SKRIPSI

MENGHITUNG PREMI ASURANSI DEMAM BERDARAH MENGGUNAKAN METODE *MARKOV CHAIN* DI RUMAH SAKIT REGIONAL MAMUJU

SITI TANRI CICI
E0120308

PRORAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
TAHUN 2024

SKRIPSI

MENGHITUNG PREMI ASURANSI DEMAM BERDARAH MENGGUNAKAN *METODE MARKOV CHAIN* DI RUMAH SAKIT REGIONAL MAMUJU

SITI TANRI CICI
E0120308

PRORAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
TAHUN 2024

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama	: SITI TANRI CICI
NIM	: E0120308
Judul	: Menghitung Premi Asuransi Demam Berdarah Menggunakan Metode *Markov Chain* di Rumah Sakit Regional Mamuju

Telah berhasil dipertahankan di depan Tim Penguji (SK Nomor : 41/UN55.7/HK.04/2024,8/07/2024) dan diterima sebagai bagian persyaratan memperoleh gelar sarjana Matematika (S.Mat) pada Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sulawesi Barat.

Disahkan oleh:

Dekan FMIPA
Universitas Sulawesi Barat

Musafira, S.Si., M.Sc.
NIP. 19770911200602002

Tim Penguji :

Ketua Penguji	: Musafira, S.Si., M.Sc.	(.................................)
Sekretaris	: Ahmad Ansar, S.Pd., M.Sc.	(.................................)
Pembimbing 1	: Rahmawati, S.Si., M.Si.	(.................................)
Pembimbing 2	: Rahmah Abubakar, S.Si., M.Si.	(.................................)
Penguji 1	: Apriyanto, S.Pd., M.Sc.	(.................................)
Penguji 2	: Darma Ekawati, S.Pd., M.Sc.	(.................................)
Penguji 3	: Muh Rifandi, S.Si., M.Si.	(.................................)

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang model *Markov chain* untuk menghitung premi asuransi pada penderita penyakit Demam Berdarah *Dengue* (DBD) di Rumah Sakit Regional Mamuju. Model *Markov chain* adalah suatu metode yang mempelajari sifat suatu variabel pada masa sekarang yang didasarkan pada sifat-sifatnya di masa lalu dalam usaha menaksir sifat-sifat variabel tersebut di masa yang akan datang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model probabilitas transisi dari setiap keadaan dengan menggunakan model multistatus Markov dan menentukan premi Asuransi menggunakan metode markov. Data yang digunakan pada penelitan ini merupakan data pasien Demam Berdarah *Dengue* (DBD) di Rumah Sakit Regional Mamuju. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, diperoleh model matriks probabilitas transisi P_{5x5}. Selanjutnya menghitung matriks laju transisi, menghitung peluang transisi, menghitung fungsi densitas, dan menghitung premi dari setiap kejadian. Dengan besar premi asuransi jiwa berjangka 1 tahun memperoleh nilai premi dengan total sebesar Rp 713.275.259 dengan santunan senilai Rp 25.000.000

Kata Kunci: *Markov chain*, Matriks Laju Transisi, Peluang Transisi, Fungsi Densitas, Premi Asuransi, Demam Berdarah *Dengue*.

Abstract

This research discusses the Markov chain model to calculate insurance premiums for patients with dengue fever (DHF) at Mamuju Regional Hospital. Markov chain model is a method that studies the nature of a variable in the present based on its properties in the past in an effort to estimate the properties of the variable in the future. This study aims to determine the transition probability model of each state using the Markov multistatus model and determine the insurance premium using the Markov method. The data used in this research is data on Dengue Fever (DHF) patients at Mamuju Regional Hospital. Based on the results of research and discussion, the transition probability matrix model is obtained. Next, calculate the transition rate matrix, calculate the transition opportunity, calculate the density function, and calculate the premium of each event. With a 1-year term life insurance premium, the total premium value is Rp 713,275,259 with compensation of Rp 25,000,000.

