

**SKRIPSI**

**PENENTUAN NILAI PREMI ASURANSI KESEHATAN  
DAN JIWA UNTUK RISIKO TERJANGKIT PENYAKIT TBC  
DENGAN MODEL KOMPARTEMEN SIDS HAINAUT**



**ANASTASIA MICHELLE MAHARANI REZANTO**

**NPM: 6162001075**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2024**

**FINAL PROJECT**

**DETERMINATION OF HEALTH AND LIFE INSURANCE  
PREMIUM VALUES FOR TUBERCULOSIS (TBC) INFECTION  
RISK WITH THE SIDS HAINAUT COMPARTMENT MODEL**



**ANASTASIA MICHELLE MAHARANI REZANTO**

**NPM: 6162001075**

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
2024**

# LEMBAR PENGESAHAN

## PENENTUAN NILAI PREMI ASURANSI KESEHATAN DAN JIWA UNTUK RISIKO TERJANGKIT PENYAKIT TBC DENGAN MODEL KOMPARTEMEN SIDS HAINAUT

**Anastasia Michelle Maharani Rezanto**

**NPM: 6162001075**

Telah lulus ujian skripsi pada 16 Januari 2024 dengan penguji:  
Dr. Ferry Jaya Permana dan Robyn Irawan, M.Sc.

**Bandung, 23 Januari 2024**

**Menyetujui,**

**Pembimbing 1**

**Pembimbing 2**

**Farah Kristiani, Ph.D.**

**Dr. Livia Owen**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi**

**Jonathan Hoseana, Ph.D.**

## PERNYATAAN

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

### **PENENTUAN NILAI PREMI ASURANSI KESEHATAN DAN JIWA UNTUK RISIKO TERJANGKIT PENYAKIT TBC DENGAN MODEL KOMPARTEMEN SIDS HAINAUT**

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,  
23 Januari 2024



Anastasia Michelle Maharani Rezanto  
NPM: 6162001075

## ABSTRAK

Tuberculosis (TBC) merupakan penyakit menular yang merupakan salah satu masalah kesehatan global yang dapat memberikan kerugian finansial. Kerugian finansial pada individu terinfeksi meliputi kemungkinan risiko biaya rawat inap dan juga risiko meninggal. Risiko tersebut dapat diantisipasi dengan bantuan manfaat dari perusahaan asuransi yang akan memberikan manfaat sesuai perjanjian. Untuk itu, pemegang polis memiliki kewajiban membayar premi kepada perusahaan asuransi. Besarnya premi yang harus dibayarkan, dapat ditentukan dengan bantuan model kompartemen yang menggambarkan mekanisme transmisi penyakit tersebut. Model kompartemen yang digunakan adalah model kompartemen SIDS (*Susceptible-Infected-Death-Susceptible*) dengan banyaknya individu yang terinfeksi dimodelkan oleh Hainaut. Kelebihan dari model Hainaut ini adalah dapat langsung memodelkan fungsi untuk jumlah individu yang terinfeksi dengan mempertimbangkan total populasi, fungsi eksponen yang menggambarkan kenaikan jumlah penderita, dan fungsi pangkat yang mengakomodasi kemungkinan turunnya jumlah penderita, sehingga model tersebut dapat menggambarkan penyebaran individu terinfeksi secara lebih nyata. Model kompartemen ini diterapkan ke dalam perhitungan aktuarial untuk mendapatkan solusi analitik perhitungan premi dengan tiga skema pembayaran yang memberikan manfaat kepada individu yang menjalani rawat inap, meninggal dunia, atau pun berhasil bertahan hidup. Skema dengan pemberian manfaat apabila individu berhasil bertahan hidup sampai jangka waktu polis berakhir memiliki nilai premi tertinggi namun memberikan manfaat paling menguntungkan.

