

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi kesehatan global masih menghadapi masalah besar karena penyakit menular salah satunya yaitu Tuberkulosis (TB). Jumlah kasus penyakit TB di Indonesia mengalami fluktuasi hingga tahun 2023. *World Health Organization* (WHO), melaporkan bahwa Indonesia menyumbang sekitar 10% dari 10,8 juta kasus TB di dunia pada tahun 2023 dan menempati posisi kedua sebagai negara dengan jumlah kasus TB tertinggi setelah India. Kondisi ini mencerminkan bahwa TB masih menjadi ancaman bagi kesehatan masyarakat baik secara global maupun nasional, dan membutuhkan pendekatan penanganan yang komprehensif termasuk dalam aspek pembiayaan kesehatan.

Dinamika penemuan kasus TB di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir mengalami perubahan akibat pandemi COVID-19 khususnya di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Berdasarkan data dari Profil Kesehatan NTT, tingkat penemuan kasus TB terus mengalami peningkatan dari tahun 2017-2019. Namun, pada tahun 2020 dan 2021 terjadi penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh adanya pembatasan mobilitas, terganggunya layanan kesehatan, dan penurunan kapasitas skrining pada masa pandemi. Pada tahun 2022, sistem surveilans TB kembali pulih yang ditandai dengan adanya peningkatan pada penemuan jumlah kasus TB yaitu sebanyak 8.091 kasus. Dengan demikian tahun tersebut dijadikan sebagai dasar dalam melakukan analisis, karena kondisi epidemiologis pascapandemi yang lebih stabil, dan data yang disajikan memberikan informasi yang lebih lengkap terkait alur pengobatan, yang dibutuhkan untuk membangun model *multi-state* yang lebih realistis.

TB merupakan jenis penyakit yang dapat disembuhkan, namun memerlukan beberapa tahapan klinis yang membutuhkan intervensi medis dan biaya perawatan. Berdasarkan survey pembiayaan TB yang dilakukan oleh Pusat Kedokteran Tropis, rata-rata total biaya yang dikeluarkan oleh rumah tangga mencapai angka 7,5 juta. Biaya tersebut meningkat menjadi 28,9 juta untuk pasien TB resisten obat (TB-RO). Selain itu, TB lebih sering terjadi pada masyarakat ekonomi rendah dan terpinggirkan (World Health Organization, 2017). Kondisi ini tidak hanya memberikan dampak pada kesehatan masyarakat tetapi juga menimbulkan beban ekonomi yang cukup tinggi. Oleh karena itu, keberadaan asuransi sebagai instrumen perlindungan sosial menjadi hal yang penting.

Asuransi berfungsi sebagai mekanisme transfer risiko, yang memberikan perlindungan finansial apabila terjadi risiko yang merugikan (Noviyanti dkk., 2024). Salah satu bentuk asuransi kesehatan jangka panjang yang memberikan perlindungan finansial terhadap biaya kesehatan ialah asuransi *Long Term Care* (LTC). LTC adalah asuransi yang menyediakan jaminan manfaat bagi tertanggung yang membutuhkan perawatan medis jangka panjang, termasuk untuk penderita penyakit kronis ataupun cacat tubuh (Lestari & Sumarna, 2024).

Dalam konteks perhitungan premi LTC, diperlukan model matematis yang mampu menggambarkan dinamika kesehatan pasien. Salah satu pendekatan yang mampu menggambarkan perjalanan klinis pasien yang berlangsung secara bertahap adalah

model *multi-state Markov chain*, yang menyatakan bahwa probabilitas perpindahan ke keadaan berikutnya hanya bergantung pada keadaan saat ini, dan tidak bergantung pada keadaan sebelumnya (Jones & Smith, 2017). Model ini menjadi pendekatan yang tepat karena mampu menggambarkan perjalanan klinis pasien secara bertahap, menghitung probabilitas transisi antar *state*, serta mampu mengestimasi biaya di setiap tahapan pengobatan, yang dapat digunakan untuk menghitung premi yang lebih realistis.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengkaji penerapan model *markov chain* dalam perhitungan premi asuransi, khususnya pada penyakit kronis. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Putra & Purba, 2024), dilakukan perhitungan premi LTC untuk penderita TB menggunakan model *markov chain* dengan *state* sederhana yakni sehat, sakit, dan meninggal. Penelitian tersebut belum mempertimbangkan adanya probabilitas perawatan dan probabilitas sembuh, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan risiko finansial yang timbul pada setiap fase perjalanan pasien TB, dan berpotensi untuk menghasilkan estimasi premi yang bias. Oleh karena itu, untuk memperoleh estimasi premi yang lebih akurat, diperlukan model dengan struktur *state* yang lebih lengkap sesuai dengan perjalanan klinis pasien.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk membangun model *multi-state* yang lebih kompleks dan sesuai dengan perjalanan klinis pasien. Model yang diusulkan dalam penelitian terdiri dari 5 *state* yaitu sehat, terdeteksi TB, pengobatan TB terkonfirmasi bakteriologis, pengobatan TB klinis, dan sembuh atau meninggal. Keadaan tersebut dimodelkan berdasarkan data yang disediakan di Profil Kesehatan NTT tahun 2022 dan ditujukan untuk memberikan estimasi premi LTC yang lebih realistis. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan model aktuarial untuk asuransi LTC berbasis model *multi-state*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana memodelkan probabilitas transisi sesuai dengan perjalanan klinis pasien menggunakan model *multi-state Markov chain*?
2. Bagaimana melakukan simulasi perhitungan premi asuransi LTC berdasarkan model *multi-state Markov chain* pada kasus TB di Provinsi NTT?
3. Berapa besar estimasi premi yang harus dibayarkan oleh tertanggung berdasarkan manfaat perawatan dan risiko kematian?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan penelitian

1. Memodelkan probabilitas transisi sesuai dengan perjalanan klinis pasien TB menggunakan model *multi-state Markov chain*.
2. Melakukan simulasi perhitungan premi asuransi LTC berdasarkan model *multi-state Markov chain* pada kasus TB di Provinsi NTT.

3. Mendapatkan estimasi besaran premi yang harus dibayarkan oleh tertanggung berdasarkan manfaat perawatan dan risiko kematian.

