

**SKRIPSI**

**PREDIKSI TABEL MORTALITA WHO INDONESIA  
MENGUNAKAN MODEL LEE-CARTER DENGAN METODE  
ESTIMASI DEKOMPOSISI NILAI SINGULAR, METODE  
*MAXIMUM LIKELIHOOD*, DAN METODE BAYESIAN**



**Laureen Pamela Gunawan**

**NPM: 2016710004**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2020**



**FINAL PROJECT**

**PREDICTION OF INDONESIAN WHO MORTALITY TABLE  
USING LEE-CARTER MODEL WITH THE SINGULAR  
VALUE DECOMPOSITION ESTIMATION, MAXIMUM  
LIKELIHOOD ESTIMATION, AND BAYESIAN ESTIMATION  
METHOD**



**Laureen Pamela Gunawan**

**NPM: 2016710004**

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
2020**



# LEMBAR PENGESAHAN

## PREDIKSI TABEL MORTALITA WHO INDONESIA MENGUNAKAN MODEL LEE-CARTER DENGAN METODE ESTIMASI DEKOMPOSISI NILAI SINGULAR, METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD*, DAN METODE BAYESIAN

Laureen Pamela Gunawan

NPM: 2016710004

Bandung, 30 Juli 2020

Menyetujui,  
Pembimbing Utama

Farah Kristiani, Ph.D.

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Maria Anestasia, M.Si., MActSc

Liem Chin, M.Si.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Dr. Erwinna Chendra



## PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

**PREDIKSI TABEL MORTALITA WHO INDONESIA MENGGUNAKAN  
MODEL LEE-CARTER DENGAN METODE ESTIMASI DEKOMPOSISI  
NILAI SINGULAR, METODE *MAXIMUM LIKELIHOOD*, DAN METODE  
BAYESIAN**

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,  
Tanggal 30 Juli 2020

Meterai Rp. 6000
---------------------

Laureen Pamela Gunawan  
NPM: 2016710004



## ABSTRAK

Skripsi ini membahas metode untuk mengestimasi Tabel Mortalita WHO Indonesia menggunakan model Lee-Carter yang mempunyai tiga parameter, yaitu  $a_{x_i}$ ,  $b_{x_i}$  dan  $k_{t_j}$ . Parameter tersebut akan diestimasi dengan metode Dekomposisi Nilai Singular, metode *Maximum Likelihood*, dan metode Bayesian. Estimasinya menggunakan dua kelompok data peluang kematian yaitu kelompok tahun 2010 – 2016 dan 2014 – 2016. Hasil estimasinya akan dibandingkan dengan peluang kematian dari data yang sebenarnya. Selanjutnya, nilai parameter yang diestimasi oleh ketiga metode tersebut diterapkan pada model Lee-Carter untuk memprediksi tingkat kematian di tahun 2019 – 2021 dengan menggunakan model ARIMA (0,1,0). Dari hasil prediksi ini, dapat disimpulkan bahwa metode Dekomposisi Nilai Singular dan metode *Maximum Likelihood* memberikan hasil prediksi yang lebih baik daripada metode Bayesian.

**Kata-kata kunci:** Tabel Mortalita Indonesia, Model Lee-Carter, metode Dekomposisi Nilai Singular, metode *Maximum Likelihood*, metode Bayesian, ARIMA



## ABSTRACT

This final project discusses methods for estimating WHO Indonesian Mortality Tables using the Lee-Carter model which has three parameters, namely  $a_{x_i}$ ,  $b_{x_i}$  and  $k_{t_j}$ . These parameters will be estimated by the Singular Value Decomposition, Maximum Likelihood Estimation, and Bayesian methods. The estimation uses two groups of death probability data of 2010 – 2016 and 2014 – 2016. The estimation results of death probability will be compared with the actual data. Next, the parameter values estimated by the three methods are applied to Lee-Carter model to predict mortality rate in 2019 – 2021 using the ARIMA model (0,1,0). From this prediction results, it can be concluded that the Singular Value Decomposition and the Maximum Likelihood methods provide better prediction results than the Bayesian method.