**Kata-kata kunci:** penyakit menular; model kompartemen SIDS; premi; asuransi; TBC.

## ABSTRACT

Tuberculosis (TB) is an infectious disease that poses a global health issue and can result in financial losses. The financial losses for infected individuals include potential risks of hospitalization costs and the risk of death. These risks can be anticipated with the assistance of benefits from insurance companies that provide coverage as per the agreement. Consequently, policyholders have the obligation to pay premiums to the insurance company. The amount of premium to be paid can be determined with the help of a compartmental model describing the transmission mechanism of the disease. The compartmental model used is the SIDS (Susceptible-Infected-Death-Susceptible) model with the number of infected individuals modeled by Hainaut. The advantage of this Hainaut model is its ability to directly model the function for the number of infected individuals, considering the total population, an exponential function depicting the increase in the number of cases, and a power function accommodating the possibility of a decrease in the number of cases. Therefore, the model can depict the spread of infected individuals more realistically. This compartmental model is applied to actuarial calculations to obtain an analytical solution for premium calculations with three payment schemes that provide benefits to individuals undergoing hospitalization, death, or successful survival. The scheme that provides benefits if the individual survives until the end of the policy term has the highest premium value, however the scheme offers the most advantageous benefits.

**Keywords:** contagious disease; SIDS compartmental model; premium; insurance; tuberculosis (TBC).

*Tidak ada yang tahu apa yang akan datang,  
tetapi kerja keras akan membawa kita ke suatu tempat.*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat, perlindungan, dan kasih karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penentuan Nilai Premi Asuransi Kesehatan dan Jiwa untuk Risiko Terjangkit Penyakit TBC dengan Model Kompartemen SIDS Hainau” yang merupakan syarat wajib dalam menyelesaikan studi Sastra-1, program studi Matematika, Fakultas Teknologi Informasin dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama masa kuliah dan proses penulisan skripsi, penulis tak lepas dari dukungan, bimbingan, pembelajaran, dan motivasi dari berbagai pihak yang dengan tulus telah memberikan kontribusi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, cici, dan keluarga yang selalu memberi dukungan, doa, dan semangat kepada penulis selama proses penulisan.
2. Ibu Farah Kristiani, Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 dan Ibu Dr. Livia Owen selaku dosen pembimbing 2 yang selalu membantu dan memberikan arahan selama proses penulisan. Terima kasih telah memberikan pembelajaran dan dukungan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Ferry Jaya Permana selaku dosen penguji 1 dan Bapak Robyn Irawan, M.Sc. selaku dosen penguji 2, serta Bapak Dr. Daniel Salim selaku dosen koordinator skripsi. Terima kasih atas saran, kritik, dan informasi yang diberikan.
4. Bapak Dr. Ferry Jaya Permana selaku dosen wali yang telah memberikan saran dan nasihat kepada penulis selama proses perkuliahan.
5. Semua dosen program studi Matematika di Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan bimbingan, ajaran, informasi, dan nasihat kepada penulis selama masa kuliah.
6. Gabrielle dan Jenisha selaku teman kuliah penulis dari awal perkuliahan yang telah memberi dukungan serta semangat dan informasi terkait perkuliahan.
7. Rey, Lexa, Angel, Kennard, Derrick selaku teman penulis yang selalu menghibur dan memberi semangat serta selalu menemani penulis bermain dan menjadi tempat cerita penulis.
8. Michelle, Jocelyn, dan Shereen selaku teman kuliah yang selalu memberi dukungan kepada penulis.
9. “Netijen” selaku kelompok teman SMA penulis yang selalu memberi dukungan dan tawa kepada penulis.

