaan asuransi, sehingga premi yang dikenakan juga semakin tinggi (AAJI, 2018).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penerapan model *Lee-Carter* dalam memproyeksikan tingkat mortalitas dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, digunakan data jumlah individu yang meninggal dan jumlah individu yang hidup untuk menghitung tingkat mortalitas pada periode 2015-2024. Selanjutnya, dilakukan estimasi parameter model *Lee-Carter*, yaitu a_x , b_x , dan k_t . Metode *Singular Value Decomposition* (SVD) digunakan untuk memperoleh nilai parameter b_x dan k_t . Setelah itu, parameter k_t dimodelkan sebagai deret waktu dan diproyeksikan untuk periode 2025-2034. Hasil proyeksi menunjukkan pola yang konsisten dengan data aktual, dengan selisih tingkat mortalitas yang relatif kecil di setiap kelompok usia. Hal ini menunjukkan bahwa model *Lee-Carter* mampu memberikan proyeksi mortalitas yang cukup akurat dan dapat diterapkan pada data lokal, seperti di Kecamatan Tayu, Kabupaten Pati.
2. Perhitungan nilai premi untuk produk asuransi jiwa berjangka n -tahun dilakukan dengan menggunakan tabel mortalitas hasil proyeksi model *Lee-Carter*. Tabel ini digunakan untuk menentukan probabilitas kematian dan hidup setiap usia selama masa pertanggungan.

Premi dihitung berdasarkan premi murni, yaitu hanya memperhitungkan risiko mortalitas tanpa tambahan biaya lain. Dalam penelitian ini, perhitungan dilakukan untuk tertanggung berusia 30 tahun, masa pertanggungan 10 tahun, suku bunga 5,57%, dan uang pertanggungan Rp 100.000.000. Sehingga, diperoleh premi murni tahunan sebesar Rp 196.000. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis model mortalitas dapat digunakan untuk menghitung premi secara aktuarial dan objektif.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan tersebut, beberapa saran yang dapat diberikan adalah:

1. Data mortalitas yang digunakan bersumber dari estimasi statistik pada tingkat daerah. Untuk meningkatkan akurasi hasil, penelitian berikutnya diharapkan dapat menggunakan data mortalitas yang lebih detail dan spesifik, misalnya berdasarkan jenis kelamin, status sosial ekonomi, atau data riil dari catatan sipil atau lembaga asuransi.
2. Peramalan parameter k_t dalam model *Lee-Carter* pada penelitian ini dilakukan dengan pendekatan linier yang dinilai cukup representatif untuk menggambarkan tren jangka pendek. Namun, penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penggunaan metode peramalan yang lebih kompleks, seperti *Exponential Smoothing*, Regresi Polinomial, atau pendekatan berbasis *machine learning* seperti *Support Vector Regression* (SVR) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) serta pendekatan lainnya untuk menangkap

dinamika mortalitas yang mungkin lebih bervariasi di masa mendatang.

3. Dalam penelitian ini, perhitungan premi hanya menggunakan premi murni tanpa mempertimbangkan komponen tambahan seperti biaya administrasi, biaya akuisisi, margin keuntungan, dll. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar mempertimbangkan komponen-komponen tersebut agar hasil perhitungan premi lebih mendekati kondisi riil di industri asuransi.
4. Model *Lee-Carter* telah terbukti cukup efektif dalam memproyeksikan tingkat mortalitas berdasarkan data historis. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi atau membandingkan dengan lainnya seperti model *Currie-Irving*, *Functional Data Analysis* (FDA), atau berbasis *Gaussian Process Regression*, sebagai evaluasi terkait kelebihan dan kekurangan masing-masing.

DAFTAR PUSTAKA

- AAJI. 2018. *Hidup Cerdas Dengan Asuransi Jiwa*. Diakses 10 Juni 2025 dari <https://www.aaji.or.id>, pukul 23.15.
- Aji, N. P., Mardiyati, S., & Malik, M. 2019. Forecasting Indonesian mortality rates using by Lee-Carter model and Regression Linear model. *AIP Conference Proceedings*, 2168(1).
- Artika, S., Purnaba, I. G. P., & Lesmana, D. C. 2018. Penentuan premi asuransi jiwa berjangka menggunakan model Vasicek dan model Cox-Ingersoll-Ross (CIR). *Journal of Mathematics and Its Applications*, 17(2): 129-139.
- Azab, A. S. S. E., & Salam, N. M. A. 2018. Fitting and forecasting mortality rates for Egypt applying the Lee-Carter model. *The International Journal of Business & Management*, 6(12).
- Azis, I., Valentika, N., Kusdaniyama, N., & Purnama Sari, D. 2021. Peramalan Tingkat Mortalitas, Kematian dan Hidup dengan Menggunakan Model Lee–Carter dan GARCH. *StatMat: Jurnal Statistika dan Matematika*, 3(2), 91–97.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2023. *Statistik Kesehatan Indonesia 2023*. Jakarta: BPS.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Pati. 2024. *Kecamatan Tayu Dalam Angka 2024*. Pati: BPS Kabupaten Pati.
- Beezer, R. A. (2008). *A First Course in Linear Algebra* (Version 2.02). Tacoma, WA: University of Puget Sound.

- Cairns, A. J. G., Blake, D., & Dowd, K. 2006. A two-factor model for stochastic mortality with parameter uncertainty: theory and calibration. *Journal of Risk and Insurance*, 73(4): 687–718.
- Dickson, D. C. M., Hardy, M. R., & Waters, H. R. 2013. *Actuarial Mathematics for Life Contingent Risks*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dinas Kesehatan Kabupaten Pati. 2023. *Profil Kesehatan Kabupaten Pati Tahun 2023*. Pati: Dinas Kesehatan Kabupaten Pati.
- Fajar, M., & Fajariyanto, E. 2022. Lee-Carter Modeling for Mortality in Indonesia with a Bayesian Approach. *BAREKENG: Journal of Mathematics and Its Applications*, 16(4), 1241-1248.
- Fikri, A. J., Muhartini, A. A., Sharoni, O., Febrianti, T., & Mahuda, I. 2022. Perbandingan perhitungan premi asuransi jiwa berjangka, seumur hidup, dan dwiguna pada kasus laki-laki dan perempuan. *Jurnal Bayesian: Jurnal Ilmiah Statistika dan Ekonometrika*.
- Huda, M. K. 2020. *Hukum Asuransi Jiwa: Masalah-Masalah Aktual di Era Disrupsi 4.0*. Surabaya: Scopindo Media Pustaka.
- Kannisto, V. 2001. *Mode and Dispersion of the Age at Death*. Odense: Odense University Press.
- Lee, R. D., & Carter, L. R. 1992. Modeling and forecasting U.S. mortality. *Journal of the American Statistical Association*.
- Macdonald, A. S., Richards, S. J., & Currie, I. D. 2018. *Modelling Mortality with Actuarial Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Miasary, S. D. 2022. Annual premium determination for joint life insurance with De Moivre and Gompertz's mortality laws. *SQUARE: Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 4(2): 117–123.
- Novika, F., Haryanto, D., Addini, F. F., & Hassan, B. P. 2022. *Dasar-Dasar Aktuaria*. Bandung: Tahta Media Group.
- Nursaadah, I., Puspita, E., & Marwati, R. 2015. *Metode Peramalan Mortalita Menggunakan Metode Lee-Carter*. Bandung: Departemen Pendidikan Matematika, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Prabowo, A. 2023. Studi mortalitas pada produk asuransi kumpulan di PT BNI Life Insurance. *Premium Insurance Business Journal*, 10(2): 25–40.
- Putri, P. M., Pratama, W., & Siregar, A. A. 2024. Tinjauan normatif terhadap peran asuransi jiwa dalam mengelola risiko finansial generasi sandwich. *Jurnal Ilmiah Kajian Multidisipliner*, 8(7).
- Rusman, I. Y. S. 2018. *Pengantar Asuransi*. Jakarta: ACA Asuransi.
- Vahdani, M., & Safdari-Vaighani, A. 2021. Estimating the term structure of mortality: an application to actuarial studies. *Journal of Mathematics and Modeling in Finance*, 1(2): 15.
- Widhiatmoko, F., & Anam, S. 2022. *Matematika Aktuaria*. Malang: UB Press.
- World Health Organization (WHO). 2015. *World Report on Ageing and Health*. Geneva: WHO.

- Wulandari, W. S., Satyahadewi, N., & Sulistianingsih, E. 2014. Premi tunggal bersih untuk kontrak asuransi jiwa seumur hidup. *Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya (Bimaster)*, 3(1): 13–18.
- Yang, J., & Land, K. C. 2013. *Age-Period-Cohort Analysis: New Models, Methods, and Empirical Applications*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Interdisciplinary Statistics.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Jumlah Individu yang Meninggal pada Usia x di Tahun t

Usia	Tahun									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	7	6	6	6	5	8	7	10	4	6
1	4	4	3	6	4	5	4	5	5	6
2	5	5	5	4	6	7	6	7	5	5
3	6	6	4	2	4	1	5	1	2	1
4	5	4	3	1	5	6	4	6	4	3
5	3	3	2	3	3	5	5	5	5	4
6	4	3	4	1	5	7	8	4	3	1
7	3	3	5	5	2	6	6	4	1	1
8	2	2	3	4	1	4	3	7	4	6
9	3	4	4	5	1	6	2	4	5	4
10	4	3	2	2	1	3	3	3	2	1
11	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
12	3	3	2	2	1	3	2	3	1	1
13	2	2	1	2	1	2	4	2	2	2
14	2	2	1	1	2	3	1	3	1	1
15	1	1	2	2	2	2	3	1	1	2
16	1	1	1	1	2	3	2	2	1	1
17	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2
18	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1
19	1	1	3	2	1	2	1	1	3	2
20	1	2	1	1	2	4	3	3	2	2
21	2	1	2	2	1	3	2	4	3	2
22	1	1	1	1	2	4	2	3	2	2
23	2	2	1	2	1	2	3	4	3	2
24	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2
25	1	1	2	2	2	3	3	3	2	1
26	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1

27	1	1	1	1	2	3	2	2	1	1
28	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1
29	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2
30	2	1	1	1	2	4	2	4	2	2
31	1	1	2	2	1	3	4	3	2	1
32	1	2	2	1	2	3	2	4	2	2
33	3	2	1	1	1	2	3	3	2	2
34	2	2	2	2	2	3	3	4	3	2
35	1	1	1	1	1	3	4	3	2	2
36	1	1	2	2	1	4	2	2	2	2
37	1	1	1	1	1	3	3	4	2	2
38	2	2	1	1	1	3	3	4	2	2
39	1	1	1	1	1	2	2	4	1	1
40	3	3	2	2	2	4	5	7	3	3
41	2	2	1	1	3	5	3	1	2	2
42	2	2	3	3	3	4	4	5	3	3
43	2	2	2	2	3	4	4	2	3	3
44	3	3	3	3	2	5	3	6	4	3
45	3	3	2	2	3	4	4	5	4	3
46	2	2	4	4	3	5	4	3	3	3
47	2	2	2	2	2	4	3	5	3	3
48	2	3	2	2	2	3	5	6	2	3
49	1	1	3	3	2	2	3	5	3	2
50	4	4	2	3	5	7	6	7	5	4
51	4	3	3	4	4	6	5	6	4	4
52	3	4	4	3	5	6	4	6	5	5
53	5	5	3	4	5	6	5	5	4	4
54	3	3	3	4	4	6	6	6	4	4
55	4	4	5	5	4	6	5	6	5	4
56	2	3	4	5	5	7	5	5	4	5
57	1	3	3	3	3	5	5	6	5	4
58	2	2	4	3	2	4	6	6	4	4
59	2	1	3	2	1	2	3	5	4	4
60	5	6	6	6	7	10	9	8	12	9

61	4	4	5	5	7	6	10	7	10	9
62	6	6	5	5	6	9	11	8	11	7
63	6	7	4	4	5	8	10	9	9	8
64	5	5	5	6	6	9	9	7	10	7
65	5	5	6	6	6	11	12	9	12	8
66	5	6	5	5	7	12	10	7	11	9
67	4	3	5	5	3	7	12	8	13	10
68	4	4	7	7	5	11	9	8	11	9
69	1	2	4	7	8	12	8	9	11	9
70	7	8	8	9	10	15	17	14	18	17
71	7	7	9	10	11	16	15	12	17	16
72	9	9	7	8	13	19	18	10	14	16
73	7	7	10	11	10	18	17	13	16	17
74	8	9	8	9	10	16	16	14	19	17
75	9	9	11	12	10	17	15	15	20	18
76	9	9	10	11	12	19	17	12	18	15
77	8	8	9	9	11	15	16	13	19	14
78	8	10	9	10	9	14	12	11	15	17
79	6	5	7	8	10	12	14	10	14	16
80	7	6	6	7	6	10	9	8	10	11