**Keywords:** Indonesian Mortality Table, Lee-Carter model, Singular Value Decomposition method, Maximum Likelihood method, Bayesian method, ARIMA



*Dedicated to my parents, my little sisters, and my little brother  
for their endless love, support, and encouragement.*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu, walaupun pada prosesnya terdapat beberapa hambatan dan rintangan. Skripsi ini berjudul "Prediksi Tabel Mortalita WHO Indonesia Menggunakan Model Lee-Carter dengan Metode Estimasi Dekomposisi Nilai Singular, Metode *Maximum Likelihood*, dan Metode Bayesian" sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-I Program Studi Matematika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat untuk para pembacanya.

Selama masa studi dan penyusunan skripsi, penulis mendapatkan banyak ilmu dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

- Kedua orang tua penulis (Papi Eddy Gunawan dan Mami Herlina Hedijanto (Alen)) yang telah memberikan kasih sayang, nasihat, dukungan, dan doa dalam segala hal terutama dalam penyelesaian skripsi ini.
- Ketiga adik penulis (Jeannette Abigail Gunawan, Beatrice Amanda Gunawan, dan Bryan Edward Gunawan) yang selalu ada dikala senang maupun sedih dan memberikan dukungan serta bantuan kepada penulis khususnya dalam pengeditan *video* skripsi ini.
- Engkong (Yahya Gunawan) dan Ema (Helena Gunawan) yang senantiasa memberikan doa, nasihat, dan dukungan kepada penulis.
- Opa (Hedijanto (Alm.)) dan Oma (Sie Kim Tjoey (Almh.)) yang semasa hidupnya senantiasa memberikan doa yang tak henti-hentinya kepada penulis.
- Uu (Frans Hedijanto, S.S) yang senantiasa memberikan saran dan dukungan kepada penulis.
- Ibu Farah Kristiani, Ph.D yang telah sabar membimbing dan mengayomi penulis, meluangkan waktunya untuk diskusi, serta memberikan nasihat dan saran dalam berbagai aspek. Tanpa bantuan beliau skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
- Ibu Maria Anastasia, M.Si, MActSc selaku ketua tim penguji pada sidang skripsi yang telah memberikan saran, masukan, dan ilmu kepada penulis, sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
- Bapak Liem Chin, M.Si selaku koordinator skripsi dan juga anggota tim penguji dalam sidang skripsi yang telah memberikan informasi, waktu, dan saran kepada penulis sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
- Bapak Agus Sukmana, M.Sc selaku dosen wali yang telah memberikan arahan dan bantuan selama masa perkuliahan.
- Seluruh dosen FTIS terutama dosen Program Studi Matematika atas ilmu yang sudah diberikan kepada penulis.
- Seluruh staf Tata Usaha dan karyawan FTIS yang telah membantu penulis dalam melengkapi segala sesuatu yang dibutuhkan selama proses perkuliahan.

- Viola Tanu yang selalu ada dan memberikan dukungan selama 9 tahun terakhir ini.
- Claudy Stephani dan Daniela Priska yang menjadi tempat curhat, berkeluh kesah, dan selalu memberikan dukungan selama perkuliahan ini.
- Vheren Xhalliwang, Jessica Christina, Alma Geraldyne yang telah memberikan semangat, dukungan, dan menjadi sahabat selama perkuliahan ini.
- Claresta Felim sebagai teman curhat dan seperjuangan selama penyusunan skripsi ini.
- Teman-teman Matematika angkatan 2016 (Agnes, Aldo, Alma, Alvinda, Gresel, Aretha, Asen, Avel, Azka, Bahri, Stella, Claresta, Daniel, Davyn, Deva, Edsel, Evelyne, Fanny, Farand, Faza, Febri, Felix, Fenny, Chang, Gerald, Irsyad, Isa, Janaka, Jece, Jete, Julius, Khema, Leo, Lucas, Melia, Mutiara, Nadya, Nevan, Niko, Nitya, Raisa, Rudi, Salman, Suryani, Triny, Vheren, Vivian, Widhiya, Wilbert, Anes, Bang Jo) atas kekompakkan dan kebersamaannya selama ini.
- *Home Cell Daters* (Ci Che, Ci Liana, Ko Kus, Ko Andrye, Ko Albert, Ci Cath, Ko Jay, Thessa, Bella, Chacha, Filip, Rico, Simon, dkk) yang telah memberikan saran dan dukungan rohani.
- Teman-teman Matematika angkatan 2014, 2015, 2017, 2018, 2019, dan 2020 yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu.
- Semua pihak yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun dengan tangan terbuka agar skripsi ini dapat menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat dikembangkan menjadi suatu karya yang lebih baik lagi.

