

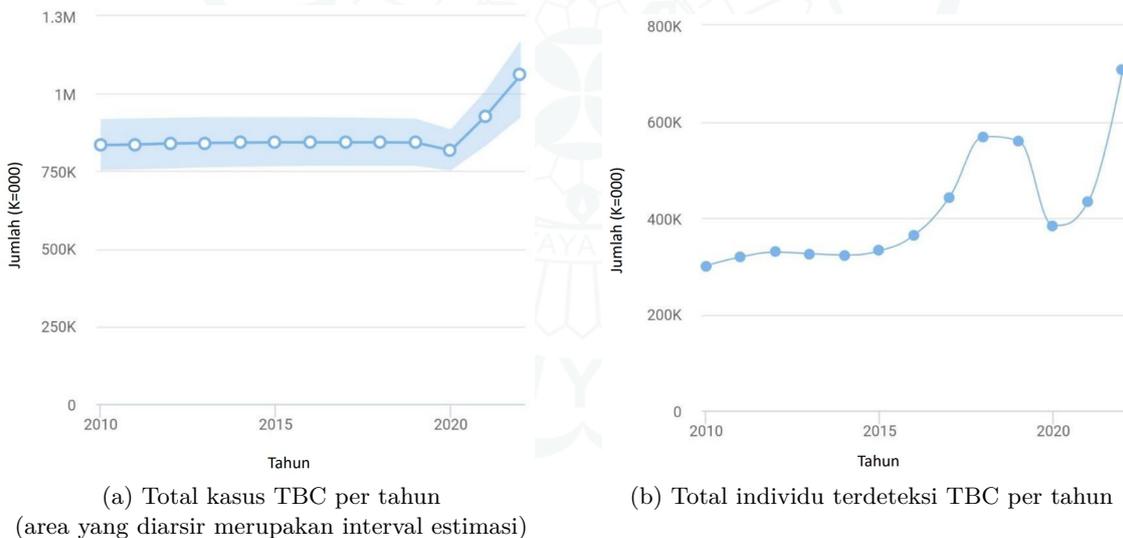
## BAB 4

### SIMULASI NUMERIK DAN ANALISIS HASIL

Pada bab ini, dilakukan simulasi numerik perhitungan premi untuk individu teridentifikasi TBC dengan model kompartemen SIDS Hainaut.

#### 4.1 Data yang Digunakan

Simulasi untuk skripsi ini dilakukan menggunakan data statistik individu yang terdeteksi mengidap TBC di Indonesia. Data statistik tersebut didapatkan dari “Global Tuberculosis Report 2022” yang diterbitkan oleh WHO [7] dan grafik pada Gambar 4.1 diambil dari aplikasi “TB Report” yang dibuat oleh WHO<sup>1</sup>.



Gambar 4.1: Data statistik penyakit TBC di Indonesia

Pada subbab 1.1 telah disebutkan bahwa TBC merupakan masalah kesehatan global dan Indonesia merupakan negara kedua dengan kasus TBC terbanyak setelah India. Menurut WHO, diperkirakan terdapat sebanyak 10,6 juta orang di dunia terjangkit penyakit TBC per tahun 2021<sup>2</sup>. Dari banyaknya kasus TBC di dunia, diperkirakan 969.000 dari kasus TBC tersebut berasal dari

<sup>1</sup><https://play.google.com/store/apps/details?id=uk.co.adappt.whotbreport>, diakses pada 7 September 2023

<sup>2</sup><https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2022/tb-disease-burden/2-1-tb-incidence>, diakses pada 7 September 2023

negara Indonesia<sup>3</sup>. Individu yang terjangkit TBC tersebut akan diberikan pengobatan dengan tingkat keberhasilan pengobatan TBC di Indonesia pada tahun 2022 dilaporkan sebesar 86%<sup>4</sup>. Walaupun tingkat keberhasilan pengobatan tersebut cukup tinggi, masih terdapat individu-individu yang meninggal akibat penyakit TBC ini yaitu sebanyak 150.000 kasus<sup>5</sup>.