Lampiran 2. Data Jumlah Individu yang Hidup pada Usia x di Tahun t

Usia	Tahun									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	1068	1078	1001	1012	1012	1007	1015	1211	1010	1002
1	1045	1040	1023	987	976	989	1087	1232	995	1018
2	968	994	952	999	958	950	992	1105	980	1014
3	982	958	961	945	987	993	1008	1082	1020	981
4	998	974	1010	893	972	987	963	1245	970	973
5	1023	918	948	961	865	968	979	1176	995	965
6	897	902	986	938	955	945	970	1093	990	980
7	1039	1034	923	877	949	948	945	1245	1010	997
8	954	949	987	959	878	986	990	1250	960	958
9	985	992	915	1002	891	979	975	1117	938	924
10	976	1080	1067	901	1042	1020	918	1200	1050	1030
11	1112	1012	999	989	1038	1015	1000	1180	1040	1025
12	1045	1178	1045	1050	1025	1011	1012	1120	1030	1020
13	1196	1002	1190	1132	1018	1004	987	990	1020	1010
14	1192	1116	918	1038	1009	1008	1008	1210	1015	1100
15	986	989	982	990	1034	1035	1020	1175	1030	1015
16	1045	1068	960	1042	1021	1022	995	1180	1045	1005
17	1012	1025	1025	1013	1027	1028	1031	1195	1015	1008
18	988	996	967	971	1012	1009	999	1225	1010	1002
19	1048	1064	1280	1205	1001	992	1046	1079	992	986
20	852	959	988	892	915	1011	1032	1342	1129	1110
21	997	997	874	872	908	985	1014	1300	1021	1098
22	936	845	920	921	928	1018	1022	1315	995	984
23	902	912	898	945	832	1002	1006	1289	1104	1071
24	878	879	887	889	910	1009	1030	1354	1121	993
25	859	865	941	850	921	1026	1019	1320	1103	945
26	932	841	870	937	895	1012	1045	1275	1095	982

27	791	889	910	1004	951	999	1027	1313	1120	1025
28	871	873	850	873	919	991	990	1292	992	1008
29	922	905	890	916	979	1059	1060	1266	1078	1013
30	1001	845	878	869	842	987	1075	1277	1080	1080
31	948	938	860	851	811	1065	986	1320	946	1050
32	976	926	860	873	829	1057	1018	1295	964	1030
33	882	983	892	840	851	1010	978	1310	1060	1025
34	984	948	947	835	837	980	990	1195	1015	905
35	831	829	869	862	846	1003	967	1226	1030	998
36	812	814	852	905	864	899	982	1305	925	990
37	798	804	878	870	855	1016	995	1292	980	985
38	879	882	825	826	832	971	1002	1320	1015	978
39	858	868	840	837	882	1029	1043	1263	1029	940
40	1035	1038	1020	1030	1036	1042	1070	1154	1089	1084
41	1005	1010	964	1142	1022	1035	1033	1079	1057	1065
42	1076	982	876	992	981	1027	1067	1192	1102	1040
43	946	1049	973	1093	975	1022	1035	1195	1094	975
44	1025	930	1110	911	968	1018	1045	1201	1042	1010
45	1096	995	991	1012	959	1011	1020	1245	995	1103
46	1061	1066	879	897	952	994	1052	1255	856	995
47	902	1008	1000	971	984	1038	1036	1173	1063	990
48	943	1047	1145	964	1103	1044	1005	1096	1078	972
49	975	931	1068	980	961	1014	1021	1268	1086	970
50	902	902	1002	914	950	885	981	959	1020	941
51	775	879	1042	873	945	978	973	972	965	922
52	849	955	994	857	939	872	955	941	890	915
53	913	1095	870	936	935	865	847	911	901	1005
54	1023	1025	947	1008	927	958	962	955	944	998
55	804	810	870	1012	915	990	960	935	953	884
56	793	794	771	819	910	945	956	928	925	876
57	769	774	895	1004	930	960	912	1014	1012	1067

58	1041	752	798	888	891	947	947	968	970	835
59	850	903	846	848	920	953	981	907	897	969
60	648	357	512	512	501	711	678	590	791	631
61	422	519	603	475	490	700	573	575	736	701
62	383	582	459	421	657	588	740	610	744	710
63	545	543	530	555	472	678	714	712	720	592
64	329	521	470	580	367	669	721	600	726	618
65	403	497	535	572	498	658	695	585	735	583
66	477	472	324	512	635	647	649	570	725	605
67	461	455	453	481	482	535	678	583	778	563
68	339	333	483	492	625	529	689	565	720	607
69	429	345	460	447	540	563	726	555	719	599
70	299	378	360	400	390	420	344	340	351	362
71	292	335	355	361	375	305	412	320	380	392
72	343	287	386	299	369	388	406	330	367	391
73	361	332	371	290	348	373	398	315	352	386
74	352	299	297	374	339	374	372	300	343	385
75	368	298	328	313	321	345	410	290	397	353
76	310	329	369	348	310	332	342	375	391	367
77	269	295	294	365	350	421	353	285	384	391
78	283	361	358	377	358	310	335	321	390	383
79	294	340	301	270	352	398	331	360	365	371
80	221	214	203	243	236	291	250	201	211	224

Lampiran 3. Data Tingkat Kematian

Usia	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
0	0,00655	0,00557	0,00599	0,00593	0,00494	0,00794	0,00690	0,00826	0,00396	0,00599
1	0,00383	0,00385	0,00293	0,00608	0,00410	0,00506	0,00368	0,00406	0,00503	0,00589
2	0,00517	0,00503	0,00525	0,00400	0,00626	0,00737	0,00605	0,00633	0,00510	0,00493
3	0,00611	0,00626	0,00416	0,00212	0,00405	0,00101	0,00496	0,00092	0,00196	0,00102
4	0,00501	0,00411	0,00297	0,00112	0,00514	0,00608	0,00415	0,00482	0,00412	0,00308
5	0,00293	0,00327	0,00211	0,00312	0,00347	0,00517	0,00511	0,00425	0,00503	0,00415
6	0,00446	0,00333	0,00406	0,00107	0,00524	0,00741	0,00825	0,00366	0,00303	0,00102
7	0,00289	0,00290	0,00542	0,00570	0,00211	0,00633	0,00635	0,00321	0,00099	0,00100
8	0,00210	0,00211	0,00304	0,00417	0,00114	0,00406	0,00303	0,00560	0,00417	0,00626
9	0,00305	0,00403	0,00437	0,00499	0,00112	0,00613	0,00205	0,00358	0,00533	0,00433
10	0,00410	0,00278	0,00187	0,00222	0,00096	0,00294	0,00327	0,00250	0,00190	0,00097
11	0,00180	0,00198	0,00100	0,00101	0,00193	0,00197	0,00200	0,00169	0,00192	0,00195
12	0,00287	0,00255	0,00191	0,00190	0,00098	0,00297	0,00198	0,00268	0,00097	0,00098
13	0,00167	0,00200	0,00084	0,00177	0,00098	0,00199	0,00405	0,00202	0,00196	0,00198
14	0,00168	0,00179	0,00109	0,00096	0,00198	0,00298	0,00099	0,00248	0,00099	0,00091
15	0,00101	0,00101	0,00204	0,00202	0,00193	0,00193	0,00294	0,00085	0,00097	0,00197
16	0,00096	0,00094	0,00104	0,00096	0,00196	0,00294	0,00201	0,00169	0,00096	0,00100
17	0,00099	0,00098	0,00098	0,00099	0,00097	0,00097	0,00291	0,00084	0,00099	0,00198
18	0,00101	0,00100	0,00207	0,00103	0,00099	0,00099	0,00200	0,00163	0,00198	0,00100
19	0,00095	0,00094	0,00234	0,00166	0,00100	0,00202	0,00096	0,00093	0,00302	0,00203
20	0,00117	0,00209	0,00101	0,00112	0,00219	0,00396	0,00291	0,00224	0,00177	0,00180
21	0,00201	0,00100	0,00229	0,00229	0,00110	0,00305	0,00197	0,00308	0,00294	0,00182
22	0,00107	0,00118	0,00109	0,00109	0,00216	0,00393	0,00196	0,00228	0,00201	0,00203
23	0,00222	0,00219	0,00111	0,00212	0,00120	0,00200	0,00298	0,00310	0,00272	0,00187
24	0,00114	0,00114	0,00113	0,00112	0,00110	0,00099	0,00194	0,00148	0,00089	0,00201
25	0,00116	0,00116	0,00213	0,00235	0,00217	0,00292	0,00294	0,00227	0,00181	0,00106
26	0,00107	0,00119	0,00115	0,00107	0,00112	0,00198	0,00096	0,00157	0,00091	0,00102
27	0,00126	0,00112	0,00110	0,00100	0,00210	0,00300	0,00195	0,00152	0,00089	0,00098
28	0,00115	0,00115	0,00118	0,00115	0,00109	0,00101	0,00202	0,00155	0,00101	0,00099

29	0,00108	0,00110	0,00225	0,00109	0,00102	0,00189	0,00189	0,00079	0,00093	0,00197
30	0,00200	0,00118	0,00114	0,00115	0,00238	0,00405	0,00186	0,00313	0,00185	0,00185
31	0,00105	0,00107	0,00233	0,00235	0,00123	0,00282	0,00406	0,00227	0,00211	0,00095
32	0,00102	0,00216	0,00233	0,00115	0,00241	0,00284	0,00196	0,00309	0,00207	0,00194
33	0,00340	0,00203	0,00112	0,00119	0,00118	0,00198	0,00307	0,00229	0,00189	0,00195
34	0,00203	0,00211	0,00211	0,00240	0,00239	0,00306	0,00303	0,00335	0,00296	0,00221
35	0,00120	0,00121	0,00115	0,00116	0,00118	0,00299	0,00414	0,00245	0,00194	0,00200
36	0,00123	0,00123	0,00235	0,00221	0,00116	0,00445	0,00204	0,00153	0,00216	0,00202
37	0,00125	0,00124	0,00114	0,00115	0,00117	0,00295	0,00302	0,00310	0,00204	0,00203
38	0,00228	0,00227	0,00121	0,00121	0,00120	0,00309	0,00299	0,00303	0,00197	0,00204
39	0,00117	0,00115	0,00119	0,00119	0,00113	0,00194	0,00192	0,00317	0,00097	0,00106
40	0,00290	0,00289	0,00196	0,00194	0,00193	0,00384	0,00467	0,00607	0,00275	0,00277
41	0,00199	0,00198	0,00104	0,00088	0,00294	0,00483	0,00290	0,00093	0,00189	0,00188
42	0,00186	0,00204	0,00342	0,00302	0,00306	0,00389	0,00375	0,00419	0,00272	0,00288
43	0,00211	0,00191	0,00206	0,00183	0,00308	0,00391	0,00386	0,00167	0,00274	0,00308
44	0,00293	0,00323	0,00270	0,00329	0,00207	0,00491	0,00287	0,00500	0,00384	0,00297
45	0,00274	0,00302	0,00202	0,00198	0,00313	0,00396	0,00392	0,00402	0,00402	0,00272
46	0,00189	0,00188	0,00455	0,00446	0,00315	0,00503	0,00380	0,00239	0,00350	0,00302
47	0,00222	0,00198	0,00200	0,00206	0,00203	0,00385	0,00290	0,00426	0,00282	0,00303
48	0,00212	0,00287	0,00175	0,00207	0,00181	0,00287	0,00498	0,00547	0,00186	0,00309
49	0,00103	0,00107	0,00281	0,00306	0,00208	0,00197	0,00294	0,00394	0,00276	0,00206
50	0,00443	0,00443	0,00200	0,00328	0,00526	0,00791	0,00612	0,00730	0,00490	0,00425
51	0,00516	0,00341	0,00288	0,00458	0,00423	0,00613	0,00514	0,00617	0,00415	0,00434
52	0,00353	0,00419	0,00402	0,00350	0,00532	0,00688	0,00419	0,00638	0,00562	0,00546
53	0,00548	0,00457	0,00345	0,00427	0,00535	0,00694	0,00590	0,00549	0,00444	0,00398
54	0,00293	0,00293	0,00317	0,00397	0,00431	0,00626	0,00624	0,00628	0,00424	0,00401
55	0,00498	0,00494	0,00575	0,00494	0,00437	0,00606	0,00521	0,00642	0,00525	0,00452
56	0,00252	0,00378	0,00519	0,00611	0,00549	0,00741	0,00523	0,00539	0,00432	0,00571
57	0,00130	0,00388	0,00335	0,00299	0,00323	0,00521	0,00548	0,00592	0,00494	0,00375
58	0,00192	0,00266	0,00501	0,00338	0,00224	0,00422	0,00634	0,00620	0,00412	0,00479
59	0,00235	0,00111	0,00355	0,00236	0,00109	0,00210	0,00306	0,00551	0,00446	0,00413