Bandung, 23 Januari 2024

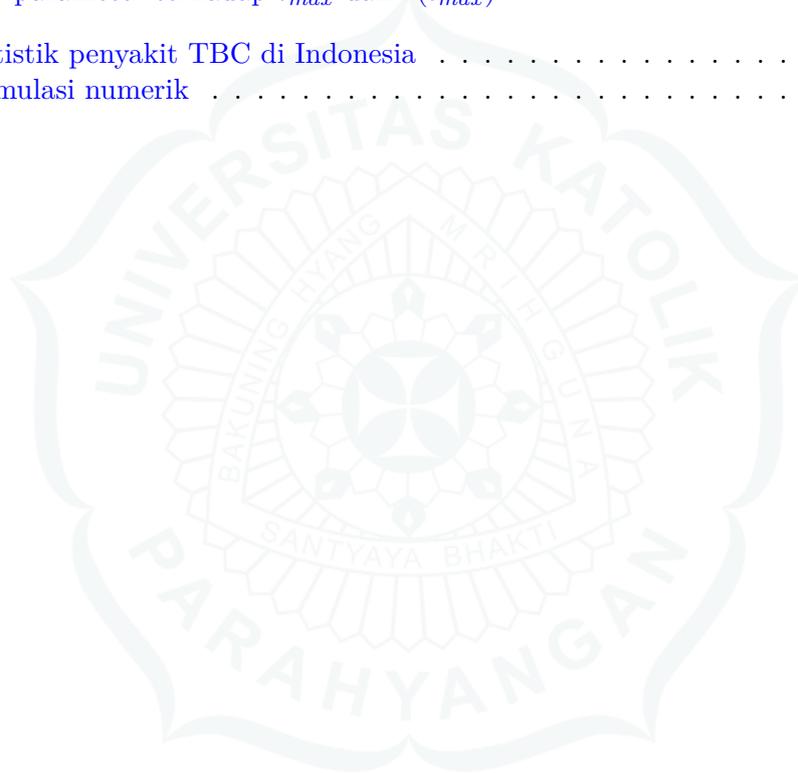
Penulis

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	2
1.3 Tujuan . . . . .	3
1.4 <i>State of the Art</i> . . . . .	3
1.5 Sistematika Pembahasan . . . . .	3
<b>2 LANDASAN TEORI</b>	<b>5</b>
2.1 Model Kompartemen SIR . . . . .	5
2.2 Model Kompartemen SIS . . . . .	6
2.3 Perhitungan Aktuaria . . . . .	7
2.3.1 Asuransi Jiwa Berjangka Kontinu . . . . .	7
2.3.2 Anuitas Jiwa Berjangka Kontinu . . . . .	8
2.3.3 Asuransi <i>endowment</i> Murni . . . . .	9
2.3.4 Prinsip Ekuivalensi . . . . .	10
<b>3 PERHITUNGAN PREMI DENGAN MODEL KOMPARTEMEN SIDS HAINAUT</b>	<b>11</b>
3.1 Model Kompartemen SIDS Hainaut . . . . .	11
3.2 Analisis Pengaruh Nilai Parameter Terhadap $t_{max}$ dan $I(t_{max})$ . . . . .	14
3.3 Skema Pembayaran Manfaat Asuransi . . . . .	16
3.4 Model Aktuaria untuk Perhitungan Premi Berdasarkan Model Kompartemen SIDS Hainaut . . . . .	17
<b>4 SIMULASI NUMERIK DAN ANALISIS HASIL</b>	<b>22</b>
4.1 Data yang Digunakan . . . . .	22
4.2 Penentuan Parameter . . . . .	23
4.3 Pembahasan Hasil Simulasi . . . . .	24
4.3.1 Data Hasil Simulasi . . . . .	24
4.3.2 Simulasi Numerik Perhitungan Premi . . . . .	24
<b>5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>27</b>
5.1 Kesimpulan . . . . .	27
5.2 Saran . . . . .	27
<b>DAFTAR REFERENSI</b>	<b>28</b>

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Diagram model kompartemen SIR . . . . .	5
2.2	Diagram model kompartemen SIS . . . . .	7
3.1	Grafik perbandingan fungsi $I(t)$ Hainaut . . . . .	12
3.2	Diagram model kompartemen SIDS Hainaut . . . . .	13
3.3	Pengaruh parameter terhadap $t_{max}$ dan $I(t_{max})$ . . . . .	16
4.1	Data statistik penyakit TBC di Indonesia . . . . .	22
4.2	Grafik simulasi numerik . . . . .	24