1.3.2 Manfaat penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Manfaat Teoritis
Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu aktuaria, khususnya dalam penerapan model *multi-state Markov chain* untuk perhitungan premi asuransi LTC pada penyakit menular yang bersifat kronis.
2. Manfaat Akademik
Menjadi bahan kajian dan referensi bagi peneliti selanjutnya untuk mengembangkan model aktuaria berbasis *multi-state*, dalam perhitungan premi asuransi LTC.
3. Manfaat Praktis
Menjadi referensi untuk perusahaan asuransi atau lembaga kesehatan dalam merancang produk asuransi LTC yang lebih realistis dan relevan dengan kondisi sesungguhnya.

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini berfokus pada simulasi perhitungan premi asuransi LTC produk *annuity as a rider benefit*.
2. Penelitian ini hanya memodelkan kondisi kesehatan terkait penyakit TB berdasarkan data dari Profil Kesehatan NTT tahun 2022, dengan menggunakan model *multi-state*.
3. Jumlah kasus TB di NTT untuk tiap kelompok usia diestimasi berdasarkan kasus nasional yang diperoleh dari Laporan Penanggulangan TB Indonesia Tahun 2022.
4. Jumlah pasien yang menjalani pengobatan, jumlah yang sembuh, dan jumlah yang meninggal di asumsikan berdistribusi seragam untuk tiap kelompok usia karena keterbatasan data.
5. Penelitian ini mengasumsikan bahwa pasien TB yang terdiagnosis secara klinis tidak dapat melakukan transisi ke TB bakteriologis, dan juga tidak dapat sembuh kembali.
6. Penelitian ini mengasumsikan bahwa jumlah kasus TB sama untuk kelompok usia ≥ 65 .
7. Tertanggung dalam kondisi sehat saat awal mengikuti asuransi, dan membayar premi setiap awal tahun selama masa kontrak berdasarkan kesepakatan polis.
8. Manfaat akan diberikan apabila tertanggung terkena TB dan menjalani perawatan, serta saat tertanggung meninggal baik karena TB atau karena faktor lain.

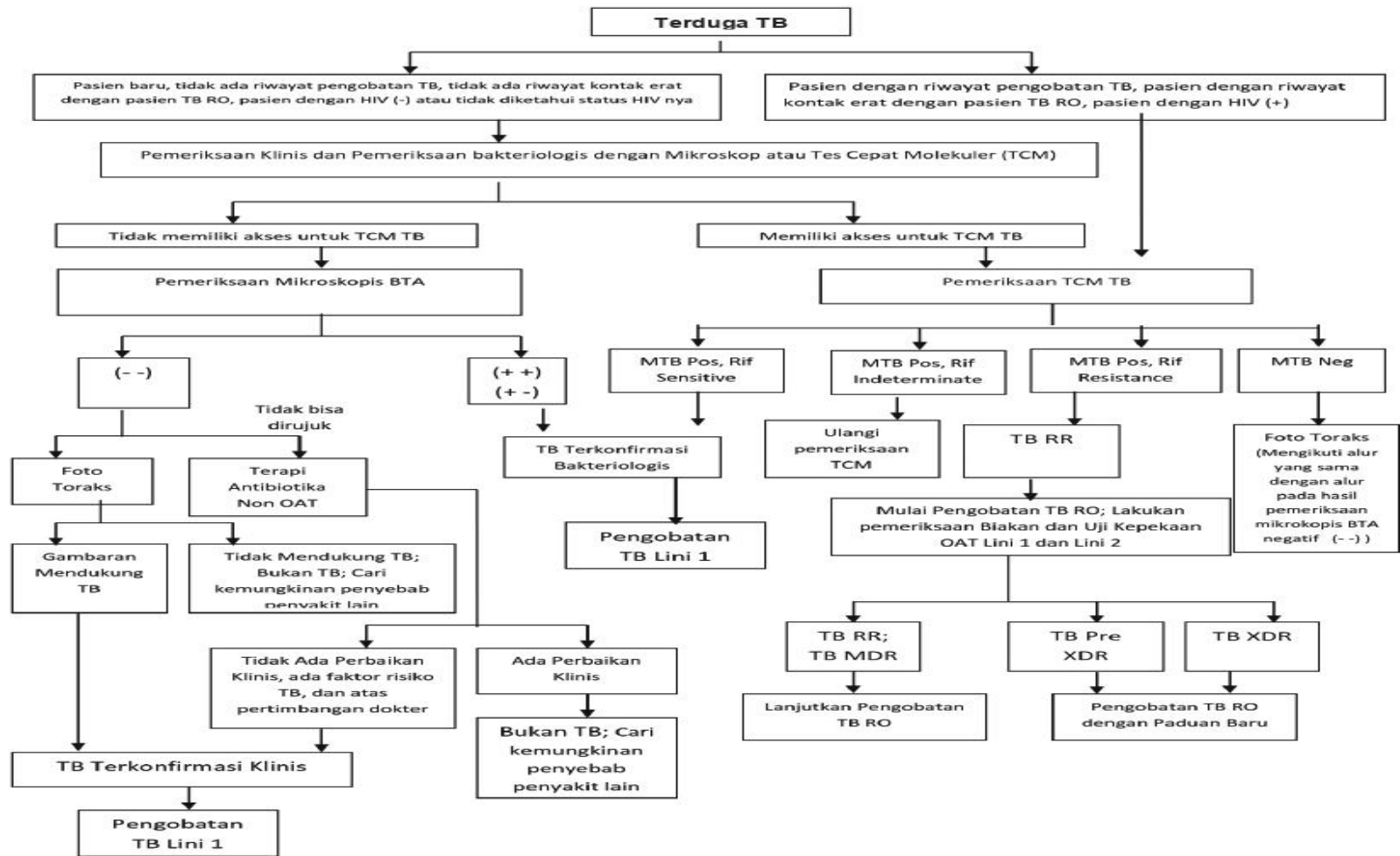
1.5 Landasan Teori

1.5.1 Tuberkulosis

Tuberkulosis (TB) adalah penyakit menular yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* (M.TB). Bakteri ini berbentuk batang dan bersifat tahan asam, sehingga sering dikenal dengan Basil Tahan Asam (BTA), (Kementrian Kesehatan RI, 2020). Gejala utama penyakit ini adalah batuk berdarah lebih dari 2 minggu dan disertai gejala tambahan seperti batuk berdarah, sesak napas, badan lemas, nafsu makan menurun, berat badan turun tanpa sebab, malaise, dan keringat malam tanpa disertai aktivitas fisik (Handayani, 2024). TB umumnya menyerang bagian parenkim paru, namun bakteri tersebut juga memiliki kemampuan untuk menginfeksi organ lainnya yang dikenal dengan TB ekstra paru (Rachmayani, 2015, dalam Handayani, 2023). Adapun klasifikasi dan tipe pasien TB adalah sebagai berikut :