Translated with DeepL.com (free version)Keywords: Markov chain, Transition Rate Matrix, Transition Probability, Density Function, Insurance Premium, Dengue Fever.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Demam Berdarah *Dengue* (DBD) merupakan penyakit yang dikarenakan oleh sebuah virus *Dengue* serta ditularkan dari gigitan nyamuk *Aedes Aegypti* serta *Aedes Albopictus* kepada manusia. Indonesia mempunyai sebaran wilayah endemis. Tanda dan gejala yang timbul antara lain. demam, nyeri dibelakang bola mata, sakit kepala, manifestasi perdarahan seperti gusi yang mudah berdarah, mimisan serta adanya petekie atau kemerahan pada tubuh yang menderita (Kemenkes RI, 2021). Demam Berdarah *Dengue* (DBD) di indonesia angka kesakitan (DBD) 43 per 100.000 penduduk. Sedangkan angka kematian 2,62% (Kemenkes RI, 2020). Dan jumlah kasus DBD di kabupaten Mamuju semakin meningkat dari tahun ke tahun, jumlah penduduk yang terjangkit penyakit Demam Berdarah *Dengue* (DBD) juga semakin meningkat. Berdasarkan data Rumah Sakit Regional Mamuju, hingga Mei 2022 – April 2023 terdapat 172 kasus DBD. Jumlah kasusnyapun semakin bertambah melampaui kasus tahun 2021. Salah satu aspek penting dalam penanganan Demam Berdarah *Dengue* (DBD) adalah kemampuan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan kondisi pasien berdasarkan tingkat keparahan penyakit, proses ini dikenal sebagai gradiasi. Gradiasi pada pasien Demam Berdarah *Dengue* (DBD) adalah pengelompokan kondisi pasien berdasarkan tingkat keparahan infeksi yang mereka alami. Perpindahan setiap keadaan Demam Berdarah *Dengue* (DBD) biasanya mengikuti perkembangan penyakit dari gejala ringan hingga gejala yang lebih parah. Metode yang akan digunakan untuk mencari peluang transisi dalam kasus multistate DBD adalah konsep dasar *Markov chain*.

Markov chain merupakan teknik deskriptif yang digunakan untuk mempelajari perubahan-perubahan pada fenomena atau kejadian di masa mendatang secara matematis (Nurhamiddin & Hamim, 2021). *Markov chain* juga dapat digunakan untuk menentukan model dan mengamati transisi atau perpindahan suatu kejadian (Nasib dkk, 2022). *Markov chain* ini telah banyak digunakan dalam penelitian di berbagai bidang. Pada bidang kesehatan, misalkan studi tentang aplikasi *markov chain* untuk memprediksi tekanan darah (Kurniawan, 2018), perhitungan premi asuransi pada pasien *covid-19* dengan metode *markov chain* (Setyadi & Manullag, 2024), serta penelitian yang dilakukan oleh (Karyady dkk, 2022) tentang perhitungan premi asuransi jiwa dengan aplikasi *markov chain* pada penderita jantung di Kalimantan. Masyarakat diharapkan mampu mengendalikan risiko sakit sehingga jika risiko tersebut terjadi masyarakat tidak akan mengalami kerugian yang sangat besar. Salah satu cara untuk menanggulangi risiko biaya yaitu dengan asuransi.

Asuransi merupakan perjanjian yang dibuat antara perusahaan asuransi dan tertanggung. Perjanjian tersebut nantinya akan dijadikan sebagai dasar bagi penerima premi oleh perusahaan asuransi sebagai bentuk imbalan untuk mengganti kerugian yang dialami. Jadi dengan mengasuransikan sesuatu, artinya telah membagi risiko yang mungkin terjadi sewaktu-waktu kepada perusahaan asuransi (Hermawan, 2017).

Pada asuransi Demam Berdarah *Dengue* (DBD) seseorang dapat bertransisi dari status tetap pada gradiasi I, gradiasi I ke gradiasi II, gradiasi I ke gradiasi III, gradiasi I ke sehat, gradiasi I ke meninggal, gradiasi II ke gradiasi I, tetap pada gradiasi II, gradiasi II ke gradiasi III, gradiasi II ke sehat, gradiasi II ke meninggal, gradiasi III ke gradiasi I, gradiasi III ke gradiasi II, tetap pada gradasi III, gradiasi III ke sehat dan gradiasi III ke meninggal yang akan membentuk matriks 5 x 5. Proses perubahan status ini sangat sesuai dimodelkan dengan model multistatus.

Penelitian ini berfokus pada asuransi kesehatan berjangka dengan menggunakan *Markov chain*, dengan memperhatikan asumsi yang dijelaskan di atas, maka dapat dihitung peluang transisi dengan menggunakan persamaan diferensial Chapman-Kalmogorov dan juga menggunakan laju transisinya.