Bandung, Juli 2020

Penulis

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	2
1.3 Tujuan . . . . .	2
1.4 Batasan Masalah . . . . .	2
1.5 Sistematika Penulisan . . . . .	2
<b>2 LANDASAN TEORI</b>	<b>5</b>
2.1 Fungsi <i>Survival</i> . . . . .	5
2.2 Sisa Usia . . . . .	5
2.3 Tabel Mortalita . . . . .	6
2.4 Pendekatan Statistik . . . . .	6
2.4.1 Pendekatan Frekuentis . . . . .	7
2.4.2 Pendekatan Bayesian . . . . .	7
2.5 Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	7
2.6 Metode <i>Maximum Likelihood</i> . . . . .	8
2.7 Teorema Bayes dan Pemodelan Bayesian . . . . .	8
2.8 Jenis-jenis Distribusi yang Digunakan . . . . .	9
2.8.1 Distribusi Normal . . . . .	9
2.8.2 Distribusi Poisson . . . . .	10
2.8.3 Distribusi Gamma . . . . .	11
2.9 Metode <i>Markov Chain Monte Carlo</i> . . . . .	12
2.10 Galat Rataan Kuadrat ( <i>Mean Square Error</i> ) . . . . .	13
<b>3 METODE ESTIMASI PARAMETER DAN PREDIKSI PADA TABEL MORTALITA</b>	<b>15</b>
3.1 Model Stokastik Lee Carter . . . . .	15
3.2 Model Estimasi Parameter . . . . .	16
3.2.1 Metode Dekomposisi Nilai Singular untuk Model Lee-Carter . . . . .	16
3.2.2 Metode <i>Maximum Likelihood</i> untuk Model Lee-Carter . . . . .	19
3.2.3 Metode Bayesian untuk Model Lee-Carter . . . . .	22
3.3 DIC ( <i>Deviance Information Criterion</i> ) . . . . .	23
3.4 Prediksi Tabel Mortalita . . . . .	24
<b>4 ANALISIS HASIL ESTIMASI DAN PREDIKSI TABEL MORTALITA</b>	<b>29</b>

4.1	Data untuk Model Lee-Carter . . . . .	29
4.2	Estimasi Parameter pada Model Lee-Carter . . . . .	30
4.2.1	Estimasi Parameter Menggunakan Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	30
4.2.2	Estimasi Parameter Menggunakan Metode <i>Maximum Likelihood</i> . . . . .	38
4.2.3	Estimasi Parameter Menggunakan Metode Bayesian . . . . .	38
4.3	Prediksi Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2019, 2020, dan 2021 Menggunakan Model Lee-Carter . . . . .	51
4.3.1	Prediksi untuk Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	51
4.3.2	Prediksi untuk Metode <i>Maximum Likelihood</i> . . . . .	52
4.3.3	Prediksi untuk Metode Bayesian . . . . .	52
4.4	Analisis Hasil Estimasi dan Prediksi . . . . .	52
4.4.1	Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	52
4.4.2	Metode <i>Maximum Likelihood</i> . . . . .	55
4.4.3	Metode Bayesian . . . . .	56
4.4.4	Analisis Grafik Prediksi Tahun 2019–2021 dengan Ketiga Metode Estimasi Parameter . . . . .	58
<b>5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN PENGEMBANGAN</b>	<b>61</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	61
5.2	Saran Pengembangan . . . . .	61
	<b>DAFTAR REFERENSI</b>	<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