1. Terduga (*Presumptive*) pasien TB, adalah seseorang yang mempunyai keluhan atau gejala klinis mendukung TB (Kementrian Kesehatan RI, 2020).
2. Pasien TB yang terkonfirmasi bakteriologis, adalah pasien TB yang terbukti positif bakteriologi berdasarkan hasil pemeriksaan mikroskopis langsung, TCM (Tes Cepat Molekuler) TB, atau biakan, (Kementrian Kesehatan RI, 2020). Pasien yang masuk dalam kelompok ini adalah pasien TB paru BTA positif, pasien TB paru hasil biakan M.TB positif, pasien TB paru hasil tes cepat M.TB positif, pasien TB ekstra paru terkonfirmasi bakteriologis, TB anak yang terdiagnosis dengan pemeriksaan bakteriologis.
3. Pasien TB terdiagnosis secara klinis, adalah pasien yang tidak memenuhi kriteria terdiagnosis secara bakteriologis tetapi didiagnosis sebagai pasien TB aktif oleh dokter, dan diputuskan untuk diberikan pengobatan, (Kementrian Kesehatan RI, 2020). Pasien yang masuk dalam kelompok ini adalah pasien TB paru BTA negatif, pasien TB ekstra paru yang terdiagnosis secara klinis, TB anak yang terdiagnosis dengan sistem skoring.
4. Pasien TB yang terdiagnosis secara klinis dan kemudian terkonfirmasi bakteriologis, harus dilakukan klasifikasi ulang sebagai pasien TB terkonfirmasi bakteriologis.

Semua pasien terduga TB perlu melakukan pemeriksaan untuk mengkonfirmasi penyakit TB. Adapun alur diagnosis TB adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Alur Diagnosis TB

Berdasarkan laporan WHO, TB menjadi salah satu penyebab utama kematian diseluruh di dunia. Diperkirakan pada tahun 2022, sekitar 10,6 juta orang sakit karena TB, sebanyak 1,4 juta orang meninggal akibat TB, dan 187.000 orang meninggal karena TB dan postif HIV. Indonesia sendiri menempati posisi kedua setelah India dengan kasus TB terbanyak di dunia yaitu sebanyak 1.090.000 penduduk terkena TB, dan sebanyak 25.000 dengan kasus TB-HIV. Angka kematian karena TB diperkirakan sebesar 125.000 dan kematian karena TB-HIV sebesar 6.200 penduduk (Kementrian Kesehatan RI, 2023).

Epidemiologi TB menunjukkan bahwa prevalensi penyakit ini berbeda menurut kelompok usia, jenis kelamin, dan wilayah geografis. Risiko TB cenderung lebih tinggi pada usia produktif (15–55 tahun), pada laki-laki, dan di wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi atau kondisi sosial-ekonomi rendah (Survey Kesehatan Indonesia, 2023). Orang yang terinfeksi bakteri tuberkulosis memiliki risiko 5 hingga 10% terkena tuberkulosis selama hidup mereka (Handayani, 2024). Orang dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah, seperti penderita HIV, kekurangan gizi atau diabetes, atau orang yang menggunakan tembakau, memiliki risiko lebih tinggi terkena TB (WHO, n.d.).

TB memiliki dampak jangka panjang terhadap kesehatan penderitanya. Menurut Maguire dkk. (2009, dalam Bansal dkk., 2023) mengatakan bahwa meskipun fungsi paru-paru membaik selama pengobatan TB, tetapi 25% pasien masih mengalami gangguan paru-paru sedang hingga berat ketika pengobatan berakhir. Selain gangguan paru-paru, TB kronis juga dapat menyebabkan penurunan kapasitas fisik, mudah lelah, dan penurunan kualitas hidup secara keseluruhan. Kondisi ini membuat sebagian pasien memerlukan perawatan jangka panjang (*Long-Term Care*), baik berupa pengawasan medis rutin, terapi tambahan, maupun rawat inap jika terjadi komplikasi serius.

1.5.2 Probabilitas

Probabilitas adalah suatu nilai yang digunakan untuk mengukur tingkat terjadinya suatu peristiwa yang terjadi secara acak dan bersifat tidak pasti, Otaya (2016). Ukuran kemungkinan dari suatu peristiwa yang terjadi bernilai antara 0 dan 1. Suatu peristiwa yang memiliki nilai probabilitas 1 adalah peristiwa yang pasti akan terjadi, sedangkan suatu peristiwa yang memiliki nilai probabilitas 0 adalah suatu peristiwa yang tidak mungkin terjadi. Misalkan himpunan kejadian adalah A dan S sebagai ruang sampel dan diberikan suatu fungsi yang bernilai P yang merupakan bagian dari A , maka fungsi P dapat dikatakan sebagai fungsi probabilitas apabila memenuhi tiga kondisi sebagai berikut, (Hogg dkk., 2018) :

- $P(A) \geq 0$, untuk semua $A \in A$
- $P(S) = 1$
- Jika $\{A_n\}$ adalah urutan peristiwa yang saling lepas atau tidak beririsan, maka probabilitas semua peristiwa tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$P\left(\bigcup_{n=1}^{\infty} A_n\right) = \sum_{n=1}^{\infty} P(A_n)$$

1.5.3 Probabilitas Bersyarat

Probabilitas bersyarat adalah peluang terjadinya suatu peristiwa dengan asumsi bahwa peristiwa lain telah terjadi. Misalkan terdapat dua peristiwa atau kejadian B dan A dalam ruang sampel S , dimana $P(A) > 0$, maka perhitungan probabilitas bersyarat A dan B yang disimbolkan dengan $P(B|A)$ dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut, (Hogg dkk., 2018) :