Berdasarkan latar belakang di atas penulis merasa hal ini perlu diteliti dengan menentukan premi asuransi menggunakan metode *Markov chain*. dengan judul Menghitung Premi Asuransi Demam Berdarah Menggunakan Metode *Markov chain* di Rumah Sakit Regional Mamuju.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model probabilitas transisi dari setiap keadaan dengan menggunakan model multistatus Markov ?
2. Bagaimana premi asuransi jiwa menggunakan Metode Markov?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui model probabilitas transisi dari setiap keadaan dengan menggunakan model multistatus Markov
2. Untuk mengetahui premi asuransi jiwa menggunakan Metode Markov

1.4 Manfaat Penelitian

1. Bagi Peneliti Sendiri

   Untuk memperdalam pemahaman penulis tentang pengaplikasian model *Markov chain* untuk penentuan premi asuransi Jiwa.
2. Bagi Pembaca

   Karya tulis ilmiah ini dapat dijadikan sebagai referensi dan bahan Pustaka bagi pembaca yang ingin mengadakan penelitian lebih lanjut mengenai *Markov chain* untuk premi asuransi
3. Bagi Pihak Rumah Sakit

   Karya tulis ini dapat dijadikan sebagai referensi dan bahan perbandingan dan dapat di gunakan apabila mencapai kelayakan

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai beriku:

1 Perubahan status individu yang terjadi bisa dinyatakan sebagai *Markov chain* waktu diskrit.

2 Probabilitas transisi hanya bergantung pada interval waktu perpindahan status saja bukan pada waktu awal.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Probabilitas

2.1.1 Konsep Dasar Probabilitas

Probabilitas adalah suatu nilai yang digunakan untuk mengukur tingkat terjadinya suatu kejadian yang acak. Kata probabilitas itu sendiri sering disebut dengan peluang atau kemungkinan. Probabilitas secara umum merupakan peluang bahwa sesuatu akan terjadi (Otaya, 2021).

***Definisi* 1:**(Noeryanti, 2021).

Peluang suatu kejadian *A* dalam ruang sampel *S* dinyatakan sebagai:

$$0 \leq P(A) \leq 1; P(\phi) = 0; P(S) = 1 \tag{2.1}$$

Misal A_i, i = 1,2,…, m adalah titik-titik sampel di dalam ruang sampel S dan jika P(A_i) adalah titik sampel A_i, maka jumlah peluang setiap titik A_i didefinisikan:

$$\sum_{t=i}^{n} P(A_i) = 1 \tag{2.2}$$

***Definisi* 2:** (Noeryanti, 2021).

Jika suatu kejadian menghasilkan $N -$ macam hasil yang berbeda, dimana masing-masing kejadian mempunyai kemungkinan yang sama, maka peluang kejadian *A* dengan $A \subset S$ ditulis sebagai $P(A)$ dinyatakan sebagai:

$$P(A) = \frac{n(A)}{n(S)} = \frac{n}{N} \tag{2.3}$$

Dengan:

$n(A)$ = banyaknya kemungkinan yang muncul pada kejadian A

$N(S)$ = banyaknya kemungkinan yang muncul pada ruang sampel S

Terdapat dua prosedur penting untuk menentukan probabilitas dari suatu kejadian:

1. Metode Klasik

Menurut pendekatan klasik, probabilitas didefinisikan sebagai hasil bagi banyaknya peristiwa yang dimaksud dengan seluruh peristiwa yang mungkin.

Dirumuskan:

$$P_r(A) = \frac{n(A)}{n(S)} \tag{2.4}$$

Dimana:

$P_r\left(A\right)$ = probabilitas terjadinya peristiwa A

$n\left(A\right)$ = Jumlah peristiwa A

$n\left(S\right)$ = Jumlah peristiwa yang mungkin

2. Metode Frekuensi

Menurut pendekatan frekuensi relatif, probabilitas dapat didefenisikan sebagai berikut:

1. Proporsi waktu terjadinya suatu peristiwa dalam jangka Panjang, jika kondisi stabil
2. Frekuensi relatif dari seluruh peristiwa dalam sejumlah besar percobaan. Probabilitas berdasarkan pendekatan ini sering disebut sebagai probabilitas Empiris. Nilai probabilitas ditentukan melalui percobaan, sehingga nilai probabilitas itu merupakan limit dari frekuensi relatif tersebut.