## DAFTAR TABEL

3.1	Asumsi nilai parameter . . . . .	12
3.2	Analisis pengaruh nilai parameter terhadap $t_{\max}$ dan $I(t_{\max})$ . . . . .	15
3.3	Skema pembayaran manfaat asuransi . . . . .	17
4.1	Nilai parameter yang digunakan . . . . .	23
4.2	Besar pembayaran premi pada berbagai skema pembayaran manfaat . . . . .	25



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tuberkulosis (TBC) atau *Tubercle Bacillus* (TB) merupakan penyakit menular yang paling sering menyerang paru-paru dan disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*<sup>1</sup>. Bakteri ini dapat menular dengan mudah melalui udara ketika penderita TBC batuk maupun bersin. Apabila seorang individu sehat menghirup sedikit saja bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, individu tersebut dapat terinfeksi TBC<sup>1</sup>. Banyaknya individu yang terinfeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* diperkirakan ada sebanyak 10 juta orang setiap tahunnya<sup>1</sup> atau sebanyak seperempat populasi global diperkirakan telah terinfeksi bakteri ini. Dari banyaknya individu yang dapat terinfeksi bakteri tersebut, terdapat sekitar 5%-10% orang yang pada akhirnya akan menunjukkan gejala dan terjangkit penyakit TBC<sup>2</sup>. Oleh karena banyaknya individu yang dapat terjangkit penyakit TBC, penyakit ini dapat dikatakan sebagai masalah kesehatan global. Sampai saat ini, penyakit ini masih terus beredar dan menjangkit individu-individu di beberapa negara terutama negara dengan pendapatan rendah dan menengah seperti Bangladesh, Tiongkok, India, Indonesia, Nigeria, Pakistan, Filipina, dan Afrika Selatan<sup>3</sup>. Menurut *World Health Organization* (WHO), per tahun 2021 India merupakan negara dengan kasus TBC paling banyak yaitu sebesar 28% dari total kasus dunia dan Indonesia berada diperingkat kedua yaitu dengan persentase kasus sebanyak 9,2% dari keseluruhan kasus dunia<sup>4</sup>.

Individu yang terjangkit penyakit ini pada umumnya dapat disembuhkan dengan mendapatkan perawatan pribadi di rumah dengan mengonsumsi obat dan melakukan rawat jalan tanpa perlu melakukan rawat inap<sup>5</sup>. Namun, apabila individu tersebut mengalami gejala parah, memiliki risiko tinggi menyebarkan penyakit, atau menderita TBC yang resistan terhadap obat, individu tersebut perlu melakukan rawat inap<sup>6</sup>. Walaupun penyakit TBC ini dapat dicegah dengan menggunakan vaksin *Bacillus Calmette-Guerin* (BCG)<sup>7</sup> dan disembuhkan dengan melakukan perawatan, seseorang yang telah sembuh dapat kembali teridentifikasi terjangkit TBC. Teridentifikasi kembalinya TBC ini dapat disebabkan oleh kambuhnya infeksi asli atau infeksi ulang dari bakteri *Mycobacterium*

<sup>1</sup><https://www.who.int/health-topics/tuberculosis>, diakses pada 4 September 2023

<sup>2</sup><https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>, diakses pada 4 September 2023

<sup>3</sup><https://www.who.int/health-topics/tuberculosis>, diakses pada 4 September 2023

<sup>4</sup><https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2022/tb-disease-burden/2-1-tb-incidence>, diakses pada 4 September 2023

<sup>5</sup><https://www.sfdcp.org/tb-control/tuberculosis-control-guidelines-and-protocols/hospital-discharge-of-tuberculosis-patients-and-suspects/>, diakses pada 4 September 2023

<sup>6</sup><https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5448276/>, diakses pada 4 September 2023

<sup>7</sup><https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/11301-tuberculosis>, diakses pada 4 September 2023

*tuberculosis* [1]. Selain risiko terinfeksi kembali, tidak sedikit individu yang terjangkit TBC akhirnya meninggal dunia. Terdapat 1,5 juta orang yang meninggal akibat TBC setiap tahunnya dan menjadikannya sebagai penyakit menular yang paling membunuh di dunia<sup>1</sup>.