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \quad (1.1)$$

dimana :

- a. $P(B|A) \geq 0$
- b. $P(A|A) = 1$
- c. $P(\bigcup_{n=1}^{\infty} B_n|A) = \sum_{n=1}^{\infty} P(B_n|A)$, dimana $B_1, B_2, \dots, B_n$ adalah peristiwa yang independen.

$$\begin{aligned} P\left(\bigcup_{n=1}^{\infty} B_n|A\right) &= \frac{P[\bigcup_{n=1}^{\infty} (B_n \cap A)]}{P(A)} \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{P[B_n \cap A]}{P(A)} \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} P(B_n|A) \end{aligned}$$

dimana :

- $P(A)$: Probabilitas peristiwa A
- $P(B|A)$: probabilitas bersyarat peristiwa B jika diketahui peristiwa A
- $P(A \cap B)$: probabilitas terjadinya peristiwa A dan B sekaligus

1.5.4 Interpolasi Linear

Interpolasi linear adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan nilai pada titik yang tidak diketahui dan berada di antara dua titik yang diketahui nilainya (Noviyanti dkk., 2024). Interpolasi linear digunakan untuk memperkirakan probabilitas pada data kategorial yang disajikan dari sumber data. Nilai dari interpolasi linear dapat dihitung dengan menggunakan persamaan linear, yaitu menentukan titik-titik dari dua buah titik dengan menggunakan garis lurus (Nurisyafaqoh, 2023).

Persamaan garis lurus yang melalui dua titik $P_1(x_1, y_1)$ dan $P_2(x_2, y_2)$ dapat didefinisikan melalui persamaan berikut :

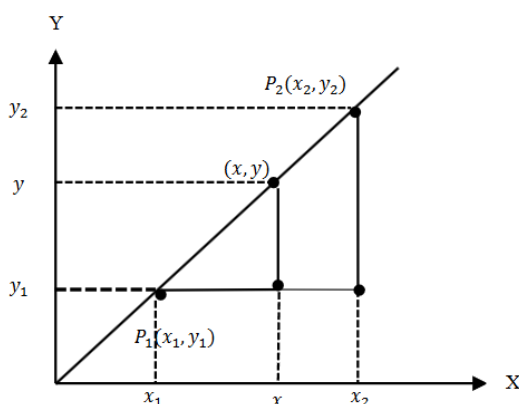
$$\begin{aligned} \frac{(y - y_1)}{(y_2 - y_1)} &= \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} \\ (y - y_1)(x_2 - x_1) &= (y_2 - y_1)(x - x_1) \\ y - y_1 &= \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) \end{aligned}$$

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1 \quad (1.2)$$

dimana :

- x : usia yang akan diinterpolasi
- x_1 : usia sebelum x tahun dalam kelompok usia yang akan diinterpolasi
- x_2 : usia pertama (batas bawah) dalam kelompok usia setelah usia yang akan diinterpolasi
- y : nilai interpolasi pada usia x yang diperkirakan
- y_1 : nilai proporsi atau prevalensi pada kelompok usia yang akan diinterpolasi
- y_2 : nilai proporsi atau prevalensi pada kelompok usia setelah usia yang ingin di interpolasi.

Berdasarkan persamaan diatas, perbandingan jarak $(x - x_1)$ dengan jarak $(x_2 - x_1)$ sama dengan perbandingan jarak $(y - y_1)$ dengan jarak $(y_2 - y_1)$ (Sumarna, 2024). Oleh karena itu, setiap titik yang berada diantara dua titik, dan diketahui memiliki hubungan linear akan dapat ditentukan nilainya dengan menggunakan persamaan interpolasi linear tersebut. Adapun grafik interpolasi linear adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik Interpolasi Linear

1.5.5 Asuransi

Asuransi adalah suatu bentuk perjanjian kerjasama antara dua pihak yaitu dari pihak asuransi sebagai penanggung dan pemegang polis atau nasabah sebagai tertanggung, dimana pemegang polis akan membayarkan sejumlah uang yang disebut premi untuk mendapatkan perlindungan finansial terhadap risiko tertentu. Risiko yang dimaksud dalam konteks asuransi adalah kemungkinan terjadinya suatu peristiwa yang merugikan secara finansial. Pada umumnya, risiko yang dapat diasuransikan adalah risiko yang bersifat acak, terukur, dan ekonomis. Menurut Kasse dkk. (2019), asuransi memiliki fungsi utama yaitu sebagai mekanisme dalam mengalihkan risiko dari pihak tertanggung kepada pihak penanggung. Risiko-risiko yang mungkin terjadi adalah risiko sakit, kecelakaan, kematian dan lainnya. Risiko yang diasuransikan dalam penelitian ini adalah risiko kehilangan pendapatan akibat penyakit TB.

1.5.6 Asuransi Long Term Care (LTC)

Asuransi LTC adalah jenis asuransi yang memberikan perlindungan finansial untuk biaya perawatan jangka panjang yang tidak ditanggung oleh asuransi kesehatan tradisional atau *medicare* (Putra & Purba, 2024). Asuransi LTC menggunakan model *multi-state* untuk menggambarkan transisi mengenai kondisi kesehatan tertanggung dari satu *state* ke *state* yang lainnya. Model *multi-state* merupakan suatu model dalam proses stokastik yang digunakan untuk merepresentasikan probabilitas perpindahan dari seorang individu dalam setiap himpunan keadaan yang berhingga (Aini dkk., 2025). Pendekatan ini penting karena suatu penyakit yang membutuhkan perawatan jangka panjang tidak selalu terjadi secara tiba-tiba tetapi melalui tahapan tertentu. Model *multi-state* memiliki struktur yang bergantung pada jumlah keadaan yang ada, serta probabilitas transisi antara keadaan-keadaan tersebut.