Dirumuskan:

$$P_r(X = x) = \lim \frac{f}{n}, \text{untuk } n \to \infty \tag{2.5}$$

Dimana :

$P_r(X = x)$ = Probabilitas terjadinya peristiwa x

f = Frekuensi peristiwa x

n = Banyaknya peristiwa yang terjadi

2.1.2 Sifat-sifat Probabilitas

(Choiruddin.A 2021) misalkan S merupakan ruang sampel dari sebuah eksperimen acak. Ukuran probabilitas (*probability measure*) merupakan fungsi himpunan yang menetapkan bilangan riil pada berbagai kejadian di dalam ruang sampel S yang memenuhi:

1. $P\left(A\right) \geq 0$, yaitu probabilitas suatu kejadian A haruslah lebih besar atau sama dengan 0, untuk sebarang kejadian $A \in S$

2. $P(S) = 1$, yaitu probabilitas dari suatu kejadian yang meliputi ruang sampel haruslah 1. Hal ini terjadi karena uang sampel meliputi seluruh titik sampel dari suatu eksprimen.
3. $P\left(\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i\right) = \sum_{i=1}^{\infty} P[A_i]$, apabila masing-masing merupakan kejadian yang saling asing di dalam ruang sampel S

2.1.3 Beberapa Aturan dalam Probabilitas

Secara umum, beberapa kombinasi dari kejadian dalam sebuah eksprimen dapat dihitung probabilitasnya berdasarkan dua aturan, yaitu aturan penjumlahan dan aturan perkalian.

a. Aturan penjumlahan

Aturan menerapkan aturan penjumlahan ini, harus dilihat jenis kejadiannya apakah bersifat saling lepas (*mutually exclusive*) atau tidak saling lepas.

1. Kejadian saling lepas

Aturan penjumlahan yang diterapkan untuk kejadian saling lepas disebut dengan aturan penjumlahan khusus. Kejadian saling lepas adalah dimana jika sebuah kejadian terjadi, maka kejadian kedua adalah kejadian yang saling lepas. Jika A telah terjadi, maka kejadian B tidak akan terjadi.

***Definisi* 3:** (Supranto, 2008)

Kejadian A dan B dikatakan saling lepas secara stokastik jika:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$

***Teorema* 1 :** (Supranto, 2008)

Jika A dan B adalah kejadian-kejadian yang saling lepas maka A dan B^c juga saling lepas.

Pembuktian :

Akan ditunjukkan bahwa $P(A \cap B^C) = P(A)P(B^C)$

Karena $A = (A \cap B) \cup \left(A \cap B^C\right)$dan $\left(A \cap B\right) \cap \left(A \cap B^C\right)$

Maka $P\left(A\right) = P\left(A \cap B\right) + P\left(A \cap B^C\right)$

Jadi $P\left(A \cap B^C\right) = P\left(A\right) - P\left(A \cap B\right)$

$$= P(A) - P(A \cap B)$$

$$= P(A) - P(A)P(B)$$

Untuk tiga kejadian saling lepas yang dinyatakan $A, B\ dan\ C$ ditulis :

$$P(A \cup B \cup C) = P(A \cup B \cup C) = P(A) + P(B) + (C)$$

Selanjutnya jika ada kejadian katakanlah $A_1, A_2, ..., A_i, ..., A_k$ yang saling lepas, maka akan diperoleh rumus berikut :

$$P\left(A_1 \cup A_2 \cup .... \cup A_k = \sum_{i=1}^{k} P(A_i)\right)$$

2. Kejadian tidak saling lepas

Kejadian tidak saling lepas adalah kejadian dimana jika terjadi sebuah kejadian, maka peluang bahwa A mungkin terjadi dan B mungkin terjadi. Aturan umum untuk penjumlahan kejadian-kejadian yang tidak saling lepas pada dua kejadian A dan B ditulis :

$$P(A \cup B) = P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \qquad (2.9)$$