60	0,00772	0,01681	0,01172	0,01172	0,01397	0,01406	0,01327	0,01356	0,01517	0,01426
61	0,00948	0,00771	0,00829	0,01053	0,01429	0,00857	0,01745	0,01217	0,01359	0,01284
62	0,01567	0,01031	0,01089	0,01188	0,00913	0,01531	0,01486	0,01311	0,01478	0,00986
63	0,01101	0,01289	0,00755	0,00721	0,01059	0,01180	0,01401	0,01264	0,01250	0,01351
64	0,01520	0,00960	0,01064	0,01034	0,01635	0,01345	0,01248	0,01167	0,01377	0,01133
65	0,01241	0,01006	0,01121	0,01049	0,01205	0,01672	0,01727	0,01538	0,01633	0,01372
66	0,01048	0,01271	0,01543	0,00977	0,01102	0,01855	0,01541	0,01228	0,01517	0,01488
67	0,00868	0,00659	0,01104	0,01040	0,00622	0,01308	0,01770	0,01372	0,01671	0,01776
68	0,01180	0,01201	0,01449	0,01423	0,00800	0,02079	0,01306	0,01416	0,01528	0,01483
69	0,00233	0,00580	0,00870	0,01566	0,01481	0,02131	0,01102	0,01622	0,01530	0,01503
70	0,02341	0,02116	0,02222	0,02250	0,02564	0,03571	0,04942	0,04118	0,05128	0,04696
71	0,02397	0,02090	0,02535	0,02770	0,02933	0,05246	0,03641	0,03750	0,04474	0,04082
72	0,02624	0,03136	0,01813	0,02676	0,03523	0,04897	0,04433	0,03030	0,03815	0,04092
73	0,01939	0,02108	0,02695	0,03793	0,02874	0,04826	0,04271	0,04127	0,04545	0,04404
74	0,02273	0,03010	0,02694	0,02406	0,02950	0,04278	0,04301	0,04667	0,05539	0,04416
75	0,02446	0,03020	0,03354	0,03834	0,03115	0,04928	0,03659	0,05172	0,05038	0,05099
76	0,02903	0,02736	0,02710	0,03161	0,03871	0,05723	0,04971	0,03200	0,04604	0,04087
77	0,02974	0,02712	0,03061	0,02466	0,03143	0,03563	0,04533	0,04561	0,04948	0,03581
78	0,02827	0,02770	0,02514	0,02653	0,02514	0,04516	0,03582	0,03427	0,03846	0,04439
79	0,02041	0,01471	0,02326	0,02963	0,02841	0,03015	0,04230	0,02778	0,03836	0,04313
80	0,03167	0,02804	0,02956	0,02881	0,02542	0,03436	0,03600	0,03980	0,04739	0,04911

Lampiran 4. Nilai a_x Berdasarkan Usia

Usia	a_x	Usia	a_x	Usia	a_x	Usia	a_x
0	-5,10320	21	-6,20317	42	-5,81194	63	-4,49915
1	-5,43815	22	-6,36300	43	-5,98719	64	-4,39696
2	-5,20732	23	-6,19150	44	-5,72293	65	-4,31837
3	-5,96371	24	-6,68584	45	-5,79116	66	-4,31876
4	-5,58721	25	-6,27741	46	-5,74723	67	-4,47034
5	-5,59296	26	-6,74964	47	-5,94657	68	-4,30378
6	-5,67154	27	-6,58475	48	-5,92836	69	-4,51811
7	-5,79244	28	-6,72554	49	-6,12308	70	-3,44333
8	-5,74235	29	-6,63455	50	-5,36559	71	-3,42389
9	-5,64278	30	-6,26903	51	-5,40273	72	-3,41712
10	-6,14706	31	-6,31007	52	-5,34298	73	-3,38236
11	-6,39232	32	-6,21872	53	-5,32027	74	-3,35280
12	-6,31116	33	-6,27552	54	-5,45982	75	-3,25803
13	-6,33492	34	-5,98153	55	-5,25750	76	-3,30321
14	-6,53623	35	-6,34830	56	-5,31167	77	-3,36234
15	-6,47631	36	-6,27634	57	-5,59335	78	-3,43215
16	-6,62485	37	-6,34721	58	-5,57175	79	-3,56042
17	-6,76321	38	-6,21470	59	-5,94267	80	-3,37491
18	-6,64658	39	-6,58141	60	-4,34395		
19	-6,54308	40	-5,82380	61	-4,49886		
20	-6,28666	41	-6,28817	62	-4,39361		

Lampiran 5. Matriks D

$$D = \begin{bmatrix} 0,07491 & 0,07491 & -0,01446 & -0,02453 & -0,20719 & 0,26736 & 0,12697 & 0,30687 & -0,42831 & -0,01446 \\ -0,12674 & -0,12674 & -0,39460 & 0,33540 & -0,05862 & 0,15176 & -0,16669 & -0,06842 & 0,14581 & 0,30365 \\ -0,05756 & -0,05756 & -0,04221 & -0,31414 & 0,13374 & 0,29698 & 0,09962 & 0,14486 & -0,07119 & -0,10510 \\ 0,86588 & 0,86588 & 0,48147 & -0,19263 & 0,45467 & -0,93409 & 0,65736 & -1,02743 & -0,27110 & -0,92424 \\ 0,29089 & 0,29089 & -0,23198 & -1,20722 & 0,31651 & 0,48446 & 0,10256 & 0,25223 & 0,09531 & -0,19562 \\ -0,23979 & -0,23979 & -0,56811 & -0,17696 & -0,07064 & 0,32808 & 0,31640 & 0,13212 & 0,30062 & 0,10831 \\ 0,25893 & 0,25893 & 0,16497 & -1,16856 & 0,42011 & 0,76662 & 0,87400 & 0,06125 & -0,12765 & -1,21641 \\ -0,05406 & -0,05406 & 0,57478 & 0,62515 & -0,36863 & 0,72998 & 0,73314 & 0,05096 & -1,12537 & -1,11532 \\ -0,42347 & -0,42347 & -0,05355 & 0,26251 & -1,03438 & 0,23578 & -0,05684 & 0,55736 & 0,26251 & 0,66877 \\ -0,14983 & -0,14983 & 0,20979 & 0,34246 & -1,15165 & 0,54822 & -0,54714 & 0,01039 & 0,40838 & 0,20059 \\ 0,65029 & 0,65029 & -0,13476 & 0,03681 & -0,80152 & 0,31771 & 0,42409 & 0,15560 & -0,11884 & -0,79115 \\ 0,07235 & 0,07235 & -0,51544 & -0,50548 & 0,14208 & 0,16260 & 0,17771 & 0,00929 & 0,13689 & 0,15239 \\ 0,45772 & 0,45772 & 0,05051 & 0,04526 & -0,61680 & 0,49197 & 0,08650 & 0,38922 & -0,62705 & -0,61680 \\ -0,06001 & -0,06001 & -0,74719 & -0,00186 & -0,59304 & 0,11530 & 0,82588 & 0,13026 & 0,10011 & 0,11026 \\ 0,14727 & 0,14727 & -0,28535 & -0,41235 & 0,31157 & 0,72040 & -0,38158 & 0,53673 & -0,38158 & -0,46584 \\ -0,42149 & -0,42149 & 0,28150 & 0,27165 & 0,22607 & 0,22607 & 0,64696 & -0,59396 & -0,46190 & 0,24659 \\ -0,32373 & -0,32373 & -0,24368 & -0,32373 & 0,39004 & 0,79550 & 0,41523 & 0,24182 & -0,32373 & -0,28291 \\ -0,15460 & -0,15460 & -0,16475 & -0,15460 & -0,17500 & -0,17500 & 0,92361 & -0,31890 & -0,15460 & 0,53855 \\ -0,25122 & -0,25122 & 0,46637 & -0,23162 & -0,27123 & -0,27123 & 0,43197 & 0,22740 & 0,42192 & -0,26118 \\ -0,41597 & -0,41597 & 0,48548 & 0,14214 & -0,36468 & 0,33842 & -0,40550 & -0,43725 & 0,74058 & 0,34336 \\ -0,46409 & -0,46409 & -0,61114 & -0,50777 & 0,16281 & 0,75515 & 0,44706 & 0,18538 & -0,05012 & -0,03331 \\ -0,00645 & -0,00645 & 0,12397 & 0,12397 & -0,60928 & 0,41056 & -0,02655 & 0,42034 & 0,37382 & -0,10575 \\ -0,47710 & -0,47710 & -0,45858 & -0,45858 & 0,22535 & 0,82388 & 0,12819 & 0,27942 & 0,15338 & 0,16328 \\ 0,08125 & 0,08125 & -0,61190 & 0,03516 & -0,53393 & -0,02311 & 0,37567 & 0,41515 & 0,28438 & -0,09032 \\ -0,09089 & -0,09089 & -0,09970 & -0,10859 & -0,12661 & -0,23197 & 0,44077 & 0,17013 & -0,33845 & 0,47622 \\ -0,48193 & -0,48193 & 0,12578 & 0,22407 & 0,14438 & 0,44124 & 0,44806 & 0,18943 & -0,03702 & -0,57208 \\ -0,09046 & -0,09046 & -0,01835 & -0,09046 & -0,04479 & 0,52498 & -0,19894 & 0,29296 & -0,25243 & -0,13831 \\ -0,09189 & -0,09189 & -0,22770 & -0,32301 & 0,41893 & 0,77561 & 0,34482 & 0,09571 & -0,43954 & -0,34321 \\ -0,04245 & -0,04245 & -0,01670 & -0,04245 & -0,09604 & -0,17226 & 0,52088 & 0,25604 & -0,17226 & -0,19227 \\ -0,19624 & -0,19624 & 0,53772 & -0,18703 & -0,25340 & 0,36337 & 0,36337 & -0,50893 & -0,34578 & 0,40483 \\ 0,05442 & 0,05442 & -0,50770 & -0,49896 & 0,22838 & 0,75999 & -0,01815 & 0,50231 & -0,02354 & -0,02354 \end{bmatrix}$$

-0,54890	-0,54890	0,24818	0,25673	-0,39067	0,43905	0,80350	0,22209	0,14900	-0,64898
-0,66923	-0,66923	0,15683	-0,54927	0,19059	0,35477	-0,01609	0,43914	0,03851	-0,02635
0,59154	0,59154	-0,51891	-0,45828	-0,46672	0,05086	0,48944	0,19632	0,00434	0,03559
-0,21819	-0,21819	-0,17954	-0,05076	-0,05493	0,19219	0,18234	0,28274	0,15896	-0,13323
-0,37713	-0,37713	-0,41969	-0,41104	-0,39394	0,53582	0,86124	0,33663	0,10323	0,13369
-0,42440	-0,42440	0,22300	0,16158	-0,48300	0,86149	0,08153	-0,20615	0,13869	0,07168
-0,33740	-0,33740	-0,42952	-0,42078	-0,40354	0,52126	0,54471	0,57086	0,15240	0,14749
0,13112	0,13112	-0,50243	-0,50243	-0,51073	0,43512	0,40222	0,41551	-0,01502	0,01989
-0,16934	-0,16934	-0,15239	-0,15239	-0,20413	0,33634	0,32598	0,82739	-0,35680	-0,26808
-0,01924	-0,01924	-0,41101	-0,42127	-0,42644	0,26152	0,45720	0,71940	-0,07235	-0,06511
0,06855	0,06855	-0,58036	-0,74742	0,45882	0,95526	0,44513	-0,69216	0,01699	0,01169
-0,47524	-0,47524	0,13383	0,00944	0,02260	0,26259	0,22594	0,33689	-0,09518	-0,03802
-0,17388	-0,17388	-0,19786	-0,31625	0,20436	0,44297	0,43010	-0,40774	0,08739	0,20436
-0,10982	-0,10982	-0,19157	0,00606	-0,45728	0,40645	-0,13051	0,42461	0,16065	-0,09626
-0,10864	-0,10864	-0,41350	-0,43350	0,02444	0,25965	0,24950	0,27469	0,27469	-0,11596
-0,52395	-0,52395	0,35460	0,33462	-0,01312	0,45489	0,17448	-0,28923	0,09224	-0,05527
-0,16368	-0,16368	-0,26804	-0,23848	-0,25315	0,38689	0,10353	0,48808	0,07555	0,14738
-0,22798	-0,22798	-0,41978	-0,25185	-0,38607	0,07492	0,62603	0,71988	-0,35882	0,14878
-0,75512	-0,75512	0,24851	0,33374	-0,05231	-0,10664	0,29373	0,58651	0,23056	-0,06197
-0,05377	-0,05377	-0,84902	-0,35432	0,11797	0,52596	0,26940	0,44571	0,04707	-0,09525
0,13591	0,13591	-0,44723	0,01667	-0,06282	0,30817	0,13203	0,31467	-0,08192	-0,03715
-0,30348	-0,30348	-0,17349	-0,31201	0,10670	0,36384	-0,13207	0,28839	0,16156	0,13267
0,11362	0,11362	-0,34911	-0,13587	0,08961	0,34982	0,18747	0,11544	-0,09683	-0,20620
-0,37293	-0,37293	-0,29420	-0,06917	0,01300	0,38624	0,38304	0,38943	-0,00337	-0,05914
-0,04483	-0,04483	0,09894	-0,05289	-0,17549	0,15145	0,00032	0,20916	0,00797	-0,14174
-0,67183	-0,67183	0,05065	0,21384	0,10684	0,40675	0,05833	0,08846	-0,13283	0,14613
-1,05204	-1,05204	-0,10544	-0,21913	-0,14192	0,33617	0,38670	0,46393	0,28296	0,00735
-0,68368	-0,68368	0,27543	-0,11813	-0,52953	0,10383	0,51087	0,48854	0,07985	0,23053
-0,11067	-0,11067	0,30186	-0,10642	-0,87891	-0,22315	0,15333	0,74148	0,53006	0,45319
-0,51999	-0,51999	-0,10251	-0,10251	0,07311	0,07953	0,02170	0,04332	0,15551	0,09365
-0,15971	-0,15971	-0,29385	-0,05467	0,25066	-0,26063	0,45044	0,09008	0,20044	0,14367
0,23760	0,23760	-0,12630	-0,03929	-0,30258	0,21436	0,18453	0,05923	0,17913	-0,22566
-0,00980	-0,00980	-0,38706	-0,43314	-0,04870	0,05949	0,23117	0,12826	0,11712	0,19482