Asuransi *Long Term Care* menyediakan produk berupa *Annuity as a Rider Benefit* yang memberikan manfaat biaya perawatan medis selama jangka waktu tertentu dan manfaat kematian apabila tertanggung meninggal, baik karena penyakit yang diderita atau karena faktor lain (Sugianto & Irsan, 2024). Pada dasarnya, perumusan manfaat asuransi LTC *Annuity as a Rider Benefit* mengacu pada asuransi jiwa. Produk asuransi LTC *Annuity as a Rider Benefit* memberikan pertanggungan sebagai berikut, (Haberman & Pitacco, 1998) :

1. Apabila terjadi transisi dari sehat ke meninggal, maka ahli waris akan mendapatkan manfaat kematian sebesar c yaitu berupa santunan kematian yang disebabkan oleh faktor lain. Nilai sekarang aktuarial dari santunan kematian (*Lumpsum*) dirumuskan sebagai berikut :

$$A_{x:n}^{LTC} = c \sum_{t=1}^n v^t {}_{t-1}p_x^{ii} q_{x+t-1}^{ij}$$

2. Apabila terjadi transisi dari status sehat ke sakit dan menjalani perawatan maka tertanggung akan mendapatkan manfaat perawatan sebesar b , dengan $b = \frac{c}{r}$, dimana r merupakan jangka waktu pembayaran santunan perawatan. Nilai sekarang aktuarial dari manfaat perawatan dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_{x:n}^{LTC} = b \sum_{t=1}^n v^t {}_{t-1}p_x^{ii} p_{x+t-1}^{ij} + {}_{t-1}p_x^{ii} p_{x+t-1}^{ij} \ddot{a}_{x+t:r}^{jj}$$

3. Apabila terjadi transisi dari status sehat ke sakit, sakit ke meninggal, sakit ke *treatment*, dan *treatment* ke meninggal maka ahli waris akan mendapatkan manfaat sebesar $c - hb$, apabila tertanggung meninggal sebelum jangka waktu pembayaran santunan perawatan berakhir. Nilai sekarang aktuarial dari santunan kematian karena TB dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_{x:n}^{LTC} = \sum_{t=1}^n v^t {}_{t-1}p_x^{ii} p_{x+t-1}^{ij} \sum_{h=1}^r (c - hb) v^h ({}_{h-1}p_{x+t}^{ii} q_{x+t+h-1}^{ij})$$

Berdasarkan ketiga persamaan diatas, diperoleh persamaan akhir untuk menghitung nilai sekarang aktuarial dari manfaat asuransi LTC adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
A_{x:n|}^{LTC} = & c \sum_{t=1}^n v^t {}_{t-1}p_x^{ii} q_{x+t-1}^{ij} + b \sum_{t=1}^n v^t {}_{t-1}p_x^{ii} p_{x+t-1}^{ij} + {}_{t-1}p_x^{ii} p_{x+t-1}^{ij} \ddot{a}_{x+t:r}^{jj} \\
& + \sum_{t=1}^n v^t {}_{t-1}p_x^{ii} p_{x+t-1}^{ij} \sum_{h=1}^r (c - hb) v^h ({}_{h-1}p_{x+t}^{ii} q_{x+t+h-1}^{ij})
\end{aligned} \tag{1.3}$$

dimana :

- $A_{x:n|}^{LTC}$: Nilai sekarang aktuarial untuk asuransi LTC pada seseorang yang berusia x tahun dan berjangka n -tahun
- x : Usia tertanggung
- c : Santunan kematian
- b : Santunan perawatan, dimana $b = \frac{c}{r}$ mengikuti konsep *rider benefit*
- h : Lama waktu pembayaran anuitas manfaat saat tertanggung dalam masa perawatan hingga meninggal
- r : Nilai maksimum dari waktu pembayaran anuitas manfaat selama masa perawatan
- v^t : Faktor diskonto pada periode ke- t
- v^h : Faktor diskonto pada periode ke- h
- ${}_{t-1}p_x^{ii}$: Probabilitas seseorang yang berusia x tahun yang saat ini berada pada *state i* akan tetap berada pada *state i* sampai $t - 1$ tahun
- p_{x+t-1}^{ij} : Probabilitas seseorang yang berusia $x + t - 1$ tahun yang saat ini berada pada *state i* akan berpindah ke *state j*
- ${}_{h-1}p_x^{ii}$: Probabilitas seseorang yang berusia x tahun yang saat ini berada pada *state i* akan tetap berada di *state i* sampai $h - 1$ tahun
- q_{x+t-1}^{ij} : Probabilitas seseorang berusia $x + t - 1$ tahun yang saat ini berada di *state i* akan berpindah ke *state j*
- $\ddot{a}_{x+t:r}^{jj}$: Anuitas berjangka untuk seseorang yang berusia $x + t$ tahun dalam *state j* pada periode r tahun.

1.5.7 Anuitas hidup berjangka n -tahun

Anuitas merupakan serangkaian pembayaran yang dilakukan secara berkala dalam periode waktu tertentu dengan jumlah tertentu. Berdasarkan sistem pembayarannya, anuitas dibagi menjadi dua yaitu anuitas *due* dan anuitas *immediate*. Anuitas *due* adalah serangkaian pembayaran yang dilakukan di awal periode pembayaran, sedangkan anuitas *immediate* adalah serangkaian pembayaran yang dilakukan di akhir periode pembayaran. Menurut Lestari dan Surmana (2024), dalam konteks perhitungan premi asuransi *Long Term Care* (LTC), anuitas hidup berjangka n -tahun digunakan untuk mengukur nilai sekarang aktuarial yang pembayarannya dilakukan di awal tahun dengan jangka waktu selama n -tahun. Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai anuitas berjangka n -tahun adalah sebagai berikut :

$$\ddot{a}_{x:\overline{n}|} = \sum_{t=0}^{n-1} v^t {}_t p_x \quad (1.4)$$

dimana :