3. Kejadian saling bebas dan tidak saling bebas

Dua kejadian A dan B dikatakan saling bebas (*independen*) apabila terjadinya kejadian A tidak mempengaruhi probabilitas terjadinya peristiwa B. Sebaiknya, jika terjadinya kejadian A mempengaruhi probabilitas terjadinya kejadian B disebut kejadian titik saling bebas (*dependen*). Kejadian bersyarat merupakan contoh dari kejadian yang tidak saling bebas. Jika kejadian A dan B saling bebas, maka berlaku:

$$P(A|B) = P(A) \text{ dan juga } P(B|A) \qquad (2.10)$$

2.1.4 Probabilitas Bersyarat

Menurut Syaifuddin & Choiruddin, (2017), probabilitas bersyarat (*conditional probability*) dari suatu kejadian A apabila kejadian B diketahui dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$P(A|B) = \frac{\mathbb{P}[A \cap B]}{\mathbb{P}[B]} \qquad (2.6)$$

Dengan $P(B) > 0$

Probabilitas bersyarat $P\left[A\middle|B\right]$ yang telah didefinisikan di atas memenuhi tiga syarat sebagai ukuran probabilitas sebagai berikut :

1. $P\left[A\middle|B\right] > 0$ untuk sebarang kejadian A
2. $P\left[B\middle|B\right] = 1$
3. Apabila $A_1, A_2\ A_3 \ldots$. adalah kejadian yang saling lepas (*mutually exclusive*) maka :

$$P\left(\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i \middle| B\right) = \sum_{i=1}^{\infty} P\left[A_i \middle| B\right] \tag{2.7}$$

Catat bahwa kejadian A dan B saling berhubungan sehingga jika kejadian B telah diketahui, maka probabilitas bersyarat dari kejadian A bila kejadian B diketahui mungkin tidak sama dengan probabilitas tidak bersyarat dari kejadian A jika tidak diketahui terjadinya kejadian B.

Ketika berada kejadian A dan $B,$ dapat diasumsikan bahwa kejadian B telah terjadi sehingga, B menjadi ruang sampel baru dan semua kejadian bersyarat harus terjadi dalam kejadian B (di dalam ruang sampel baru tersebut). Dengan demikian, apabila kita bagi dengan $P[B]$ untuk mengukur semua probabilitas sedemikian hingga B adalah seluruh ruang sampel, maka diperoleh

$$\left[P\left(B\middle|B\right)\right] = 1$$

Dengan menggunakan aturan perkalian, persamaan dari probabilitas bersyarat

$P\left(A\middle|B\right) = \dfrac{P\left[A \cap B\right]}{P\left[B\right]}$ dapat ditulis menjadi.

$$P\left[A \cap B\right] = P\left[A\middle|B\right].P\left[B\right] \tag{2.8}$$

2.1.5 Distribusi Probabilitas Diskrit

***Definisi* 4:** (Spiegel, 2004)

Jika X suatu variabel random, dan jika banyak harga-harga yang mungkin dari X adalah berhingga atau tak terhingga terhitung, maka X disebut suatu variabel random diskrit, jadi harga X dapat disusun sebagai $x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots$

***Definisi* 5:** (Spiegel, 2004)

Jika X suatu variabel random diskrit dengan harga-harga $x_1, x_2, \ldots$, maka suatu fungsi $f(x) = P(X = x)$ disebut suatu fungsi probabilitas atau fungsi densitas probabilitas dari X, apabila memenuhi syarat-syarat :

1. $f(x) \geq 0$ untuk semua x
2. $\sum_{i=1}^{n} f(x) = 1$

Fungsi distribusi untuk semua variabel acak diskrit X dapat diperoleh dari fungsi probabilitasnya dengan memperhatikan bahwa, untuk semua x dalam $(-\infty, \infty)$.

$$F(x) = P(X \leq x) = \sum_{u \leq x} f(u)$$

Dimana jumlah tersebut untuk semua nilai u yang dipakai oleh X dimana $u \leq x.$ Jika X hanya memiliki nilai $x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots$ yang berhingga maka fungsi distribusinya adalah

$$F(x) = \begin{cases} 0 \\ f(x_i) \\ f(x_i) + f(x_2) \\ \\ f(x_1) + \ldots + f(x_n) \end{cases}$$

2.2 Proses Stokastik

Proses stokastik $\{X_n\}$ adalah kumpulan dari variabel acak. Indeks n diartikan sebagai waktu dan X_n adalah *state* pada waktu $n.$ Himpunan n disebut ruang parameter atau himpunan indeks proses. Jika nilai himpunan n dapat dihitung maka proses stokastik dikatakan n proses waktu diskrit. Misalnya, $\{X_{n,} n = 0,1,2 \ \ldots \}$ adalah proses stokastik waktu diskrit dengan indeks bilangan bulat tak negatif sedangkan $\{X_{n,} n \geq 0\}$ adalah proses stokastik waktu kontinu dengan indeks bilangan real tak negatif (Ross, 2010)