Dari penjelasan tersebut, dapat diketahui bahwa penyakit TBC tidak sedikit membawa kerugian biaya untuk individu yang terjangkit. Seorang individu yang melakukan perawatan di rumah memerlukan biaya untuk obat dan biaya untuk rawat jalan. Sedangkan seorang individu yang menjalani perawatan di rumah sakit perlu membayar biaya pengobatan yang relatif mahal yaitu biaya untuk rawat inap, obat, serta keperluan lainnya. Selain itu, apabila seorang individu akhirnya meninggal dunia akibat penyakit TBC, terdapat beberapa individu lain yang akhirnya dirugikan juga, misalnya keluarga individu tersebut. Oleh karena kerugian-kerugian biaya yang dapat dialami jika seorang individu terjangkit TBC, peran asuransi kesehatan dan asuransi jiwa sangat penting untuk membantu meringankan kerugian tersebut.

Sebuah polis asuransi akan memberikan manfaat kepada pemegang polis jika suatu kejadian risiko yang terdapat dalam perjanjian pemberian manfaat terjadi<sup>8</sup>. Agar manfaat tersebut dapat diberikan, pemegang polis juga harus membayarkan sejumlah premi yang telah ditentukan oleh pihak asuransi. Untuk menentukan tingkat premi tersebut, digunakan sebuah model matematika yaitu model kompartemen yang menggambarkan mekanisme transmisi dari suatu penyakit menular. Model matematika ini membantu memberikan gambaran terkait banyaknya individu rentan, sakit, meninggal, dan lain sebagainya sehingga perhitungan premi dapat memberikan hasil yang lebih akurat. Model kompartemen tersebut akan dikaitkan dengan anuitas dan manfaat asuransi yang nantinya dengan menggunakan prinsip ekuivalensi akan diperoleh solusi analitik untuk menentukan harga premi tersebut.

Pembahasan makalah ini akan menggabungkan 2 jurnal acuan utama yaitu [2] dan [3]. Jurnal [2], memberikan model kompartemen yang dibuat oleh Hainaut yaitu model kompartemen SIDS (*Susceptible-Infected-Death-Susceptible*) yang berfokus pada banyaknya individu yang terinfeksi dengan memodelkan fungsi  $I(t)$  [2]. Oleh karena itu model kompartemen ini selanjutnya akan disebut dengan model kompartemen SIDS Hainaut. Jurnal kedua yaitu [3], memberikan beberapa skema pembayaran manfaat dan perhitungan premi dengan menggunakan solusi analitik. Beberapa skema pembayaran manfaat tersebut disesuaikan dengan kebutuhan masyarakat dan digunakan untuk mendapatkan nilai premi yang sesuai dengan kemampuan finansial masyarakat. Dengan menggabungkan dua jurnal acuan utama ini, akan dilihat apabila digunakan model kompartemen SIDS Hainaut, skema mana yang akan menjadi pilihan terbaik untuk dipilih masyarakat agar dapat menutupi kerugian dari penyakit menular TBC ini dilihat dari sisi pembayaran manfaat yang diterima dan hasil perhitungan preminya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah-masalah yang akan dibahas adalah

1. Bagaimana pembentukan dan interpretasi model kompartemen SIDS Hainaut?
2. Apa saja skema pembayaran manfaat asuransi jiwa dan asuransi kesehatan yang digunakan untuk perhitungan premi?

---

<sup>8</sup><https://ojk.go.id/id/kanal/iknb/Pages/Asuransi.aspx>, diakses pada 7 April 2023

3. Bagaimana cara memperoleh solusi analitik perhitungan premi dengan model kompartemen SIDS Hainaut untuk berbagai skema pembayaran manfaat?