$\ddot{a}_{x:\overline{n}|}$: Anuitas hidup berjangka n -tahun

v^t : Faktor diskonto periode ke- t , dimana $v^t = \frac{1}{(1+i)^t}$

${}_t p_x$: Peluang seseorang berusia x tahun akan hidup sampai t tahun

1.5.8 Markov chain

Markov chain adalah proses stokastik yang bersifat markov, artinya keadaan yang akan terjadi di masa depan dari suatu proses hanya bergantung pada keadaan saat ini, dan tidak bergantung pada keadaan sebelumnya. Model *markov chain* ditemukan pada tahun 1906 oleh ilmuwan Rusia yaitu Andrei A. Markov. Ia mengatakan bahwa "untuk setiap waktu t , ketika kejadian saat ini adalah X_t dan seluruh kejadian sebelumnya adalah $X_{t(j)}, \dots, X_{t(j-n)}$, maka probabilitas seluruh kejadian yang akan terjadi hanya bergantung pada kejadian $X_{t(j-1)}$." Secara umum, apabila $X_0, X_1, X_2, \dots$ merupakan barisan peubah acak pada ruang *state* S , maka proses tersebut dapat didefinisikan sebagai *markov chain* apabila :

$$P[X_{t+1} = j | X_t = i, X_{t-1} = i_{t-1}, \dots, X_0 = i_0] = P[X_{t+1} = j | X_t = i]$$

Artinya probabilitas diatas menunjukkan bahwa kejadian pada waktu ke $t + 1$, hanya dipengaruhi oleh langkah ke t , dimana $X(t) = i$, menyatakan suatu proses berada dalam *state* i ($i = 0, 1, 2, \dots$) pada waktu ke t ($t = 0, 1, 2, \dots$), sedangkan probabilitas bersyarat $P[X_{t+1} = j | X_t = i]$ merupakan probabilitas transisi satu langkah pada waktu ke $n + 1$.

Probabilitas transisi yang terjadi dalam model *markov chain* dari *state* i pada waktu t ke *state* j pada waktu $t + 1$ dinotasikan dengan P_{ij} , sehingga persamaan probabilitas transisi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P_{ij} = P[X_{t+1} = j | X_t = i]$$

dimana $i, j = 1, 2, 3, \dots, m$, dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

$$P_{ij} \geq 0, \sum_{j=1}^m p_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

Artinya, nilai probabilitas tidak bernilai negatif dan jumlah seluruh probabilitas transisi dari *state* i ke semua keadaan yang mungkin di *state* j harus sama dengan satu. Nilai probabilitas transisi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P_{ij} = \frac{N_{ij}(t)}{n_i(t)} \quad (1.5)$$

dimana :

P_{ij} : probabilitas transisi dari *state* i ke *state* j selama periode waktu t .

$N_{ij}(t)$: jumlah individu yang berpindah dari *state* i ke *state* j selama periode waktu t

$n_i(t)$: jumlah individu yang berada di *state* i pada waktu t .

Menurut Jones dan Smith (2017), nilai probabilitas transisi tersebut dapat disusun dalam bentuk matriks yang disebut dengan matriks transisi. Dalam matriks transisi tersebut usia seorang tertanggung disimbolkan sebagai x .

$$T = P_x^{ij} = \begin{bmatrix} p_x^{11} & p_x^{12} & p_x^{13} & \dots & p_x^{1m} \\ p_x^{21} & p_x^{22} & p_x^{23} & \dots & p_x^{2m} \\ p_x^{31} & p_x^{32} & p_x^{33} & \dots & p_x^{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_x^{m1} & p_x^{m2} & p_x^{m3} & \dots & p_x^{mm} \end{bmatrix}$$

dimana :

p_x^{ij} : Matriks peluang transisi untuk seseorang yang berusia x tahun.

p_x^{1m} : Peluang seseorang berusia x tahun pada *state* 1 akan berada pada *state* m dalam waktu $n + 1$.

p_x^{11} : Peluang seseorang berusia x tahun pada *state* 1 akan tetap berada pada *state* 1 dalam waktu $n + 1$.

p_x^{m1} : Peluang seseorang yang berusia x tahun pada *state* m akan berada pada *state* 1 dalam waktu $n + 1$.

Menurut Syahri (2024), probabilitas transisi dalam *markov chain* juga dapat terjadi dalam beberapa langkah, dimana dalam *markov chain* sering disebut dengan probabilitas h langkah. Probabilitas suatu sistem akan berpindah dari *state* i pada waktu t ke *state* j pada waktu $t + h$ langkah setelah mengalami transisi h langkah dinotasikan dengan ${}_hP_{ij}$, dan persamaanya dapat ditulis sebagai berikut :

$${}_hP_x^{ij} = p(X_h = j | X_t = i)$$

dimana :

${}_hP_x^{ij}$: probabilitas transisi dari *state* i ke *state* j dalam h langkah

X_t : keadaan sistem pada waktu t

X_h : keadaan sistem pada waktu $t + h$ setelah melakukan transisi h langkah.

Probabilitas transisi h langkah menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berpindah langsung dari *state* i ke *state* j dalam satu langkah, tetapi dapat melalui beberapa *state* perantara sebelum mencapai *state* j . Perhitungan probabilitas transisi h langkah dalam konsep *markov chain* memerlukan persamaan matematis yang mampu menggambarkan hubungan antara probabilitas transisi satu langkah dengan probabilitas transisi pada langkah-langkah berikutnya. Oleh karena itu, dalam memodelkan hubungan tersebut digunakan persamaan Chapman-Kolmogorov untuk menghitung probabilitas transisi h -langkah (Latifah & Astuti, 2021). Persamaan Chapman-Kolmogorov didefinisikan sebagai berikut (Syahri, 2024) :

$$\begin{aligned} {}_{h+t}P_x^{ij} &= p(X_{t+h} = j | X_0 = i) \\ &= \sum_{k=0}^n p(X_{t+h} = j, X_h = k | X_0 = i) \\ &= \sum_{k=0}^n p(X_{t+h} = j | X_h = k, X_0 = i) \cdot p(X_h = k | X_0 = i) \\ &= \sum_{k=0}^n p(X_{t+h} = j | X_h = k) \cdot p(X_h = k | X_0 = i) \end{aligned}$$

$${}_{t+h}p_x^{ij} = \sum_{k=0}^n {}_h p_x^{ik} {}_t p_{x+h}^{kj} \quad (1.6)$$

dimana :

${}_h p_x^{ik}$: probabilitas transisi dari seseorang yang berusia x pada *state* i ke *state* k setelah h langkah.

${}_t p_{x+h}^{kj}$: probabilitas transisi dari seseorang yang berusia x pada *state* i ke *state* k setelah t langkah.