2.3 Rantai Markov (*Markov chain*)

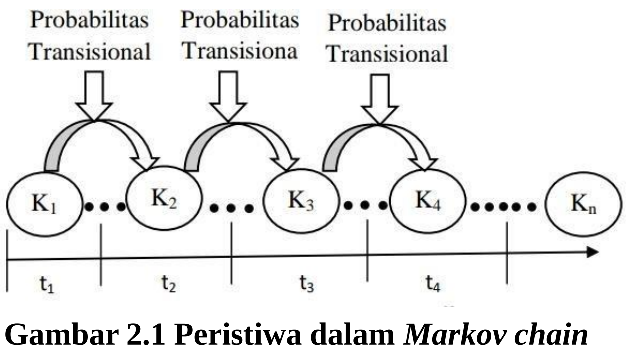
Rantai markov (*Markov chain*) merupakan proses acak di mana semua informasi tentang masa depan terkandung di dalam keadaan sekarang (yaitu orang tidak perlu memeriksa masa lalu untuk menentukan masa depan). Untuk lebih tepatnya, konsep dasar analisis markov adalah *state* dari sistem atau *state* transisi, sifat dari proses ini adalah apabila diketahui proses berada dalam suatu keadaan tertentu, maka peluang berkembangnya proses di masa mendatang hanya tergantung pada keadaan saat ini dan tidak tergantung pada keadaan sebelumnya, atau dengan kata lain rantai markov adalah rangkaian proses kejadian dimana peluang bersyarat kejadian yang akan datang tergantung pada kejadian sekarang (Nurhamiddin & Sulisa, 2019).

Definisi **:** (Kulkarni V.G, 1999)

Misalkan $X_0, X_1, X_2, \ldots$ adalah barisan peubah acak yang berada pada ruang. *State* S. Proses tersebut disebut rantai markov jika.

Probabilitas ini menyatakan bahwa probabilitas pada waktu (langkah) ke $(n + 1)$ hanya dipengaruhi oleh langkah n dan tidak dipengaruhi oleh langkah-langkah sebelumnya. Probabilitas bersyarat $P[X_{n+1} = X_{n+1} \mid X_n = x_n]$ disebut probabilitas transisi atau langkah bahwa proses pada keadaan X_{n+1} pada waktu $(n + 1)$ jika mula-mula proses pada keadaan X_n pada waktu n.

Pada Gambar 2.1 cukup jelas, yaitu K_{t4} dipengaruhi oleh kejadian K_{t3}. K_{t3} dipengaruhi oleh kejadian K_{t2}, dan K_{t2} dipengaruhi oleh K_{t1}. Perubahan-perubahan tersebut terjadi terus menerus dan berantai karena adanya perenan probabilitas transisi (*transition probability*). Kejadian K_{t1} misalnya, tidak akan mempengaruhi kejadian K_{t3}.



Gambar 2.1 Peristiwa dalam *Markov chain*

Oleh karena itu *Markov chain* mampu menjelaskan kemungkinan gerakan-gerakan beberapa variabel dimasa kini. Dalam model matematis dapat ditulis sebagai berikut ini :

$$K_{t(j)} = P \times K_{t(j-1)}$$

dimana,

$K_{t(j)}$ = peluang kejadian pada $t(j)$

P = probabilitas transisi

$t(j)$ = waktu ke-j

$K_{t(j-1)}$ = peluang kejadian pada waktu awal

Pada Gambar 2.1 untuk setiap waktu t, ketika kejadian adalah K_t dan seluruh kejadian sebelumnya adalah $K_{t(j)},...,K_{t(j-n)}$ yang terjadi dari proses yang diketahui, probabilitas seluruh kejadian $K_{t(j-1)}$ dan tidak bergantung pada kejadian-kejadian sebelumnya $K_{t(j-2)}, K_{t(j-3)},...K_{t(j-n)}$.

2.3.1 **Asumsi-asumsi dalam *Markov Chain***

Asumsi-asumsi dalam rantai *Markoc Chain* terdiri dari empat yaitu:

1. Jumlah probabilitas transisi keadaan adalah 1
2. Probabilitas transisi tidak berubah selamanya.
3. Probabilitas transisi hanya tergantung pada status sekarang, bukan pada Periode sebelumnya
4. Kondisi merupakan kondisi yang *independent* sepanjang waktu.