0,21050	0,21050	-0,14617	-0,17478	0,28343	0,08818	0,01333	-0,05377	0,11170	-0,08334
-0,07088	-0,07088	-0,17258	-0,23896	-0,10032	0,22722	0,25959	0,14368	0,20362	0,02947
-0,23953	-0,23953	0,14732	-0,30968	-0,18928	0,33147	0,14602	-0,08102	0,13032	0,11102
-0,27639	-0,27639	-0,03589	-0,09561	-0,60965	0,13367	0,43615	0,18144	0,37859	0,43953
-0,13588	-0,13588	0,06948	0,05138	-0,52453	0,43050	-0,03442	0,04645	0,12257	0,09268
-1,54378	-1,54378	-0,22632	0,36146	0,30566	0,66953	0,01007	0,39660	0,33821	0,32040
-0,31126	-0,31126	-0,36343	-0,35091	-0,22027	0,11101	0,43593	0,25353	0,47288	0,38487
-0,30706	-0,30706	-0,25109	-0,16243	-0,10525	0,47619	0,11098	0,14048	0,31700	0,22531
-0,22335	-0,22335	-0,59307	-0,20373	0,07126	0,40057	0,30103	-0,07949	0,15089	0,22098
-0,56064	-0,56064	-0,23141	0,11035	-0,16711	0,35121	0,22904	0,19474	0,29122	0,25970
-0,43127	-0,43127	-0,26134	-0,37440	-0,17057	0,20112	0,20648	0,28815	0,45944	0,23286
-0,45269	-0,45269	-0,13699	-0,00323	-0,21091	0,24779	-0,04995	0,29612	0,26987	0,28190
-0,23622	-0,23622	-0,30501	-0,15107	0,05155	0,44253	0,30166	-0,13881	0,22497	0,10585
-0,15292	-0,15292	-0,12409	-0,34023	-0,09765	0,02777	0,26855	0,27471	0,35615	0,03281
-0,13380	-0,13380	-0,25115	-0,19733	-0,25115	0,33461	0,10290	0,05867	0,17401	0,31741
-0,33131	-0,33131	-0,20060	0,04145	-0,00059	0,05885	0,39745	-0,02302	0,29968	0,41688
-0,07748	-0,07748	-0,14642	-0,17212	-0,29731	0,00405	0,05067	0,15102	0,32557	0,36122

Lampiran 6. Script MATLAB Menentukan Transpos Matriks D dan Perkalian Matriks DD^T & $D^T D$

```
format long g
% Membaca matriks D dari file Excel
D = xlsread('matriks.xlsx');

% Transpos D
D_T = D';

% Perkalian D * D^T
DDT = D * D_T;

% Perkalian D^T * D
DTD = D_T * D;

% Menampilkan hasil
disp('Matriks D:');
disp(D);
disp('Transpos D (D^T):');
disp(D_T);
disp('D * D^T:');
disp(DDT);
disp('D^T * D:');
disp(DTD);
```

Lampiran 7. Matriks D^T

<https://drive.google.com/file/d/1c5owHK7rDTEMJil1NcFRxfRrWA6-XQ/view?usp=sharing>

Lampiran 8. Matriks DD^T

https://drive.google.com/file/d/1FIAvh1e3h8hyIrmW1o0ISqSwWtIOcOdi/view?usp=drive_link

Lampiran 9. Matriks $D^T D$

$$D^T D = \begin{bmatrix} 12.38300 & 12.38300 & 0.98647 & -0.45417 & 1.42840 & -6.28460 & -3.20830 & -4.36880 & -3.36790 & -4.01830 \\ 12.38300 & 12.38300 & 0.98647 & -0.45417 & 1.42840 & -6.28460 & -3.20830 & -4.36880 & -3.36790 & -4.01830 \\ 0.98647 & 0.98647 & 9.25740 & 4.84530 & 0.11379 & -4.85900 & -3.46820 & -4.14650 & -1.56880 & -1.95660 \\ -0.45417 & -0.45417 & 4.84530 & 9.37530 & -1.59580 & -4.85940 & -4.33800 & -2.71160 & -0.92393 & 0.74333 \\ 1.42840 & 1.42840 & 0.11379 & -1.59580 & 10.72600 & -2.08370 & -2.18900 & -4.64660 & -2.35820 & -2.06330 \\ -6.28460 & -6.28460 & -4.85900 & -4.85940 & -2.08370 & 14.79400 & 4.86320 & 5.04710 & 0.08221 & -1.43500 \\ -3.20830 & -3.20830 & -3.46820 & -4.33800 & -2.18900 & 4.86320 & 11.85400 & 2.70540 & -0.82371 & -1.90840 \\ -4.36880 & -4.36880 & -4.14650 & -2.71160 & -4.64660 & 5.04710 & 2.70540 & 10.69800 & 1.27010 & 0.14592 \\ -3.36790 & -3.36790 & -1.56880 & -0.92393 & -2.35820 & 0.08221 & -0.82371 & 1.27010 & 6.87240 & 4.04260 \\ -4.01830 & -4.01830 & -1.95660 & 0.74333 & -2.06330 & -1.43500 & -1.90840 & 0.14592 & 4.04260 & 9.39610 \end{bmatrix}$$

Lampiran 10. Script MATLAB Menghitung Nilai Eigen, Nilai Singular, Vektor Eigen dari Matriks DD^T

```
[v_eig, n_eig] = eig(DDT);

% Akar dari eigenvalues
singular_values = sqrt(diag(n_eig));

% Singular values terurut (terbesar ke terkecil)
[singular_values, sortIdx] = sort(singular_values,
' descend');
v_eigen_corrected = v_eig(:, sortIdx);

% Tampilkan hasil
disp('Nilai Eigen:');
disp(n_eig);

disp('Nilai Singular:');
disp(singular_values);

disp('Vektor Eigen (Matriks U):');
disp(v_eigen_corrected);
```

Lampiran 11. Matriks U

https://drive.google.com/file/d/1lt2C7Zewrh75InL41_r_eaCFCb96NbOFc/view?usp=drive_link

Lampiran 12. Matriks V

$$V = \begin{bmatrix} -0,47141 & -0,34203 & 0,28760 & -0,00322 & 0,05230 & -0,11876 & 0,02645 & -0,00480 & 0,24599 & 0,70711 \\ -0,47141 & -0,34203 & 0,28760 & -0,00322 & 0,05230 & -0,11876 & 0,02645 & -0,00480 & 0,24599 & -0,70711 \\ -0,23029 & 0,30063 & -0,28051 & 0,43642 & -0,03415 & -0,07390 & -0,52085 & -0,44852 & 0,32917 & 0,00000 \\ -0,16288 & 0,45421 & -0,06756 & 0,39998 & 0,06787 & -0,00910 & 0,51201 & 0,47000 & 0,33893 & 0,00000 \\ -0,17308 & -0,10086 & -0,62370 & -0,53634 & 0,07616 & 0,33842 & 0,03726 & 0,07446 & 0,39490 & 0,00000 \\ 0,45854 & -0,31528 & -0,21009 & 0,09346 & 0,46737 & -0,56542 & 0,06721 & -0,01938 & 0,30729 & 0,00000 \\ 0,28271 & -0,36024 & -0,08305 & 0,20947 & -0,79616 & 0,01275 & 0,08012 & 0,06120 & 0,30875 & 0,00000 \\ 0,33941 & -0,11592 & 0,35856 & 0,20163 & 0,31718 & 0,68567 & -0,03714 & -0,12608 & 0,33782 & 0,00000 \\ 0,15148 & 0,23537 & 0,29060 & -0,28462 & -0,06480 & -0,14784 & -0,58852 & 0,54719 & 0,29045 & 0,00000 \\ 0,13301 & 0,40146 & 0,31349 & -0,43312 & -0,16077 & -0,19965 & 0,32418 & -0,50289 & 0,33403 & 0,00000 \end{bmatrix}$$

Lampiran 13. Script MATLAB Menentukan Parameter b_x dan Normalisasinya

```
% Ambil eigenvector pertama dari U untuk bx
bx = v_eigen_corrected2 (:, 1);
disp('Nilai bx:');
disp(bx)
% Normalisasi bx agar jumlahnya = 1
bx_n = bx / sum(bx);
disp('Nilai bx setelah normalisasi:');
disp(bx_n);
```

Lampiran 14. Parameter b_x

https://drive.google.com/file/d/1GS94f6NDGpIHGFzP6LDqlKvAyQZJn0/view?usp=drive_link

Lampiran 15. Normalisasi b_x

https://drive.google.com/file/d/1GS94f6NDGpIHGFzP6LDqlKvAyQZJn0/view?usp=drive_link

Lampiran 16. Script MATLAB Menentukan Parameter k_t prediksi

```
% Data tahun 1 sampai 10
kt = [-2.94447; -2.94447; -1.43845; -1.01737;
      -1.08107; 2.86413; 1.76587; 2.12002; 0.94617;
      0.83079];

% Tahun (t) sebagai variabel independen
t = (1:10)';

% Regresi linier: y = a*t + b
coeffs = polyfit(t, kt, 1); % Orde 1 untuk regresi
a = coeffs(1);
b = coeffs(2);

% Prediksi tahun ke-11 sampai ke-20
t_future = (11:20)';
kt_pred = a * t_future + b;

% Tampilkan hasil prediksi
disp('Koef a:');
disp(a);
disp('Koef b:');
disp(b);

disp('Prediksi tahun ke-11 sampai ke-20:');
disp(kt_pred);
```