## 4.2 Penentuan Parameter

Model aktuaria yang telah dibentuk pada subbab 3.4 memerlukan nilai parameter agar model tersebut dapat digunakan. Parameter-parameter yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Nilai parameter yang digunakan

| Notasi   | Keterangan                           | Nilai         | Satuan    | Sumber      |
|----------|--------------------------------------|---------------|-----------|-------------|
| $\alpha$ | Tingkat kesembuhan                   | 0,86          | per bulan | 4           |
| $\beta$  | Tingkat transmisi penularan penyakit | 0,044017094   | per bulan | [7]         |
| $\mu$    | Tingkat kematian akibat penyakit     | 0,01289989683 | per bulan | [7]         |
| $\gamma$ | Tingkat penularan penyakit awal      | 0,67485172    |           | [7]         |
| $\delta$ | Tingkat suku bunga majemuk kontinu   | 0,0025        | per bulan | diasumsikan |
| $T$      | Masa berlaku polis asuransi          | 12            | bulan     | diasumsikan |

Penentuan nilai parameter pada Tabel 4.1 didasarkan pada asumsi berikut:

1. Nilai parameter  $\alpha$  yang menyatakan tingkat kesembuhan dari penyakit TBC didapatkan dari situs web TBC Indonesia yang bekerjasama dengan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia<sup>4</sup> yaitu sebesar 86%.
2. Parameter  $\beta$  menyatakan tingkat transmisi penularan penyakit TBC. Nilai dari parameter ini ditentukan dengan membagi banyaknya individu baru yang terdeteksi TBC dengan banyaknya individu yang sedang terinfeksi TBC pada tahun sebelumnya. Dengan menggunakan data individu tahun terbaru yaitu 2021 yang diperoleh dari [7], maka

$$\beta = \frac{432.600}{819.000} = 0,528205128.$$

Namun karena dibutuhkan nilai parameter per bulannya, maka nilai  $\beta$  akan dibagi dengan  $T = 12$  sehingga diperoleh nilai  $\beta$  pada Tabel 4.1.

3. Nilai parameter  $\mu$  diperoleh dengan membagi banyaknya individu meninggal akibat TBC dengan total banyaknya individu yang terinfeksi TBC sebagai berikut:

$$\mu = \frac{150.000}{969.000} = 0,154798762.$$

Nilai parameter  $\mu$  per bulan juga diperlukan untuk dapat digunakan pada simulasi ini. Oleh karena itu, nilai  $\mu$  sebelumnya dibagi dengan  $T = 12$  sehingga diperoleh nilai  $\mu$  seperti pada

<sup>3</sup><https://tbindonesia.or.id/ayu-bersama-akhiri-tbc-indonesia-bisa-semangat-eliminasi-tbc-di-hari-tbc-sedunia-2023/>, diakses pada 7 September 2023

<sup>4</sup><https://tbindonesia.or.id/>, diakses pada 8 September 2023

<sup>5</sup><https://yki4tbc.org/laporan-kasus-tbc-global-dan-indonesia-2022/>, diakses pada 8 September 2023

Tabel 4.1.

4. Berbeda dengan parameter  $\beta$ , parameter  $\gamma$  merupakan tingkat penularan penyakit pada saat awal. Pada skripsi ini, dipilih tahun 2017 sebagai tahun awal penyebaran TBC. Oleh karena itu, dengan menggunakan data dari [7] dan cara perhitungan yang serupa dengan parameter  $\beta$ , diperoleh

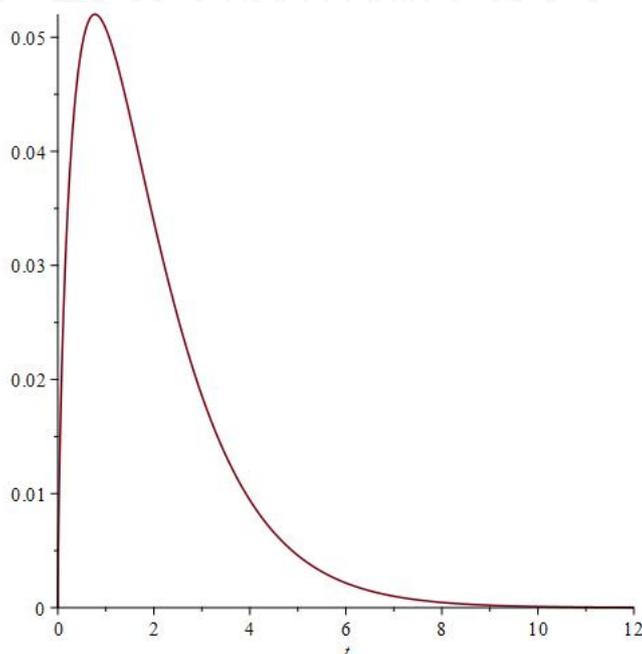
$$\gamma = \frac{568.900}{843.000} = 0,67485172.$$

5. Nilai parameter  $\delta$  dan  $T$  merupakan nilai parameter yang diasumsikan yaitu tingkat suku bunga majemuk kontinu sebesar 3% per tahun sehingga menjadi 0,0025 per bulannya dan masa berlaku polisnya adalah selama 1 tahun atau 12 bulan.