Probabilitas transisi yang terjadi dalam h -langkah dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut :

$${}_h P_x = \begin{bmatrix} p_x^{11} & p_x^{12} & p_x^{13} & \dots & p_x^{1m} \\ p_x^{21} & p_x^{22} & p_x^{23} & \dots & p_x^{2m} \\ p_x^{31} & p_x^{32} & p_x^{33} & \dots & p_x^{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_x^{m1} & p_x^{m2} & p_x^{m2} & \dots & p_x^{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_{x+1}^{11} & p_{x+1}^{12} & p_{x+1}^{13} & \dots & p_{x+1}^{1m} \\ p_{x+1}^{21} & p_{x+1}^{22} & p_{x+1}^{23} & \dots & p_{x+1}^{2m} \\ p_{x+1}^{31} & p_{x+1}^{32} & p_{x+1}^{33} & \dots & p_{x+1}^{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{x+1}^{m1} & p_{x+1}^{m2} & p_{x+1}^{m2} & \dots & p_{x+1}^{mn} \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} p_{x+h-1}^{11} & p_{x+h-1}^{12} & p_{x+h-1}^{13} & \dots & p_{x+h-1}^{1m} \\ p_{x+h-1}^{21} & p_{x+h-1}^{22} & p_{x+h-1}^{23} & \dots & p_{x+h-1}^{2m} \\ p_{x+h-1}^{31} & p_{x+h-1}^{32} & p_{x+h-1}^{33} & \dots & p_{x+h-1}^{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{x+h-1}^{m1} & p_{x+h-1}^{m2} & p_{x+h-1}^{m2} & \dots & p_{x+h-1}^{mn} \end{bmatrix}$$

$${}_h P_x = P_x \cdot P_{x+1} \dots P_{x+h-1} \quad (1.7)$$

dimana :

${}_h P_x$: Matriks peluang transisi h -langkah untuk seseorang yang berusia x tahun.

p_x^{1m} : probabilitas seseorang berusia x tahun yang saat ini berada pada *state* 1 akan berpindah ke *state* m satu tahun kemudian.

p_{x+1}^{1m} : probabilitas seseorang berusia $x + 1$ tahun yang saat ini berada pada *state* 1 akan berpindah ke *state* m satu tahun kemudian.

p_{x+h-1}^{1m} : probabilitas seseorang berusia $x + h - 1$ tahun yang saat ini berada pada *state* 1 akan berpindah ke *state* m satu tahun kemudian.

p_{x+h-1}^{2m} : probabilitas seseorang berusia $x + h - 1$ tahun yang saat ini berada pada *state* 2 akan berpindah ke *state* m satu tahun kemudian.

p_{x+h-1}^{3m} : probabilitas seseorang berusia $x + h - 1$ tahun yang saat ini berada pada *state* 3 akan berpindah ke *state* m satu tahun kemudian.

p_{x+h-1}^{mn} : probabilitas seseorang berusia $x + h - 1$ tahun yang saat ini berada pada *state* m akan berpindah ke *state* n satu tahun kemudian.

1.5.9 Premi bersih tahunan asuransi Long Term Care

Premi merupakan biaya yang harus dibayarkan oleh tertanggung sebagai bentuk kewajiban atas perlindungan risiko yang diberikan oleh pihak penanggung. Pembayaran premi biasanya dilakukan diawal periode pertanggungan. Penelitian ini menggunakan

pendekatan asuransi jiwa dwiguna untuk menghitung premi asuransi *Long Term Care*, dengan persamaanya adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{A_{x:\overline{n}|}^{LTC}}{\ddot{a}_{x:\overline{m}|}^{11}} \quad (1.8)$$

dimana :

P : Premi bersih tahunan

$A_{x:\overline{n}|}^{LTC}$: Nilai sekarang aktuarial dari manfaat asuransi LTC

$\ddot{a}_{x:\overline{m}|}^{11}$: Anuitas hidup berjangka m -tahun untuk tertanggung yang berusia x tahun dalam *state* 1 dan akan tetap dalam *state* 1.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif karena fokus penelitian adalah pada pengembangan model aktuarial yaitu model *multi-state Markov Chain*. Model tersebut digunakan untuk menghitung nilai sekarang aktuarial (APV) dan premi bersih asuransi *Long Term Care*. Selain itu, penelitian ini bersifat deskriptif analitik, dimana data numerik dianalisis untuk memperoleh probabilitas transisi antar *state*, matriks probabilitas serta perhitungan nilai APV dan premi bersih berdasarkan simulasi aktuarial.

2.2 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari beberapa sumber resmi yang relevan dengan topik penelitian penulis yaitu sebagai berikut :

1. Profil Kesehatan Nusa Tenggara Timur (NTT) Tahun 2022, yang dilaporkan oleh Dinas Kesehatan Kependudukan dan Pencatatan Sipil Provinsi Nusa Tenggara Timur. Data ini diakses melalui situs resmi Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi (PPID) Tahun 2022, yang diperoleh melalui website <https://ppidutama.nttprov.go.id/front/dokumen/detail/300324088>. Data ini memberikan informasi mengenai jumlah kasus TB, jumlah TB klinis yang menjalani pengobatan, jumlah TB yang terkonfirmasi bakteri dan menjalani pengobatan, jumlah yang sembuh, dan jumlah yang meninggal selama pengobatan yang dilaporkan berdasarkan jenis kelamin.
2. Laporan Penanggungjawab Tuberkulosis Indonesia Tahun 2022, digunakan untuk mengestimasi distribusi kasus TB di NTT berdasarkan kelompok usia. Data ini diakses melalui situs resmi TBIndonesia, yang diperoleh melalui website <https://www.tbindonesia.or.id/wp-content/uploads/2023/09/Laporan-Tahunan-Program-TBC-2022.pdf>.
3. Tabel Mortalitas Indonesia (TMI) 2023, yang digunakan untuk mengestimasi probabilitas meninggal di setiap usia. Data ini diperoleh melalui website resmi Asosiasi Asuransi Jiwa Indonesia.
4. Data jumlah penduduk dan persentase penduduk yang sakit di NTT pada tahun 2022. Data ini digunakan untuk menentukan probabilitas transisi dari kondisi sehat ke sakit, dan diperoleh dari Badan Pusat Statistik Nusa Tenggara Timur.