Lampiran 17. Data Proyeksi Tingkat Mortalitas

Usia	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0	0,00615	0,00616	0,00617	0,00619	0,00620	0,00621	0,00623	0,00624	0,00625	0,00627
1	0,00442	0,00443	0,00444	0,00445	0,00447	0,00448	0,00449	0,00451	0,00452	0,00453
2	0,00558	0,00560	0,00562	0,00564	0,00566	0,00568	0,00570	0,00572	0,00575	0,00577
3	0,00228	0,00223	0,00218	0,00214	0,00209	0,00204	0,00200	0,00196	0,00191	0,00187
4	0,00381	0,00382	0,00383	0,00385	0,00386	0,00387	0,00388	0,00389	0,00391	0,00392
5	0,00392	0,00396	0,00399	0,00403	0,00407	0,00411	0,00415	0,00419	0,00423	0,00427
6	0,00351	0,00352	0,00353	0,00354	0,00356	0,00357	0,00358	0,00359	0,00361	0,00362
7	0,00308	0,00308	0,00309	0,00309	0,00309	0,00310	0,00310	0,00311	0,00311	0,00312
8	0,00342	0,00347	0,00351	0,00355	0,00360	0,00364	0,00369	0,00373	0,00378	0,00382
9	0,00365	0,00367	0,00369	0,00371	0,00373	0,00375	0,00377	0,00379	0,00381	0,00383
10	0,00210	0,00210	0,00209	0,00208	0,00208	0,00207	0,00206	0,00206	0,00205	0,00204
11	0,00171	0,00171	0,00172	0,00172	0,00173	0,00174	0,00174	0,00175	0,00176	0,00176
12	0,00180	0,00180	0,00179	0,00179	0,00179	0,00178	0,00178	0,00178	0,00177	0,00177
13	0,00186	0,00188	0,00189	0,00191	0,00193	0,00194	0,00196	0,00198	0,00200	0,00201
14	0,00147	0,00148	0,00148	0,00149	0,00149	0,00149	0,00150	0,00150	0,00151	0,00151
15	0,00157	0,00158	0,00158	0,00159	0,00160	0,00160	0,00161	0,00161	0,00162	0,00163
16	0,00140	0,00142	0,00143	0,00145	0,00146	0,00148	0,00150	0,00151	0,00153	0,00154
17	0,00118	0,00119	0,00120	0,00120	0,00121	0,00121	0,00122	0,00122	0,00123	0,00123
18	0,00133	0,00133	0,00134	0,00134	0,00135	0,00135	0,00136	0,00137	0,00137	0,00138
19	0,00148	0,00148	0,00149	0,00150	0,00151	0,00151	0,00152	0,00153	0,00153	0,00154
20	0,00201	0,00204	0,00207	0,00211	0,00214	0,00217	0,00220	0,00223	0,00227	0,00230
21	0,00208	0,00209	0,00211	0,00212	0,00213	0,00214	0,00215	0,00216	0,00218	0,00219
22	0,00186	0,00189	0,00192	0,00195	0,00198	0,00201	0,00204	0,00207	0,00210	0,00213
23	0,00211	0,00212	0,00213	0,00214	0,00215	0,00216	0,00217	0,00219	0,00220	0,00221
24	0,00127	0,00127	0,00128	0,00128	0,00128	0,00129	0,00129	0,00130	0,00130	0,00130
25	0,00197	0,00198	0,00200	0,00202	0,00204	0,00205	0,00207	0,00209	0,00211	0,00213
26	0,00120	0,00120	0,00121	0,00121	0,00122	0,00123	0,00123	0,00124	0,00124	0,00125
27	0,00143	0,00144	0,00145	0,00146	0,00147	0,00147	0,00148	0,00149	0,00150	0,00151
28	0,00121	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00123	0,00123	0,00123	0,00124	0,00124

29	0,00134	0,00134	0,00134	0,00135	0,00135	0,00136	0,00136	0,00136	0,00137	0,00137
30	0,00198	0,00199	0,00201	0,00202	0,00204	0,00205	0,00207	0,00209	0,00210	0,00212
31	0,00194	0,00196	0,00198	0,00201	0,00203	0,00205	0,00208	0,00210	0,00213	0,00215
32	0,00213	0,00215	0,00218	0,00221	0,00223	0,00226	0,00229	0,00232	0,00235	0,00238
33	0,00188	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00186
34	0,00261	0,00263	0,00265	0,00267	0,00268	0,00270	0,00272	0,00274	0,00275	0,00277
35	0,00190	0,00193	0,00196	0,00199	0,00203	0,00206	0,00209	0,00212	0,00216	0,00219
36	0,00198	0,00200	0,00202	0,00204	0,00207	0,00209	0,00211	0,00213	0,00215	0,00217
37	0,00190	0,00193	0,00196	0,00199	0,00202	0,00205	0,00208	0,00211	0,00214	0,00218
38	0,00209	0,00210	0,00212	0,00214	0,00215	0,00217	0,00219	0,00220	0,00222	0,00224
39	0,00145	0,00147	0,00148	0,00149	0,00151	0,00152	0,00153	0,00155	0,00156	0,00157
40	0,00311	0,00314	0,00317	0,00320	0,00323	0,00326	0,00329	0,00332	0,00335	0,00338
41	0,00192	0,00193	0,00194	0,00195	0,00196	0,00197	0,00198	0,00199	0,00200	0,00202
42	0,00314	0,00316	0,00319	0,00322	0,00325	0,00328	0,00331	0,00334	0,00337	0,00340
43	0,00259	0,00260	0,00262	0,00263	0,00265	0,00267	0,00268	0,00270	0,00271	0,00273
44	0,00339	0,00341	0,00344	0,00346	0,00348	0,00351	0,00353	0,00356	0,00358	0,00360
45	0,00318	0,00320	0,00322	0,00325	0,00327	0,00330	0,00332	0,00334	0,00337	0,00339
46	0,00331	0,00333	0,00335	0,00338	0,00340	0,00342	0,00345	0,00347	0,00349	0,00352
47	0,00274	0,00277	0,00279	0,00282	0,00284	0,00287	0,00290	0,00292	0,00295	0,00297
48	0,00282	0,00285	0,00288	0,00291	0,00294	0,00298	0,00301	0,00304	0,00307	0,00311
49	0,00233	0,00235	0,00238	0,00240	0,00243	0,00246	0,00249	0,00251	0,00254	0,00257
50	0,00492	0,00497	0,00501	0,00506	0,00511	0,00516	0,00521	0,00526	0,00531	0,00536
51	0,00458	0,00460	0,00461	0,00463	0,00464	0,00466	0,00467	0,00469	0,00470	0,00472
52	0,00499	0,00503	0,00507	0,00511	0,00515	0,00520	0,00524	0,00528	0,00532	0,00537
53	0,00496	0,00497	0,00498	0,00499	0,00500	0,00502	0,00503	0,00504	0,00505	0,00507
54	0,00450	0,00455	0,00460	0,00465	0,00470	0,00475	0,00480	0,00486	0,00491	0,00496
55	0,00527	0,00529	0,00530	0,00531	0,00532	0,00533	0,00535	0,00536	0,00537	0,00538
56	0,00521	0,00526	0,00532	0,00537	0,00543	0,00549	0,00554	0,00560	0,00566	0,00571
57	0,00414	0,00422	0,00430	0,00439	0,00448	0,00456	0,00466	0,00475	0,00484	0,00494
58	0,00410	0,00416	0,00421	0,00427	0,00433	0,00440	0,00446	0,00452	0,00458	0,00465
59	0,00272	0,00274	0,00276	0,00278	0,00280	0,00282	0,00284	0,00286	0,00288	0,00290

60	0,01354	0,01365	0,01375	0,01386	0,01397	0,01408	0,01419	0,01430	0,01441	0,01453
61	0,01133	0,01137	0,01141	0,01145	0,01149	0,01153	0,01157	0,01161	0,01165	0,01169
62	0,01238	0,01239	0,01239	0,01240	0,01240	0,01241	0,01241	0,01242	0,01242	0,01243
63	0,01139	0,01145	0,01150	0,01155	0,01160	0,01166	0,01171	0,01176	0,01182	0,01187
64	0,01219	0,01216	0,01214	0,01211	0,01209	0,01207	0,01204	0,01202	0,01200	0,01197
65	0,01371	0,01379	0,01386	0,01394	0,01401	0,01409	0,01417	0,01424	0,01432	0,01440
66	0,01376	0,01384	0,01392	0,01401	0,01410	0,01418	0,01427	0,01435	0,01444	0,01453
67	0,01205	0,01216	0,01228	0,01240	0,01252	0,01264	0,01276	0,01289	0,01301	0,01314
68	0,01392	0,01400	0,01407	0,01415	0,01423	0,01431	0,01439	0,01446	0,01454	0,01462
69	0,01245	0,01276	0,01308	0,01341	0,01375	0,01409	0,01445	0,01481	0,01518	0,01556
70	0,03388	0,03426	0,03463	0,03501	0,03540	0,03579	0,03618	0,03658	0,03698	0,03739
71	0,03434	0,03468	0,03502	0,03537	0,03572	0,03607	0,03642	0,03678	0,03715	0,03751
72	0,03433	0,03462	0,03491	0,03521	0,03551	0,03581	0,03612	0,03642	0,03673	0,03705
73	0,03628	0,03673	0,03718	0,03765	0,03811	0,03859	0,03907	0,03955	0,04004	0,04054
74	0,03722	0,03766	0,03810	0,03854	0,03899	0,03944	0,03990	0,04037	0,04084	0,04132
75	0,04055	0,04096	0,04136	0,04178	0,04219	0,04261	0,04304	0,04346	0,04390	0,04433
76	0,03830	0,03859	0,03889	0,03919	0,03949	0,03979	0,04010	0,04041	0,04072	0,04103
77	0,03582	0,03605	0,03627	0,03650	0,03672	0,03695	0,03718	0,03741	0,03765	0,03788
78	0,03351	0,03374	0,03397	0,03420	0,03443	0,03467	0,03490	0,03514	0,03538	0,03562
79	0,02958	0,02981	0,03003	0,03026	0,03048	0,03071	0,03094	0,03118	0,03141	0,03165
80	0,03505	0,03521	0,03537	0,03553	0,03569	0,03585	0,03601	0,03617	0,03634	0,03650

Lampiran 18. Probabilitas Kematian

Usia	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0	0,00613	0,00614	0,00616	0,00617	0,00618	0,00619	0,00621	0,00622	0,00624	0,00625
1	0,00441	0,00442	0,00443	0,00444	0,00446	0,00447	0,00448	0,00450	0,00451	0,00452
2	0,00557	0,00559	0,00561	0,00563	0,00565	0,00567	0,00569	0,00571	0,00573	0,00575
3	0,00228	0,00223	0,00218	0,00213	0,00209	0,00204	0,00200	0,00195	0,00191	0,00187
4	0,00380	0,00381	0,00383	0,00384	0,00385	0,00386	0,00387	0,00389	0,00390	0,00391
5	0,00391	0,00395	0,00399	0,00402	0,00406	0,00410	0,00414	0,00418	0,00422	0,00426
6	0,00350	0,00351	0,00353	0,00354	0,00355	0,00356	0,00358	0,00359	0,00360	0,00361
7	0,00307	0,00308	0,00308	0,00309	0,00309	0,00309	0,00310	0,00310	0,00311	0,00311
8	0,00342	0,00346	0,00350	0,00355	0,00359	0,00363	0,00368	0,00372	0,00377	0,00382
9	0,00364	0,00366	0,00368	0,00370	0,00372	0,00374	0,00376	0,00378	0,00380	0,00382
10	0,00210	0,00209	0,00209	0,00208	0,00207	0,00207	0,00206	0,00205	0,00205	0,00204
11	0,00170	0,00171	0,00172	0,00172	0,00173	0,00174	0,00174	0,00175	0,00175	0,00176
12	0,00180	0,00179	0,00179	0,00179	0,00178	0,00178	0,00178	0,00178	0,00177	0,00177
13	0,00186	0,00187	0,00189	0,00191	0,00192	0,00194	0,00196	0,00198	0,00199	0,00201
14	0,00147	0,00148	0,00148	0,00148	0,00149	0,00149	0,00150	0,00150	0,00151	0,00151
15	0,00157	0,00158	0,00158	0,00159	0,00159	0,00160	0,00161	0,00161	0,00162	0,00162
16	0,00140	0,00142	0,00143	0,00145	0,00146	0,00148	0,00149	0,00151	0,00153	0,00154
17	0,00118	0,00119	0,00119	0,00120	0,00121	0,00121	0,00122	0,00122	0,00123	0,00123
18	0,00133	0,00133	0,00134	0,00134	0,00135	0,00135	0,00136	0,00136	0,00137	0,00138
19	0,00148	0,00148	0,00149	0,00150	0,00150	0,00151	0,00152	0,00153	0,00153	0,00154
20	0,00201	0,00204	0,00207	0,00210	0,00213	0,00217	0,00220	0,00223	0,00226	0,00230
21	0,00208	0,00209	0,00210	0,00212	0,00213	0,00214	0,00215	0,00216	0,00217	0,00219
22	0,00186	0,00189	0,00192	0,00195	0,00198	0,00200	0,00203	0,00206	0,00209	0,00213
23	0,00210	0,00212	0,00213	0,00214	0,00215	0,00216	0,00217	0,00218	0,00220	0,00221
24	0,00127	0,00127	0,00128	0,00128	0,00128	0,00129	0,00129	0,00130	0,00130	0,00130
25	0,00197	0,00198	0,00200	0,00202	0,00203	0,00205	0,00207	0,00209	0,00211	0,00212
26	0,00120	0,00120	0,00121	0,00121	0,00122	0,00122	0,00123	0,00124	0,00124	0,00125
27	0,00143	0,00144	0,00145	0,00145	0,00146	0,00147	0,00148	0,00149	0,00150	0,00151
28	0,00121	0,00122	0,00122	0,00122	0,00122	0,00123	0,00123	0,00123	0,00123	0,00124