### 1.3 Tujuan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah

1. Menjelaskan pembentukan model kompartemen SIDS Hainaut dan interpretasinya.
2. Menjabarkan skema pembayaran manfaat asuransi jiwa dan asuransi kesehatan yang digunakan untuk perhitungan premi.
3. Menjabarkan langkah untuk mendapatkan solusi analitik untuk perhitungan premi dengan berbagai skema pembayaran manfaat menggunakan model kompartemen SIDS Hainaut dan menganalisis hasilnya.

### 1.4 *State of the Art*

Pengembangan jurnal acuan [2] dan [3] pada skripsi ini adalah

1. Jurnal acuan [2] yang digunakan cukup berbeda dengan jurnal lain yang membahas model kompartemen suatu penyakit. Hal itu dikarenakan pada umumnya penggambaran model kompartemen dimulai dengan laju perubahan masing-masing kompartemen. Sedangkan pada jurnal acuan ini, penulis memodelkan banyaknya individu yang terinfeksi terlebih dahulu lalu dilanjutkan dengan mendapatkan persamaan diferensial orde 3 yang menggambarkan dinamika yang terjadi. Pada makalah skripsi ini dijelaskan pembentukan model dan interpretasi dari model SIDS Hainaut. Selain itu dibahas juga mengenai analisis awal pengaruh parameter terhadap waktu terjadinya puncak penyebaran penyakit dan jumlah individu yang terinfeksinya.
2. Jurnal acuan [3] memberikan contoh skema pembayaran manfaat dan solusi analitik penentuan premi untuk berbagai skema tersebut. Pada makalah skripsi ini, akan digunakan beberapa skema pembayaran manfaat yang serupa dengan jurnal acuan dan terdapat penambahan skema pembayaran manfaat. Dari beberapa skema tersebut akan dilakukan penjabaran rumus untuk mendapatkan solusi analitik perhitungan premi untuk masing-masing skema. Untuk mendapatkan solusi analitik tersebut, nilai yang digunakan pada jurnal acuan merupakan banyaknya individu pada suatu kompartemen. Namun karena dalam perhitungan aktuarial lebih umum digunakan nilai peluang, maka dalam makalah skripsi ini digunakan nilai peluang atau proporsi untuk mendapatkan solusi analitiknya.

### 1.5 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan skripsi ini terdiri dari 5 bagian sebagai berikut:

### 1. **Bab 1: Pendahuluan**

Pada bab 1 dibahas latar belakang pembuatan makalah skripsi ini, rumusan masalah dan tujuan penulisan, *state of the art*, serta sistematika pembahasan skripsi ini.

### 2. **Bab 2: Landasan Teori**

Pada Bab 2 dibahas teori-teori dasar yang akan digunakan dalam makalah skripsi yaitu model kompartemen sederhana SIR dan SIS, dan manfaat asuransi, anuitas, serta prinsip ekuivalensi yang digunakan untuk perhitungan premi.

### 3. **Bab 3: Perhitungan Premi dengan Model Kompartemen SIDS Hainaut**

Pada Bab 3 dibahas model kompartemen yang digunakan yaitu SIDS Hainaut serta pengaruh-pengaruh parameter pada model tersebut. Selain membahas mengenai model kompartemennya, Bab 3 juga berisi skema pembayaran manfaat yang akan digunakan dan model aktuarial termasuk solusi analitik untuk melakukan perhitungan premi asuransi.

### 4. **Bab 4: Simulasi Numerik dan Analisis Hasil**

Bab 4 berisi data dan hasil simulasi numerik beserta pembahasannya. Data yang dimaksud berupa data TBC dan parameter yang digunakan untuk simulasi numerik. Setelah mendapatkan hasilnya dilakukan analisis hasil dari simulasi numerik tersebut.

### 5. **Bab 5: Kesimpulan dan Saran**

Bab 5 merupakan bab yang berisi kesimpulan dan saran dari makalah skripsi secara keseluruhan.