4.1	Grafik Prediksi $q_{x_i,t_j}$ Wanita Tahun 2019–2021 . . . . .	59
4.2	Grafik Prediksi $q_{x_i,t_j}$ Pria Tahun 2019–2021 . . . . .	59



## DAFTAR TABEL

4.1	Notasi Tahun . . . . .	29
4.2	Ilustrasi $q_{x_i,t_j}$ Wanita pada Tabel Mortalita WHO Indonesia . . . . .	29
4.3	Ilustrasi $d_{x_i,t_j}$ Wanita pada Tabel Mortalita WHO Indonesia . . . . .	30
4.4	Ilustrasi $L_{x_i,t_j}$ Wanita pada Tabel Mortalita WHO Indonesia . . . . .	30
4.5	Ilustrasi $m_{x_i,t_j}$ Wanita pada Tabel Mortalita WHO Indonesia . . . . .	31
4.6	Estimasi $\hat{a}_{x_i}$ dan $\hat{b}_{x_i}$ pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010 – 2016 dan Tahun 2014 – 2016 Menggunakan Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	34
4.7	Estimasi $\hat{k}_{t_j}$ pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010 – 2016 Menggunakan Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	34
4.8	Estimasi $\hat{k}_{t_j}$ pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2014 – 2016 Menggunakan Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	34
4.9	Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Wanita pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2014-2016 Menggunakan Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	35
4.10	Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Wanita pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010-2016 Menggunakan Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	36
4.11	Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Pria pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010-2016 Menggunakan Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	37
4.12	Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Pria pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2014-2016 Menggunakan Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	38
4.13	Estimasi Parameter $\hat{a}_{x_i}$ , $\hat{b}_{x_i}$ dan $\hat{k}_{t_j}$ pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010 – 2016 dengan Metode <i>Maximum Likelihood</i> . . . . .	39
4.14	Estimasi Parameter $\hat{k}_{t_j}$ pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010 – 2016 dengan Metode <i>Maximum Likelihood</i> . . . . .	40
4.15	Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Wanita pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010-2016 Menggunakan Metode <i>Maximum Likelihood</i> Iterasi 1 kali . . . . .	41
4.16	Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Wanita pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010-2016 Menggunakan Metode <i>Maximum Likelihood</i> Iterasi 100 kali . . . . .	42
4.17	Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Wanita pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010-2016 Menggunakan Metode <i>Maximum Likelihood</i> Iterasi 1000 kali . . . . .	43
4.18	Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Pria pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010-2016 Menggunakan Metode <i>Maximum Likelihood</i> Iterasi 1 kali . . . . .	44
4.19	Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Pria pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010-2016 Menggunakan Metode <i>Maximum Likelihood</i> Iterasi 100 kali . . . . .	45
4.20	Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Pria pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2010-2016 Menggunakan Metode <i>Maximum Likelihood</i> Iterasi 1000 kali . . . . .	46
4.21	Estimasi $\hat{a}_{x_i}$ dan $\hat{b}_{x_i}$ pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2014 – 2016 dengan Metode Bayesian . . . . .	47
4.22	Estimasi $\hat{k}_{t_j}$ pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2014 – 2016 dengan Metode Bayesian . . . . .	48
4.23	Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Wanita pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2014-2016 Menggunakan Asumsi Prior dengan Metode Dekomposisi Nilai Singular Tahun 2010-2016 . . . . .	48