29	0,00133	0,00134	0,00134	0,00135	0,00135	0,00135	0,00136	0,00136	0,00137	0,00137
30	0,00197	0,00199	0,00201	0,00202	0,00204	0,00205	0,00207	0,00208	0,00210	0,00212
31	0,00193	0,00196	0,00198	0,00200	0,00203	0,00205	0,00208	0,00210	0,00213	0,00215
32	0,00212	0,00215	0,00218	0,00220	0,00223	0,00226	0,00229	0,00232	0,00234	0,00237
33	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00187	0,00186	0,00186
34	0,00261	0,00263	0,00264	0,00266	0,00268	0,00270	0,00271	0,00273	0,00275	0,00277
35	0,00190	0,00193	0,00196	0,00199	0,00202	0,00206	0,00209	0,00212	0,00215	0,00219
36	0,00198	0,00200	0,00202	0,00204	0,00206	0,00208	0,00210	0,00213	0,00215	0,00217
37	0,00190	0,00193	0,00196	0,00199	0,00202	0,00205	0,00208	0,00211	0,00214	0,00217
38	0,00208	0,00210	0,00212	0,00213	0,00215	0,00217	0,00218	0,00220	0,00222	0,00224
39	0,00145	0,00146	0,00148	0,00149	0,00150	0,00152	0,00153	0,00154	0,00156	0,00157
40	0,00310	0,00313	0,00316	0,00319	0,00322	0,00325	0,00328	0,00331	0,00334	0,00337
41	0,00191	0,00192	0,00194	0,00195	0,00196	0,00197	0,00198	0,00199	0,00200	0,00201
42	0,00313	0,00316	0,00319	0,00322	0,00324	0,00327	0,00330	0,00333	0,00336	0,00339
43	0,00259	0,00260	0,00262	0,00263	0,00265	0,00266	0,00268	0,00269	0,00271	0,00272
44	0,00339	0,00341	0,00343	0,00345	0,00348	0,00350	0,00353	0,00355	0,00357	0,00360
45	0,00317	0,00319	0,00322	0,00324	0,00327	0,00329	0,00331	0,00334	0,00336	0,00339
46	0,00330	0,00333	0,00335	0,00337	0,00339	0,00342	0,00344	0,00346	0,00349	0,00351
47	0,00274	0,00276	0,00279	0,00281	0,00284	0,00287	0,00289	0,00292	0,00294	0,00297
48	0,00282	0,00285	0,00288	0,00291	0,00294	0,00297	0,00300	0,00304	0,00307	0,00310
49	0,00232	0,00235	0,00238	0,00240	0,00243	0,00246	0,00248	0,00251	0,00254	0,00257
50	0,00491	0,00495	0,00500	0,00505	0,00510	0,00515	0,00520	0,00525	0,00530	0,00535
51	0,00457	0,00459	0,00460	0,00462	0,00463	0,00465	0,00466	0,00468	0,00469	0,00471
52	0,00498	0,00502	0,00506	0,00510	0,00514	0,00518	0,00522	0,00527	0,00531	0,00535
53	0,00494	0,00496	0,00497	0,00498	0,00499	0,00500	0,00502	0,00503	0,00504	0,00505
54	0,00449	0,00454	0,00459	0,00464	0,00469	0,00474	0,00479	0,00484	0,00490	0,00495
55	0,00526	0,00527	0,00528	0,00530	0,00531	0,00532	0,00533	0,00535	0,00536	0,00537
56	0,00520	0,00525	0,00531	0,00536	0,00541	0,00547	0,00553	0,00558	0,00564	0,00570
57	0,00413	0,00421	0,00429	0,00438	0,00447	0,00455	0,00464	0,00474	0,00483	0,00493
58	0,00409	0,00415	0,00421	0,00427	0,00433	0,00439	0,00445	0,00451	0,00457	0,00464
59	0,00272	0,00274	0,00276	0,00278	0,00280	0,00281	0,00283	0,00285	0,00287	0,00289

60	0,01345	0,01355	0,01366	0,01376	0,01387	0,01398	0,01409	0,01420	0,01431	0,01442
61	0,01127	0,01131	0,01134	0,01138	0,01142	0,01146	0,01150	0,01154	0,01158	0,01162
62	0,01231	0,01231	0,01232	0,01232	0,01233	0,01233	0,01234	0,01234	0,01235	0,01235
63	0,01133	0,01138	0,01143	0,01148	0,01154	0,01159	0,01164	0,01169	0,01175	0,01180
64	0,01211	0,01209	0,01206	0,01204	0,01202	0,01199	0,01197	0,01195	0,01192	0,01190
65	0,01362	0,01369	0,01377	0,01384	0,01392	0,01399	0,01407	0,01414	0,01422	0,01430
66	0,01366	0,01374	0,01383	0,01391	0,01400	0,01408	0,01417	0,01425	0,01434	0,01443
67	0,01197	0,01209	0,01221	0,01232	0,01244	0,01256	0,01268	0,01280	0,01293	0,01305
68	0,01382	0,01390	0,01397	0,01405	0,01413	0,01420	0,01428	0,01436	0,01444	0,01452
69	0,01237	0,01268	0,01300	0,01332	0,01365	0,01399	0,01434	0,01470	0,01506	0,01544
70	0,03331	0,03368	0,03404	0,03441	0,03478	0,03516	0,03554	0,03592	0,03631	0,03670
71	0,03376	0,03408	0,03442	0,03475	0,03509	0,03543	0,03577	0,03612	0,03647	0,03682
72	0,03374	0,03402	0,03431	0,03460	0,03489	0,03518	0,03547	0,03577	0,03607	0,03637
73	0,03563	0,03606	0,03650	0,03695	0,03740	0,03785	0,03831	0,03878	0,03925	0,03973
74	0,03654	0,03696	0,03738	0,03781	0,03824	0,03868	0,03912	0,03957	0,04002	0,04048
75	0,03974	0,04013	0,04052	0,04092	0,04131	0,04172	0,04212	0,04253	0,04295	0,04337
76	0,03757	0,03786	0,03814	0,03843	0,03872	0,03901	0,03930	0,03960	0,03990	0,04020
77	0,03519	0,03540	0,03562	0,03584	0,03606	0,03628	0,03650	0,03672	0,03695	0,03717
78	0,03296	0,03318	0,03340	0,03362	0,03385	0,03407	0,03430	0,03453	0,03476	0,03500
79	0,02915	0,02937	0,02958	0,02980	0,03002	0,03025	0,03047	0,03069	0,03092	0,03115
80	0,03444	0,03460	0,03475	0,03490	0,03506	0,03521	0,03537	0,03553	0,03568	0,03584

Lampiran 19. Probabilitas Hidup

Usia	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0	0,99387	0,99386	0,99384	0,99383	0,99382	0,99381	0,99379	0,99378	0,99376	0,99375
1	0,99559	0,99558	0,99557	0,99556	0,99554	0,99553	0,99552	0,99550	0,99549	0,99548
2	0,99443	0,99441	0,99439	0,99437	0,99435	0,99433	0,99431	0,99429	0,99427	0,99425
3	0,99772	0,99777	0,99782	0,99787	0,99791	0,99796	0,99800	0,99805	0,99809	0,99813
4	0,99620	0,99619	0,99617	0,99616	0,99615	0,99614	0,99613	0,99611	0,99610	0,99609
5	0,99609	0,99605	0,99601	0,99598	0,99594	0,99590	0,99586	0,99582	0,99578	0,99574
6	0,99650	0,99649	0,99647	0,99646	0,99645	0,99644	0,99642	0,99641	0,99640	0,99639
7	0,99693	0,99692	0,99692	0,99691	0,99691	0,99691	0,99690	0,99690	0,99689	0,99689
8	0,99658	0,99654	0,99650	0,99645	0,99641	0,99637	0,99632	0,99628	0,99623	0,99618
9	0,99636	0,99634	0,99632	0,99630	0,99628	0,99626	0,99624	0,99622	0,99620	0,99618
10	0,99790	0,99791	0,99791	0,99792	0,99793	0,99793	0,99794	0,99795	0,99795	0,99796
11	0,99830	0,99829	0,99828	0,99828	0,99827	0,99826	0,99826	0,99825	0,99825	0,99824
12	0,99820	0,99821	0,99821	0,99821	0,99822	0,99822	0,99822	0,99822	0,99823	0,99823
13	0,99814	0,99813	0,99811	0,99809	0,99808	0,99806	0,99804	0,99802	0,99801	0,99799
14	0,99853	0,99852	0,99852	0,99852	0,99851	0,99851	0,99850	0,99850	0,99849	0,99849
15	0,99843	0,99842	0,99842	0,99841	0,99841	0,99840	0,99839	0,99839	0,99838	0,99838
16	0,99860	0,99858	0,99857	0,99855	0,99854	0,99852	0,99851	0,99849	0,99847	0,99846
17	0,99882	0,99881	0,99881	0,99880	0,99879	0,99879	0,99878	0,99878	0,99877	0,99877
18	0,99867	0,99867	0,99866	0,99866	0,99865	0,99865	0,99864	0,99864	0,99863	0,99862
19	0,99852	0,99852	0,99851	0,99850	0,99850	0,99849	0,99848	0,99847	0,99847	0,99846
20	0,99799	0,99796	0,99793	0,99790	0,99787	0,99783	0,99780	0,99777	0,99774	0,99770
21	0,99792	0,99791	0,99790	0,99788	0,99787	0,99786	0,99785	0,99784	0,99783	0,99781
22	0,99814	0,99811	0,99808	0,99805	0,99802	0,99800	0,99797	0,99794	0,99791	0,99787
23	0,99790	0,99788	0,99787	0,99786	0,99785	0,99784	0,99783	0,99782	0,99780	0,99779
24	0,99873	0,99873	0,99872	0,99872	0,99872	0,99871	0,99871	0,99870	0,99870	0,99870
25	0,99803	0,99802	0,99800	0,99798	0,99797	0,99795	0,99793	0,99791	0,99789	0,99788
26	0,99880	0,99880	0,99879	0,99879	0,99878	0,99878	0,99877	0,99876	0,99876	0,99875
27	0,99857	0,99856	0,99855	0,99855	0,99854	0,99853	0,99852	0,99851	0,99850	0,99849
28	0,99879	0,99878	0,99878	0,99878	0,99878	0,99877	0,99877	0,99877	0,99877	0,99876

29	0,99867	0,99866	0,99866	0,99865	0,99865	0,99865	0,99864	0,99864	0,99863	0,99863
30	0,99803	0,99801	0,99800	0,99798	0,99796	0,99795	0,99793	0,99792	0,99790	0,99788
31	0,99807	0,99804	0,99802	0,99800	0,99797	0,99795	0,99792	0,99790	0,99787	0,99785
32	0,99788	0,99785	0,99782	0,99780	0,99777	0,99774	0,99771	0,99768	0,99766	0,99763
33	0,99813	0,99813	0,99813	0,99813	0,99813	0,99813	0,99813	0,99813	0,99814	0,99814
34	0,99739	0,99737	0,99736	0,99734	0,99732	0,99730	0,99729	0,99727	0,99725	0,99723
35	0,99810	0,99807	0,99804	0,99801	0,99798	0,99794	0,99791	0,99788	0,99785	0,99781
36	0,99802	0,99800	0,99798	0,99796	0,99794	0,99792	0,99790	0,99787	0,99785	0,99783
37	0,99810	0,99807	0,99804	0,99801	0,99798	0,99795	0,99792	0,99789	0,99786	0,99783
38	0,99792	0,99790	0,99788	0,99787	0,99785	0,99783	0,99782	0,99780	0,99778	0,99776
39	0,99855	0,99854	0,99852	0,99851	0,99850	0,99848	0,99847	0,99846	0,99844	0,99843
40	0,99690	0,99687	0,99684	0,99681	0,99678	0,99675	0,99672	0,99669	0,99666	0,99663
41	0,99809	0,99808	0,99806	0,99805	0,99804	0,99803	0,99802	0,99801	0,99800	0,99799
42	0,99687	0,99684	0,99681	0,99678	0,99676	0,99673	0,99670	0,99667	0,99664	0,99661
43	0,99741	0,99740	0,99738	0,99737	0,99735	0,99734	0,99732	0,99731	0,99729	0,99728
44	0,99661	0,99659	0,99657	0,99655	0,99652	0,99650	0,99647	0,99645	0,99643	0,99640
45	0,99683	0,99681	0,99678	0,99676	0,99673	0,99671	0,99669	0,99666	0,99664	0,99661
46	0,99670	0,99667	0,99665	0,99663	0,99661	0,99658	0,99656	0,99654	0,99651	0,99649
47	0,99726	0,99724	0,99721	0,99719	0,99716	0,99713	0,99711	0,99708	0,99706	0,99703
48	0,99718	0,99715	0,99712	0,99709	0,99706	0,99703	0,99700	0,99696	0,99693	0,99690
49	0,99768	0,99765	0,99762	0,99760	0,99757	0,99754	0,99752	0,99749	0,99746	0,99743
50	0,99509	0,99505	0,99500	0,99495	0,99490	0,99485	0,99480	0,99475	0,99470	0,99465
51	0,99543	0,99541	0,99540	0,99538	0,99537	0,99535	0,99534	0,99532	0,99531	0,99529
52	0,99502	0,99498	0,99494	0,99490	0,99486	0,99482	0,99478	0,99473	0,99469	0,99465
53	0,99506	0,99504	0,99503	0,99502	0,99501	0,99500	0,99498	0,99497	0,99496	0,99495
54	0,99551	0,99546	0,99541	0,99536	0,99531	0,99526	0,99521	0,99516	0,99510	0,99505
55	0,99474	0,99473	0,99472	0,99470	0,99469	0,99468	0,99467	0,99465	0,99464	0,99463
56	0,99480	0,99475	0,99469	0,99464	0,99459	0,99453	0,99447	0,99442	0,99436	0,99430
57	0,99587	0,99579	0,99571	0,99562	0,99553	0,99545	0,99536	0,99526	0,99517	0,99507
58	0,99591	0,99585	0,99579	0,99573	0,99567	0,99561	0,99555	0,99549	0,99543	0,99536
59	0,99728	0,99726	0,99724	0,99722	0,99720	0,99719	0,99717	0,99715	0,99713	0,99711