Adapun variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Usia
- b. Jumlah kasus TB (JK)
- c. Jumlah pasien TB bakteriologis (TB^b)
- d. Jumlah pasien TB klinis (TB^k)
- e. Jumlah pasien sembuh (CR)
- f. Jumlah yang meninggal karena TB (D^{TB})
- g. Jumlah yang meninggal karena faktor lain (D^{non-TB})

- h. Jumlah penduduk (P)

2.3 Metode Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode aktuarial dengan pendekatan *multi-state Markov chain*, yang digunakan untuk memodelkan transisi antar status dan diolah menggunakan perangkat lunak microsoft excel. Adapun tahapan analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan data yaitu data jumlah kasus tuberkulosis di NTT yang diperoleh dari laporan Profil Kesehatan NTT tahun 2022 dan data pendukung lainnya.
2. Mengestimasi jumlah kasus TB di NTT untuk tiap kelompok usia menggunakan proporsi kasus TB nasional dengan persamaan sebagai berikut :

$$\widehat{JK}_{NTT} = Pr^{nasional} \times JK_{NTT} \quad (2.1)$$

3. Mengestimasi jumlah pasien yang menjalani pengobatan, jumlah yang sembuh, dan jumlah yang meninggal untuk tiap kelompok umur dengan asumsi distribusi kejadian untuk tiap kelompok usia adalah sama. Hal ini dilakukan karena data asli tidak tersedia secara spesifik.
4. Melakukan interpolasi linear untuk memperoleh nilai proporsi di setiap usia tunggal dengan menggunakan persamaan berikut :

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1 \quad (2.2)$$

5. Mengestimasi jumlah kasus per usia berdasarkan hasil interpolasi dengan persamaan sebagai berikut :

$$\widehat{JK}_x = \frac{y_x}{\sum y_x} \times \widehat{JK}_{NTT} \quad (2.3)$$

6. Menghitung rata-rata jumlah penduduk dan jumlah penduduk yang sehat untuk setiap usia di NTT pada tahun 2022.
7. Mengestimasi jumlah penduduk yang meninggal karena faktor lain selain TB dengan persamaan sebagai berikut :

$$D_x^{non-TB} = (P_x \times q_x^{TMI}) - D_x^{TB} \quad (2.4)$$

8. Menentukan model *multi-state* berdasarkan perjalanan klinis pasien TB di NTT. Model *multi-state* yang digunakan terdiri dari 5 *state* yaitu :
 - a. *State* 1 : Sehat
 - b. *State* 2 : Terdeteksi TB
 - c. *State* 3 : TB terkonfirmasi bakteriologis dan menjalani pengobatan
 - d. *State* 4 : TB terkonfirmasi klinis dan menjalani pengobatan
 - e. *State* 5 : Meninggal

Adapun transisi yang dapat terjadi adalah sebagai berikut :

$$\{(1 \rightarrow 2), (1 \rightarrow 5), (2 \rightarrow 3), (2 \rightarrow 4), (2 \rightarrow 5), (3 \rightarrow 1), (3 \rightarrow 5), (4 \rightarrow 5)\}$$

9. Menghitung dan menyusun probabilitas transisi antar *state* berdasarkan persamaan berikut :

$$p_x^{ij} = \frac{N_x^{ij}}{N_x^i} \quad (2.5)$$

Setelah matriks probabilitas satu langkah dibentuk, dilakukan perhitungan untuk matriks probabilitas h langkah dengan persamaan Chapman-Kolmogorov sebagai berikut :

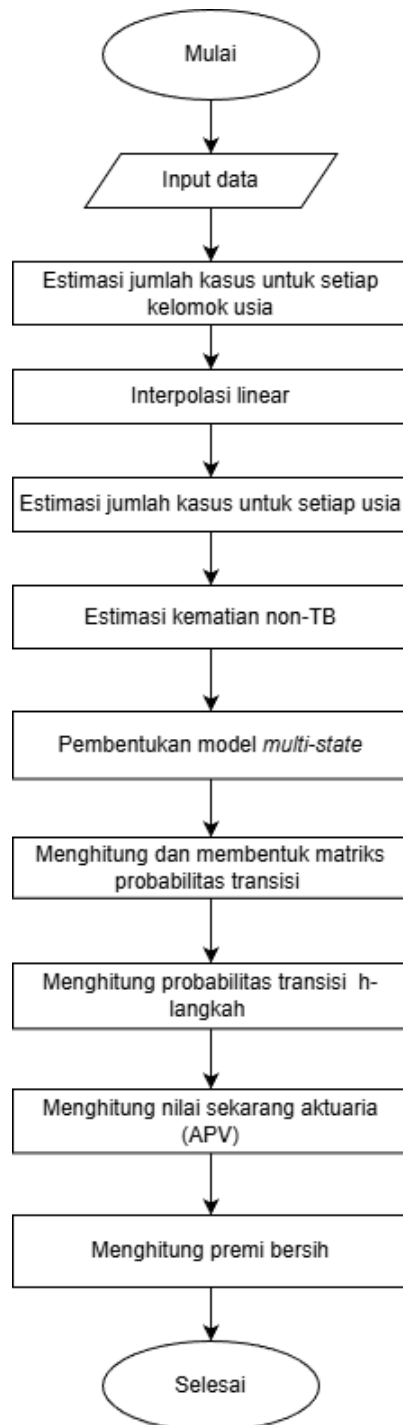
$${}_h p_x^{ij} = p_x^{ij} \cdot {}_{h-1} p_x^{ij} \quad (2.6)$$

dimana :

- p_x^{ij} : probabilitas transisi untuk seseorang yang berusia x tahun.
- N_x^{ij} : jumlah individu pada usia x yang melakukan transisi dari $i \rightarrow j$
- N_x^i : jumlah individu berusia x yang berada pada *state* i
- ${}_h p_x^{ij}$: probabilitas transisi dari seseorang yang berusia x pada *state* i ke *state* j setelah h langkah.
- ${}_{h-1} p_x^{ij}$: probabilitas transisi dari seseorang yang berusia x pada *state* i ke *state* j pada $h - 1$ langkah.

10. Menghitung nilai sekarang aktuarial (APV) dengan persamaan (1.3)
11. Menghitung premi bersih tahunan asuransi LTC produk *annuity as a rider benefit* dengan persamaan (1.8).

2.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alur