### 4.3 Pembahasan Hasil Simulasi

#### 4.3.1 Data Hasil Simulasi

Simulasi dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter pada Tabel 4.1. Untuk memeriksa kecocokan nilai parameter tersebut terhadap model kompartemen SIDS Hainaut, akan dibuat grafik  $I(t)$  dengan bantuan perangkat lunak Maple seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik simulasi numerik

Dapat dilihat pada grafik tersebut bahwa grafik memiliki bentuk yang serupa dengan grafik pada Gambar 3.1. Oleh karena hal tersebut, nilai-nilai parameter pada Tabel 4.1 dapat digunakan untuk perhitungan premi dengan model kompartemen SIDS Hainaut.

#### 4.3.2 Simulasi Numerik Perhitungan Premi

Perhitungan nilai premi dapat dilakukan dengan menggabungkan persamaan (3.13) dan persamaan (3.20), (3.21), (3.22), (3.24), serta (3.25). Menggunakan nilai parameter pada Tabel 4.1 dan

bantuan perangkat lunak Maple, didapatkan hasil:

$$\begin{aligned}\bar{a}_{x:\overline{T}|}^s &= 11,666873, \\ \bar{a}_{x:\overline{T}|}^i &= 0,1372764009, \\ \bar{A}_{x:\overline{T}|}^d &= 0,001770851409, \\ \bar{A}_{x:\overline{T}|}^i &= 0,120189561, \\ \bar{A}_{x:n|}^{s,i} &= 0,9687187752.\end{aligned}$$

Diasumsikan besar pembayaran manfaat sebagai berikut:

1. Pembayaran manfaat apabila manfaat rawat inap dibayarkan secara anuitas sebesar  $a = \text{Rp}10.000.000,-$ .
2. Pembayaran manfaat apabila pemegang polis meninggal dalam rentang waktu  $T$  sebesar  $b = \text{Rp}180.000.000,-$ .
3. Pembayaran manfaat apabila manfaat rawat inap dibayarkan secara *lump sum* sebesar  $c = \text{Rp}120.000.000,-$ .
4. Pembayaran manfaat apabila pemegang polis bertahan hidup sampai  $T$  waktu sebesar  $d = \text{Rp}180.000.000,-$ .

Maka, dengan menggunakan persamaan (3.13), diperoleh

$$\begin{aligned}\pi_1 &= \frac{120.000.000 \cdot 0,120189561 + 180.000.000 \cdot 0,001770851409}{11,666873} = 1.263.534,85, \\ \pi_2 &= \frac{10.000.000 \cdot 0,1372764009 + 180.000.000 \cdot 0,001770851409}{11,666873} = 144.984,63, \\ \pi_3 &= \frac{120.000.000 \cdot 0,120189561 + 180.000.000 \cdot 0,9687187752}{11,666873} = 16.181.896,11.\end{aligned}$$

Tabel 4.2: Besar pembayaran premi pada berbagai skema pembayaran manfaat

|         | Rawat Inap      | Meninggal       | Bertahan Hidup  | Besar Premi     |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Skema 1 | <i>Lump sum</i> | <i>Lump sum</i> | -               | Rp1.263.534,85  |
| Skema 2 | Anuitas         | <i>Lump sum</i> | -               | Rp144.984,63    |
| Skema 3 | <i>Lump sum</i> | -               | <i>Lump sum</i> | Rp16.181.896,11 |

Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai  $\pi_2 < \pi_1 < \pi_3$ . Perbedaan besar premi ini disebabkan oleh perbedaan skema pembayaran manfaat. Setiap skema memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing yang bisa disesuaikan oleh pemegang polis. Skema 1 memiliki kelebihan pembayaran manfaat rawat inap secara langsung tanpa harus menunggu pembayaran yang dicicil selama 12 bulan.