60	0,98655	0,98645	0,98634	0,98624	0,98613	0,98602	0,98591	0,98580	0,98569	0,98558
61	0,98873	0,98869	0,98866	0,98862	0,98858	0,98854	0,98850	0,98846	0,98842	0,98838
62	0,98769	0,98769	0,98768	0,98768	0,98767	0,98767	0,98766	0,98766	0,98765	0,98765
63	0,98867	0,98862	0,98857	0,98852	0,98846	0,98841	0,98836	0,98831	0,98825	0,98820
64	0,98789	0,98791	0,98794	0,98796	0,98798	0,98801	0,98803	0,98805	0,98808	0,98810
65	0,98638	0,98631	0,98623	0,98616	0,98608	0,98601	0,98593	0,98586	0,98578	0,98570
66	0,98634	0,98626	0,98617	0,98609	0,98600	0,98592	0,98583	0,98575	0,98566	0,98557
67	0,98803	0,98791	0,98779	0,98768	0,98756	0,98744	0,98732	0,98720	0,98707	0,98695
68	0,98618	0,98610	0,98603	0,98595	0,98587	0,98580	0,98572	0,98564	0,98556	0,98548
69	0,98763	0,98732	0,98700	0,98668	0,98635	0,98601	0,98566	0,98530	0,98494	0,98456
70	0,96669	0,96632	0,96596	0,96559	0,96522	0,96484	0,96446	0,96408	0,96369	0,96330
71	0,96624	0,96592	0,96558	0,96525	0,96491	0,96457	0,96423	0,96388	0,96353	0,96318
72	0,96626	0,96598	0,96569	0,96540	0,96511	0,96482	0,96453	0,96423	0,96393	0,96363
73	0,96437	0,96394	0,96350	0,96305	0,96260	0,96215	0,96169	0,96122	0,96075	0,96027
74	0,96346	0,96304	0,96262	0,96219	0,96176	0,96132	0,96088	0,96043	0,95998	0,95952
75	0,96026	0,95987	0,95948	0,95908	0,95869	0,95828	0,95788	0,95747	0,95705	0,95663
76	0,96243	0,96214	0,96186	0,96157	0,96128	0,96099	0,96070	0,96040	0,96010	0,95980
77	0,96481	0,96460	0,96438	0,96416	0,96394	0,96372	0,96350	0,96328	0,96305	0,96283
78	0,96704	0,96682	0,96660	0,96638	0,96615	0,96593	0,96570	0,96547	0,96524	0,96500
79	0,97085	0,97063	0,97042	0,97020	0,96704	0,96975	0,96953	0,96931	0,96908	0,96885
80	0,96556	0,96540	0,96525	0,96510	0,96494	0,96479	0,96463	0,96447	0,96432	0,96416

Lampiran 20. Tabel Mortalitas

Tahun 2025-2029

Usia	2025		2026		2027		2028		2029	
	q_x	p_x	q_x	p_x	q_x	p_x	q_x	p_x	p_x	q_x
0	0,00613	0,99387	0,00614	0,99386	0,00616	0,99384	0,00617	0,99383	0,00618	0,99382
1	0,00441	0,99559	0,00442	0,99558	0,00443	0,99557	0,00444	0,99556	0,00446	0,99554
2	0,00557	0,99443	0,00559	0,99441	0,00561	0,99439	0,00563	0,99437	0,00565	0,99435
3	0,00228	0,99772	0,00223	0,99777	0,00218	0,99782	0,00213	0,99787	0,00209	0,99791
4	0,00380	0,99620	0,00381	0,99619	0,00383	0,99617	0,00384	0,99616	0,00385	0,99615
5	0,00391	0,99609	0,00395	0,99605	0,00399	0,99601	0,00402	0,99598	0,00406	0,99594
6	0,00350	0,99650	0,00351	0,99649	0,00353	0,99647	0,00354	0,99646	0,00355	0,99645
7	0,00307	0,99693	0,00308	0,99692	0,00308	0,99692	0,00309	0,99691	0,00309	0,99691
8	0,00342	0,99658	0,00346	0,99654	0,00350	0,99650	0,00355	0,99645	0,00359	0,99641
9	0,00364	0,99636	0,00366	0,99634	0,00368	0,99632	0,00370	0,99630	0,00372	0,99628
10	0,00210	0,99790	0,00209	0,99791	0,00209	0,99791	0,00208	0,99792	0,00207	0,99793
11	0,00170	0,99830	0,00171	0,99829	0,00172	0,99828	0,00172	0,99828	0,00173	0,99827
12	0,00180	0,99820	0,00179	0,99821	0,00179	0,99821	0,00179	0,99821	0,00178	0,99822
13	0,00186	0,99814	0,00187	0,99813	0,00189	0,99811	0,00191	0,99809	0,00192	0,99808
14	0,00147	0,99853	0,00148	0,99852	0,00148	0,99852	0,00148	0,99852	0,00149	0,99851
15	0,00157	0,99843	0,00158	0,99842	0,00158	0,99842	0,00159	0,99841	0,00159	0,99841
16	0,00140	0,99860	0,00142	0,99858	0,00143	0,99857	0,00145	0,99855	0,00146	0,99854
17	0,00118	0,99882	0,00119	0,99881	0,00119	0,99881	0,00120	0,99880	0,00121	0,99879
18	0,00133	0,99867	0,00133	0,99867	0,00134	0,99866	0,00134	0,99866	0,00135	0,99865
19	0,00148	0,99852	0,00148	0,99852	0,00149	0,99851	0,00150	0,99850	0,00150	0,99850
20	0,00201	0,99799	0,00204	0,99796	0,00207	0,99793	0,00210	0,99790	0,00213	0,99787
21	0,00208	0,99792	0,00209	0,99791	0,00210	0,99790	0,00212	0,99788	0,00213	0,99787
22	0,00186	0,99814	0,00189	0,99811	0,00192	0,99808	0,00195	0,99805	0,00198	0,99802
23	0,00210	0,99790	0,00212	0,99788	0,00213	0,99787	0,00214	0,99786	0,00215	0,99785
24	0,00127	0,99873	0,00127	0,99873	0,00128	0,99872	0,00128	0,99872	0,00128	0,99872
25	0,00197	0,99803	0,00198	0,99802	0,00200	0,99800	0,00202	0,99798	0,00203	0,99797

26	0,00120	0,99880	0,00120	0,99880	0,00121	0,99879	0,00121	0,99879	0,00122	0,99878
27	0,00143	0,99857	0,00144	0,99856	0,00145	0,99855	0,00145	0,99855	0,00146	0,99854
28	0,00121	0,99879	0,00122	0,99878	0,00122	0,99878	0,00122	0,99878	0,00122	0,99878
29	0,00133	0,99867	0,00134	0,99866	0,00134	0,99866	0,00135	0,99865	0,00135	0,99865
30	0,00197	0,99803	0,00199	0,99801	0,00201	0,99800	0,00202	0,99798	0,00204	0,99796
31	0,00193	0,99807	0,00196	0,99804	0,00198	0,99802	0,00200	0,99800	0,00203	0,99797
32	0,00212	0,99788	0,00215	0,99785	0,00218	0,99782	0,00220	0,99780	0,00223	0,99777
33	0,00187	0,99813	0,00187	0,99813	0,00187	0,99813	0,00187	0,99813	0,00187	0,99813
34	0,00261	0,99739	0,00263	0,99737	0,00264	0,99736	0,00266	0,99734	0,00268	0,99732
35	0,00190	0,99810	0,00193	0,99807	0,00196	0,99804	0,00199	0,99801	0,00202	0,99798
36	0,00198	0,99802	0,00200	0,99800	0,00202	0,99798	0,00204	0,99796	0,00206	0,99794
37	0,00190	0,99810	0,00193	0,99807	0,00196	0,99804	0,00199	0,99801	0,00202	0,99798
38	0,00208	0,99792	0,00210	0,99790	0,00212	0,99788	0,00213	0,99787	0,00215	0,99785
39	0,00145	0,99855	0,00146	0,99854	0,00148	0,99852	0,00149	0,99851	0,00150	0,99850
40	0,00310	0,99690	0,00313	0,99687	0,00316	0,99684	0,00319	0,99681	0,00322	0,99678
41	0,00191	0,99809	0,00192	0,99808	0,00194	0,99806	0,00195	0,99805	0,00196	0,99804
42	0,00313	0,99687	0,00316	0,99684	0,00319	0,99681	0,00322	0,99678	0,00324	0,99676
43	0,00259	0,99741	0,00260	0,99740	0,00262	0,99738	0,00263	0,99737	0,00265	0,99735
44	0,00339	0,99661	0,00341	0,99659	0,00343	0,99657	0,00345	0,99655	0,00348	0,99652
45	0,00317	0,99683	0,00319	0,99681	0,00322	0,99678	0,00324	0,99676	0,00327	0,99673
46	0,00330	0,99670	0,00333	0,99667	0,00335	0,99665	0,00337	0,99663	0,00339	0,99661
47	0,00274	0,99726	0,00276	0,99724	0,00279	0,99721	0,00281	0,99719	0,00284	0,99716
48	0,00282	0,99718	0,00285	0,99715	0,00288	0,99712	0,00291	0,99709	0,00294	0,99706
49	0,00232	0,99768	0,00235	0,99765	0,00238	0,99762	0,00240	0,99760	0,00243	0,99757
50	0,00491	0,99509	0,00495	0,99505	0,00500	0,99500	0,00505	0,99495	0,00510	0,99490
51	0,00457	0,99543	0,00459	0,99541	0,00460	0,99540	0,00462	0,99538	0,00463	0,99537
52	0,00498	0,99502	0,00502	0,99498	0,00506	0,99494	0,00510	0,99490	0,00514	0,99486
53	0,00494	0,99506	0,00496	0,99504	0,00497	0,99503	0,00498	0,99502	0,00499	0,99501
54	0,00449	0,99551	0,00454	0,99546	0,00459	0,99541	0,00464	0,99536	0,00469	0,99531
55	0,00526	0,99474	0,00527	0,99473	0,00528	0,99472	0,00530	0,99470	0,00531	0,99469
56	0,00520	0,99480	0,00525	0,99475	0,00531	0,99469	0,00536	0,99464	0,00541	0,99459