4.24 Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Wanita pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2014-2016 Menggunakan Asumsi Prior dengan Metode Dekomposisi Nilai Singular Tahun 2014-2016 . . . . .	49
4.25 Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Pria pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2014-2016 Menggunakan Asumsi Prior dengan Metode Dekomposisi Nilai Singular Tahun 2010-2016 . . . . .	50
4.26 Perbandingan $q_{x_i,t_j}$ dengan $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Pria pada Tabel Mortalita WHO Indonesia Tahun 2014-2016 Menggunakan Asumsi Prior dengan Metode Dekomposisi Nilai Singular Tahun 2014-2016 . . . . .	51
4.27 Prediksi $\hat{k}_{t_j}$ untuk Tahun 2019–2021 Menggunakan ARIMA (0,1,0) dengan Metode Estimasi Parameter adalah Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	52
4.28 Prediksi $\hat{q}_{x_i,t_j}$ untuk Tahun 2019–2021 Menggunakan ARIMA (0,1,0) dengan Estimasi Parameter Metode Dekomposisi Nilai Singular . . . . .	53
4.29 Prediksi $\hat{k}_{t_j}$ untuk Tahun 2019–2021 Menggunakan ARIMA (0,1,0) dengan Metode Estimasi Parameter adalah Metode <i>Maximum Likelihood</i> . . . . .	54
4.30 Prediksi $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Wanita untuk Tahun 2019–2021 Menggunakan ARIMA (0,1,0) dengan Estimasi Parameter Metode <i>Maximum Likelihood</i> . . . . .	54
4.31 Prediksi $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Pria untuk Tahun 2019–2021 Menggunakan ARIMA (0,1,0) dengan Estimasi Parameter Metode <i>Maximum Likelihood</i> . . . . .	55
4.32 Prediksi $\hat{k}_{t_j}$ untuk Tahun 2019–2021 Menggunakan ARIMA (0,1,0) dengan Metode Estimasi Parameter adalah Metode Bayesian . . . . .	56
4.33 Prediksi $\hat{q}_{x_i,t_j}$ Wanita dan Pria untuk Tahun 2019–2021 Menggunakan ARIMA (0,1,0) dengan Estimasi Parameter Metode Bayesian . . . . .	57

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Faktor pertumbuhan penduduk terdiri dari beberapa unsur yaitu natalitas, migrasi dan mortalitas. Mortalitas berfungsi sebagai komponen pengurang penduduk secara alamiah. Menurut [1], dalam demografi, terdapat beberapa cara pengukuran angka kematian yaitu tingkat kematian kasar (*Crude Death Rate*), tingkat kematian menurut umur (*Age Specific Death Rate*) dan tingkat kematian bayi (*Infant Mortality Rate*). Mortalitas juga sebagai indikator yang dapat dijadikan untuk melihat perkembangan dalam berbagai bidang, seperti bidang pemerintahan, ekonomi, kesehatan dan aktuarial. Di bidang pemerintahan, angka kematian dapat digunakan sebagai evaluasi program kebijakan kependudukan serta proyeksi kependudukan yang nantinya akan digunakan untuk desain perkembangan negara. Dalam bidang ekonomi, apabila tingkat kematian pada suatu daerah tinggi maka kebutuhan ekonomi akan berkurang pada daerah tersebut. Dalam bidang kesehatan, tingkat kematian digunakan untuk menentukan peluang seseorang hidup untuk jangka waktu tertentu, sedangkan di bidang aktuarial, tingkat kematian diterapkan untuk menentukan besarnya premi yaitu semakin tinggi peluang kematian maka nilai preminya semakin besar.

Sebagian besar negara maju memiliki data historis dengan jangka waktu yang panjang tentang data kelahiran dan kematian. Namun berbeda halnya dengan negara berkembang. Berdasarkan [2], data di negara berkembang seringkali tidak tercatat karena sistem registrasi yang tidak baik. Data yang tidak lengkap dapat menyebabkan hasil prediksi yang kurang baik. Negara Indonesia hanya memiliki beberapa jenis Tabel Mortalitas, yaitu Tabel Mortalitas Indonesia I, Tabel Mortalitas Indonesia II, Tabel Mortalitas Indonesia III, Tabel Mortalitas Indonesia IV dan Tabel Mortalitas *World Health Organization* (WHO) Indonesia. Jarak tahun pembuatan keempat Tabel Mortalitas Indonesia sangat berjauhan, yaitu pada tahun 1993, 1999, 2011, 2019. Tabel Mortalitas WHO Indonesia yang hanya ada dari tahun 2000 hingga tahun 2016, pada tabel tersebut peluang kematian untuk tahun-tahun berikutnya belum tersedia. Oleh karena itu, akan dikaji metode estimasi tabel mortalitas secara stokastik karena mampu mengakomodasi kejadian-kejadian yang tidak pasti [3].