Namun dengan kelebihan ini, skema 1 memiliki besar premi yang lebih besar dibandingkan skema 2 yaitu pembayaran manfaat rawat inap yang dilakukan secara cicilan. Walaupun pembayaran manfaat skema 2 memiliki waktu yang lebih lama, skema 2 memiliki keunggulan berupa besar premi yang relatif murah sehingga bisa lebih terjangkau oleh masyarakat. Premi pada skema 3 memiliki nilai yang paling besar. Hal ini dikarenakan apabila pemegang polis berhasil bertahan hidup selama 12 bulan maka pemegang polis tersebut akan mendapatkan kembali sejumlah manfaat sehingga dapat menjadi jaminan pengembalian premi untuk pemegang polis. Oleh karena terdapat berbagai macam skema, diharapkan pembelian polis dapat dilakukan oleh masyarakat sesuai dengan kemampuan finansial dan manfaat yang diinginkannya.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari skripsi ini adalah:

1. Model kompartemen SIDS Hainaut berfokus pada fungsi  $I(t)$ . Hainaut [2] memodelkan jumlah individu terinfeksi  $I(t)$  sebagai perkalian dari total populasi, fungsi eksponen, dan fungsi pangkat. Fungsi eksponen merupakan fungsi monoton turun sedangkan fungsi pangkat merupakan fungsi yang monoton naik. Gabungan kedua fungsi ini akan menggambarkan keadaan penyebaran penyakit menular. Dengan demikian, fungsi ini cocok untuk digunakan sebagai model kompartemen penyebaran penyakit pada studi kasus dalam skripsi ini.
2. Perhitungan nilai premi menggunakan tiga skema pembayaran manfaat. Setiap skema dibuat dengan kelebihan dan kekurangannya masing-masing yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan finansial pemegang polis.
3. Solusi analitik untuk mempermudah perhitungan premi dapat dicari untuk masing-masing skema. Skema 3 dapat direkomendasikan sebagai skema yang mungkin bisa lebih banyak diterima oleh masyarakat karena apabila pemegang polis berhasil bertahan hidup selama 1 tahun, maka pemegang polis tersebut akan mendapatkan uang kembali sejumlah manfaat yang telah ditetapkan. Namun, karena Skema 3 ini memiliki nilai premi terbesar, maka skema ini mungkin hanya akan diminati oleh pemegang polis yang memiliki kemampuan finansial yang mencukupi.

#### 5.2 Saran

Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan untuk makalah skripsi ini, yaitu:

1. Penggunaan data yang lebih aktual dan terkini untuk penentuan parameter dapat memberikan hasil yang lebih akurat untuk besar preminya sesuai dengan keadaan di Indonesia. Saat ini telah terlampir data seputar TBC untuk tahun 2022.
2. Dapat dilakukan perhitungan penilaian cadangan untuk mempertimbangkan skema pembayaran manfaat yang terbaik.
3. Transisi dari antarkompartemen dapat diperhitungkan dengan lebih mendetail menggunakan faktor model multi-state.

## DAFTAR REFERENSI

- [1] Zong, Z., Huo, F., Shi, J., Jing, W., Ma, Y., Liang, Q., Jiang, G., Dai, G., Huang, H., dan Pang, Y. (2018) Relapse versus reinfection of recurrent Tuberculosis patients in a national Tuberculosis specialized hospital in Beijing, China. *Frontiers in Microbiology*, **9**.
- [2] Hainaut, D. (2020) An actuarial approach for modeling pandemic risk. *Risks*, **9**, 3.
- [3] Atatalab, F., Najafabadi, A. T. P., dan Zokaei, M. (2023) Designing an epidemic health insurance. Preprint yang dapat diakses di “Research Square” [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2536922/v1>].
- [4] Martcheva, M. (2015) *An Introduction to Mathematical Epidemiology*, 1st edition. Springer-Verlag, New York.
- [5] Dickson, D. C. M., Hardy, M. R., dan Waters, H. R. (2015) *Actuarial Mathematics for Life Contingent Risk*, 2nd edition. Cambridge University Press, New York.
- [6] Fraczek, M. S. (2017) *Selberg Zeta Functions and Transfer Operators: An Experimental Approach to Singular Perturbations*, 1st edition. Springer, Swiss.
- [7] WHO (2022) Global tuberculosis report 2022. Technical report. World Health Organization (WHO), Geneva.