57	0,00413	0,99587	0,00421	0,99579	0,00429	0,99571	0,00438	0,99562	0,00447	0,99553
58	0,00409	0,99591	0,00415	0,99585	0,00421	0,99579	0,00427	0,99573	0,00433	0,99567
59	0,00272	0,99728	0,00274	0,99726	0,00276	0,99724	0,00278	0,99722	0,00280	0,99720
60	0,01345	0,98655	0,01355	0,98645	0,01366	0,98634	0,01376	0,98624	0,01387	0,98613
61	0,01127	0,98873	0,01131	0,98869	0,01134	0,98866	0,01138	0,98862	0,01142	0,98858
62	0,01231	0,98769	0,01231	0,98769	0,01232	0,98768	0,01232	0,98768	0,01233	0,98767
63	0,01133	0,98867	0,01138	0,98862	0,01143	0,98857	0,01148	0,98852	0,01154	0,98846
64	0,01211	0,98789	0,01209	0,98791	0,01206	0,98794	0,01204	0,98796	0,01202	0,98798
65	0,01362	0,98638	0,01369	0,98631	0,01377	0,98623	0,01384	0,98616	0,01392	0,98608
66	0,01366	0,98634	0,01374	0,98626	0,01383	0,98617	0,01391	0,98609	0,01400	0,98600
67	0,01197	0,98803	0,01209	0,98791	0,01221	0,98779	0,01232	0,98768	0,01244	0,98756
68	0,01382	0,98618	0,01390	0,98610	0,01397	0,98603	0,01405	0,98595	0,01413	0,98587
69	0,01237	0,98763	0,01268	0,98732	0,01300	0,98700	0,01332	0,98668	0,01365	0,98635
70	0,03331	0,96669	0,03368	0,96632	0,03404	0,96596	0,03441	0,96559	0,03478	0,96522
71	0,03376	0,96624	0,03408	0,96592	0,03442	0,96558	0,03475	0,96525	0,03509	0,96491
72	0,03374	0,96626	0,03402	0,96598	0,03431	0,96569	0,03460	0,96540	0,03489	0,96511
73	0,03563	0,96437	0,03606	0,96394	0,03650	0,96350	0,03695	0,96305	0,03740	0,96260
74	0,03654	0,96346	0,03696	0,96304	0,03738	0,96262	0,03781	0,96219	0,03824	0,96176
75	0,03974	0,96026	0,04013	0,95987	0,04052	0,95948	0,04092	0,95908	0,04131	0,95869
76	0,03757	0,96243	0,03786	0,96214	0,03814	0,96186	0,03843	0,96157	0,03872	0,96128
77	0,03519	0,96481	0,03540	0,96460	0,03562	0,96438	0,03584	0,96416	0,03606	0,96394
78	0,03296	0,96704	0,03318	0,96682	0,03340	0,96660	0,03362	0,96638	0,03385	0,96615
79	0,02915	0,97085	0,02937	0,97063	0,02958	0,97042	0,02980	0,97020	0,03002	0,96704
80	0,03444	0,96556	0,03460	0,96540	0,03475	0,96525	0,03490	0,96510	0,03506	0,96494

Tahun 2030-2034

Usia	2030		2031		2032		2033		2034	
	q_x	p_x	q_x	p_x	q_x	p_x	q_x	p_x	p_x	q_x
0	0,00619	0,99381	0,00621	0,99379	0,00622	0,99378	0,00624	0,99376	0,00625	0,99375

1	0,00447	0,99553	0,00448	0,99552	0,00450	0,99550	0,00451	0,99549	0,00452	0,99548
2	0,00567	0,99433	0,00569	0,99431	0,00571	0,99429	0,00573	0,99427	0,00575	0,99425
3	0,00204	0,99796	0,00200	0,99800	0,00195	0,99805	0,00191	0,99809	0,00187	0,99813
4	0,00386	0,99614	0,00387	0,99613	0,00389	0,99611	0,00390	0,99610	0,00391	0,99609
5	0,00410	0,99590	0,00414	0,99586	0,00418	0,99582	0,00422	0,99578	0,00426	0,99574
6	0,00356	0,99644	0,00358	0,99642	0,00359	0,99641	0,00360	0,99640	0,00361	0,99639
7	0,00309	0,99691	0,00310	0,99690	0,00310	0,99690	0,00311	0,99689	0,00311	0,99689
8	0,00363	0,99637	0,00368	0,99632	0,00372	0,99628	0,00377	0,99623	0,00382	0,99618
9	0,00374	0,99626	0,00376	0,99624	0,00378	0,99622	0,00380	0,99620	0,00382	0,99618
10	0,00207	0,99793	0,00206	0,99794	0,00205	0,99795	0,00205	0,99795	0,00204	0,99796
11	0,00174	0,99826	0,00174	0,99826	0,00175	0,99825	0,00175	0,99825	0,00176	0,99824
12	0,00178	0,99822	0,00178	0,99822	0,00178	0,99822	0,00177	0,99823	0,00177	0,99823
13	0,00194	0,99806	0,00196	0,99804	0,00198	0,99802	0,00199	0,99801	0,00201	0,99799
14	0,00149	0,99851	0,00150	0,99850	0,00150	0,99850	0,00151	0,99849	0,00151	0,99849
15	0,00160	0,99840	0,00161	0,99839	0,00161	0,99839	0,00162	0,99838	0,00162	0,99838
16	0,00148	0,99852	0,00149	0,99851	0,00151	0,99849	0,00153	0,99847	0,00154	0,99846
17	0,00121	0,99879	0,00122	0,99878	0,00122	0,99878	0,00123	0,99877	0,00123	0,99877
18	0,00135	0,99865	0,00136	0,99864	0,00136	0,99864	0,00137	0,99863	0,00138	0,99862
19	0,00151	0,99849	0,00152	0,99848	0,00153	0,99847	0,00153	0,99847	0,00154	0,99846
20	0,00217	0,99783	0,00220	0,99780	0,00223	0,99777	0,00226	0,99774	0,00230	0,99770
21	0,00214	0,99786	0,00215	0,99785	0,00216	0,99784	0,00217	0,99783	0,00219	0,99781
22	0,00200	0,99800	0,00203	0,99797	0,00206	0,99794	0,00209	0,99791	0,00213	0,99787
23	0,00216	0,99784	0,00217	0,99783	0,00218	0,99782	0,00220	0,99780	0,00221	0,99779
24	0,00129	0,99871	0,00129	0,99871	0,00130	0,99870	0,00130	0,99870	0,00130	0,99870
25	0,00205	0,99795	0,00207	0,99793	0,00209	0,99791	0,00211	0,99789	0,00212	0,99788
26	0,00122	0,99878	0,00123	0,99877	0,00124	0,99876	0,00124	0,99876	0,00125	0,99875
27	0,00147	0,99853	0,00148	0,99852	0,00149	0,99851	0,00150	0,99850	0,00151	0,99849
28	0,00123	0,99877	0,00123	0,99877	0,00123	0,99877	0,00123	0,99877	0,00124	0,99876
29	0,00135	0,99865	0,00136	0,99864	0,00136	0,99864	0,00137	0,99863	0,00137	0,99863
30	0,00205	0,99795	0,00207	0,99793	0,00208	0,99792	0,00210	0,99790	0,00212	0,99788
31	0,00205	0,99795	0,00208	0,99792	0,00210	0,99790	0,00213	0,99787	0,00215	0,99785

32	0,00226	0,99774	0,00229	0,99771	0,00232	0,99768	0,00234	0,99766	0,00237	0,99763
33	0,00187	0,99813	0,00187	0,99813	0,00187	0,99813	0,00186	0,99814	0,00186	0,99814
34	0,00270	0,99730	0,00271	0,99729	0,00273	0,99727	0,00275	0,99725	0,00277	0,99723
35	0,00206	0,99794	0,00209	0,99791	0,00212	0,99788	0,00215	0,99785	0,00219	0,99781
36	0,00208	0,99792	0,00210	0,99790	0,00213	0,99787	0,00215	0,99785	0,00217	0,99783
37	0,00205	0,99795	0,00208	0,99792	0,00211	0,99789	0,00214	0,99786	0,00217	0,99783
38	0,00217	0,99783	0,00218	0,99782	0,00220	0,99780	0,00222	0,99778	0,00224	0,99776
39	0,00152	0,99848	0,00153	0,99847	0,00154	0,99846	0,00156	0,99844	0,00157	0,99843
40	0,00325	0,99675	0,00328	0,99672	0,00331	0,99669	0,00334	0,99666	0,00337	0,99663
41	0,00197	0,99803	0,00198	0,99802	0,00199	0,99801	0,00200	0,99800	0,00201	0,99799
42	0,00327	0,99673	0,00330	0,99670	0,00333	0,99667	0,00336	0,99664	0,00339	0,99661
43	0,00266	0,99734	0,00268	0,99732	0,00269	0,99731	0,00271	0,99729	0,00272	0,99728
44	0,00350	0,99650	0,00353	0,99647	0,00355	0,99645	0,00357	0,99643	0,00360	0,99640
45	0,00329	0,99671	0,00331	0,99669	0,00334	0,99666	0,00336	0,99664	0,00339	0,99661
46	0,00342	0,99658	0,00344	0,99656	0,00346	0,99654	0,00349	0,99651	0,00351	0,99649
47	0,00287	0,99713	0,00289	0,99711	0,00292	0,99708	0,00294	0,99706	0,00297	0,99703
48	0,00297	0,99703	0,00300	0,99700	0,00304	0,99696	0,00307	0,99693	0,00310	0,99690
49	0,00246	0,99754	0,00248	0,99752	0,00251	0,99749	0,00254	0,99746	0,00257	0,99743
50	0,00515	0,99485	0,00520	0,99480	0,00525	0,99475	0,00530	0,99470	0,00535	0,99465
51	0,00465	0,99535	0,00466	0,99534	0,00468	0,99532	0,00469	0,99531	0,00471	0,99529
52	0,00518	0,99482	0,00522	0,99478	0,00527	0,99473	0,00531	0,99469	0,00535	0,99465
53	0,00500	0,99500	0,00502	0,99498	0,00503	0,99497	0,00504	0,99496	0,00505	0,99495
54	0,00474	0,99526	0,00479	0,99521	0,00484	0,99516	0,00490	0,99510	0,00495	0,99505
55	0,00532	0,99468	0,00533	0,99467	0,00535	0,99465	0,00536	0,99464	0,00537	0,99463
56	0,00547	0,99453	0,00553	0,99447	0,00558	0,99442	0,00564	0,99436	0,00570	0,99430
57	0,00455	0,99545	0,00464	0,99536	0,00474	0,99526	0,00483	0,99517	0,00493	0,99507
58	0,00439	0,99561	0,00445	0,99555	0,00451	0,99549	0,00457	0,99543	0,00464	0,99536
59	0,00281	0,99719	0,00283	0,99717	0,00285	0,99715	0,00287	0,99713	0,00289	0,99711
60	0,01398	0,98602	0,01409	0,98591	0,01420	0,98580	0,01431	0,98569	0,01442	0,98558
61	0,01146	0,98854	0,01150	0,98850	0,01154	0,98846	0,01158	0,98842	0,01162	0,98838
62	0,01233	0,98767	0,01234	0,98766	0,01234	0,98766	0,01235	0,98765	0,01235	0,98765

63	0,01159	0,98841	0,01164	0,98836	0,01169	0,98831	0,01175	0,98825	0,01180	0,98820
64	0,01199	0,98801	0,01197	0,98803	0,01195	0,98805	0,01192	0,98808	0,01190	0,98810
65	0,01399	0,98601	0,01407	0,98593	0,01414	0,98586	0,01422	0,98578	0,01430	0,98570
66	0,01408	0,98592	0,01417	0,98583	0,01425	0,98575	0,01434	0,98566	0,01443	0,98557
67	0,01256	0,98744	0,01268	0,98732	0,01280	0,98720	0,01293	0,98707	0,01305	0,98695
68	0,01420	0,98580	0,01428	0,98572	0,01436	0,98564	0,01444	0,98556	0,01452	0,98548
69	0,01399	0,98601	0,01434	0,98566	0,01470	0,98530	0,01506	0,98494	0,01544	0,98456
70	0,03516	0,96484	0,03554	0,96446	0,03592	0,96408	0,03631	0,96369	0,03670	0,96330
71	0,03543	0,96457	0,03577	0,96423	0,03612	0,96388	0,03647	0,96353	0,03682	0,96318
72	0,03518	0,96482	0,03547	0,96453	0,03577	0,96423	0,03607	0,96393	0,03637	0,96363
73	0,03785	0,96215	0,03831	0,96169	0,03878	0,96122	0,03925	0,96075	0,03973	0,96027
74	0,03868	0,96132	0,03912	0,96088	0,03957	0,96043	0,04002	0,95998	0,04048	0,95952
75	0,04172	0,95828	0,04212	0,95788	0,04253	0,95747	0,04295	0,95705	0,04337	0,95663
76	0,03901	0,96099	0,03930	0,96070	0,03960	0,96040	0,03990	0,96010	0,04020	0,95980
77	0,03628	0,96372	0,03650	0,96350	0,03672	0,96328	0,03695	0,96305	0,03717	0,96283
78	0,03407	0,96593	0,03430	0,96570	0,03453	0,96547	0,03476	0,96524	0,03500	0,96500
79	0,03025	0,96975	0,03047	0,96953	0,03069	0,96931	0,03092	0,96908	0,03115	0,96885
80	0,03521	0,96479	0,03537	0,96463	0,03553	0,96447	0,03568	0,96432	0,03584	0,96416

Lampiran 21. Daftar Riwayat Hidup**DAFTAR RIWAYAT HIDUP****A. Identitas Diri**

Nama Lengkap : Siska Afrilia
Tempat, Tanggal Lahir : Pati, 23 April 2003
Alamat : Desa Margomulyo RT 03 RW 03 Kec. Tayu
Kab. Pati, Jawa Tengah
Nomor HP : 0895360969385
E-mail : 2108046036@student.walisongo.ac.id

B. Riwayat Pendidikan

1. TK Kartika Sari Margomulyo lulus tahun 2009
2. SD Negeri Margomulyo lulus tahun 2015
3. SMP Negeri 1 Margoyoso lulus tahun 2018
4. SMA Negeri 1 Tayu lulus tahun 2021