Terdapat beberapa model untuk penentuan metode pembuatan tabel mortalitas secara stokastik yaitu *The-Age-Period-Cohort model*, *The Cairns-Blake-Dowd model*, *The-Kou-Modified Lee-Carter*, dan model Lee-Carter [4]. Dibanding model Lee-Carter, ketiga model lain yang telah disebutkan memiliki jumlah parameter yang lebih banyak. Oleh karena itu model Lee-Carter merupakan model yang paling sederhana karena hanya memiliki tiga buah parameter. Selain itu, model ini paling umum digunakan dalam menentukan Tabel Mortalitas. Model ini mengacu pada pendekatan frekuentis dan Bayesian dalam proses estimasi parameter dan telah berhasil digunakan untuk menentukan tingkat kematian pada beberapa negara berbeda, seperti di Amerika Serikat [5], China [6], Thailand [7], Malaysia [8] dan Taiwan [9]. Dengan alasan-alasan yang telah dikemukakan tersebut maka model Lee-Carter akan digunakan pada skripsi ini. Dalam pembahasan pada skripsi ini, akan digunakan metode Dekomposisi Nilai Singular, metode *Maximum Likelihood*, dan metode Bayesian untuk mengestimasi parameter-parameternya.

Dalam skripsi ini akan dikaji kecocokan ketiga metode estimasi tersebut dalam penerapannya di Indonesia dengan melakukan perhitungan galat rata-rata kuadrat. Selanjutnya dilakukan prediksi

peluang kematian untuk beberapa tahun ke depan.

Dengan menggunakan model Lee-Carter akan diestimasi Tabel Mortalita WHO Indonesia tahun 2010–2016 dengan data pendukung Tabel Mortalita WHO Indonesia tahun 2010–2016 untuk memperoleh peluang kematian hasil estimasi. Kemudian dicari nilai dari galat rata-rata kuadrat antara hasil peluang kematian hasil estimasi dengan peluang kematian data asli dari tabel tersebut. Setelah tahap estimasi dilanjutkan ke tahap prediksi Tabel Mortalita WHO Indonesia untuk tahun 2019, 2020 dan 2021.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan, rumusan masalah yang akan dikaji adalah:

1. Bagaimana penerapan metode estimasi parameter pada model Lee-Carter dengan data dari Tabel Mortalita WHO Indonesia?
2. Bagaimana prediksi dan analisis Tabel Mortalita WHO Indonesia untuk tahun 2019 – 2021?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, penulisan skripsi ini bertujuan untuk:

1. Menerapkan metode Dekomposisi Nilai Singular, metode *Maximum Likelihood*, dan metode Bayesian untuk mengestimasi parameter pada model Lee-Carter dengan data dari Tabel Mortalita WHO Indonesia.
2. Memprediksi dan menganalisis Tabel Mortalita WHO Indonesia tahun 2019 – 2021.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan skripsi ini yaitu diasumsikan nilai rata-rata berbobot laju kematian pada grup usia  $x_i$  di tahun  $t_j$  ( $m_{x_i,t_j}$ ) linear pada model Lee-Carter.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah:

- **BAB I PENDAHULUAN**  
Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.
- **BAB II LANDASAN TEORI**  
Bab ini dibahas teori-teori matematika aktuaria dan dasar-dasar perhitungan yang akan digunakan untuk perhitungan pada skripsi ini.
- **BAB III METODE ESTIMASI PARAMETER DAN PREDIKSI PADA TABEL MORTALITA**  
Bab ini berisi tentang metode estimasi parameter pada model Lee-Carter, prediksi Tabel Mortalita dan penjelasan mengenai kriteria untuk menentukan model yang lebih baik dalam estimasi parameter metode Bayesian.
- **BAB IV ANALISIS HASIL ESTIMASI DAN PREDIKSI TABEL MORTALITA**  
Bab ini berisi perhitungan dan hasil estimasi parameter model Lee-Carter, prediksi Tabel Mortalita WHO Indonesia, serta analisis dari hasil yang diperoleh.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan analisis model yang telah dilakukan, menjawab tujuan dari penulisan skripsi ini dan saran pengembangan lebih lanjut dari skripsi ini.