Namun penggunaan rantai markov terhadap suatu masalah memerlukan pemahaman tentang tiga keadaan yaitu keadaan awal, keadaan transisi dan keadaan setimbangnya. Dari tiga keadaan tersebut, keadaan transisi merupakan yang terpenting. Oleh karena itulah asumsi-asumsi dalam rantai markov yang hanya digunakan adalah sebagai berikut.

1. Jumlah probabilitas transisi keadaan adalah 1
2. Kondisi merupakan kondisi yang *independent* sepanjang waktu.
3. Probabilitas transisi hanya tergantung pada status sekarang, bukan pada Periode sebelumnya

2.3.2 Matriks Probabilitas Transisi

***Definisi* :** (Kulkarni, 1999)

Peluang transisi, P_{ij} merupakan peluang pada sistem yang bergerak dari *state i* ke *j* dalam satu langkah (pada satu percobaan atau dalam satu interval waktu). Oleh karena P_{ij} adalah peluang, untuk setiap *i* dan *j* maka :

$$P_{ij} \geq 0$$

Dan untuk setiap *i* maka :

$$\sum_{j=0}^{n} P_{ij} = 1$$

Sebelum membuat matriks probabilitas transisional terlebih dahulu harus dihitung probabilitas transisinya dengan menggunakan rumus :

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}(t)}{n_i(t)}$$

Dimana,

P_{ij} = Probabilitas transisi (perpindahan dari status *i* ke status *j*)

$n_{ij}(t)$ = Adalah jumlah perpindahan dari status *i* ke status *j* dalam periode *t*

$n_i(t)$ = Jumlah *i* dalam periode *t*. (Anton, 2005)

2.3.3 Peluang Transisi n-langkah

Menurut Ross (2010) Mendefinisikan peluang transisi $n-$langkah $p_{ij}^{n} = p\{x_{n+k} = j \mid x_k = i\}$ disebut peluang transisi $n-$langkah dari state i ke j. Menurut (Hillier dan Lieberman, 2001). Peluang transisi n $-$langkah p_{ij}^{n} adalah peluang bersyarat bahwa sistem akan berada pada state i pada waktu t. Matriks peluang transisi n $-$langkah p_{ij}^{n} dapat ditulis sebagai

$$P^n = \begin{bmatrix} p_{00}^{n} & p_{10}^{n} & \cdots & p_{0m}^{n} \\ p_{10}^{n} & p_{11}^{n} & \cdots & p_{1m}^{n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{m0}^{n} & p_{m-1}^{n} & \cdots & p_{mm}^{n} \end{bmatrix}$$

Ketika $n=1,$ diketahui bahwa $p_{ij}^{1}=p_{ij}$ karena p_{ij}^{n} adalah peluang bersyarat, peluang tidak negatif, dan proses harus melakukan transisi ke beberapa *state*, sehingga :

$p_{ij}^{n}\geq 0$ untuk semua i dan $j; n=0,1,2....$ dan $\sum_{j=1}^{m}P_{ij}^{n}=1$ untuk semua $i:n=0,1,2....$

2.3.4 Persamaan Chapman-Kolmogorov

Persamaan Chapmon Kolmogorov adalah suatu metode yang diberikan untuk menghitung probabilitas transisi n langkah yaitu :

$$p_{ij}\ (n)=\sum_{K=0}^{N}P_{ik}^{m}P_{kj}^{(n-m)}=\sum_{K=0}^{N}P_{ik}^{(n-m)};0\leq s\leq t$$

***Teorema* 5 :** (Kulkarni V.G, 1999)

Persamaan Chapman-Kolmogorov menyediakan metode untuk menghitung peluang transisi n-langkah

$$P_{ij}^{(n+m)}=\sum_{K=1}^{N}P_{ik}^{(n)}P_{kj}^{(m)}$$

Bukti :

Berdasarkan teorema (2.5) untuk semua $m,n\geq 0,$ maka :

$$\begin{aligned}P(X_{n+m}=j\,|X_0=i)&=\sum_{K=1}^{N}P(X_{n+m}=j\,|X_n=k,X_0=i)P(X_n=k\,|X_0=i)\\&=\sum_{K=1}^{N}P(X_{n+m}=j\,|X_n=k)P\left(X_n=k\,|X_0=i\right)\\&=\sum_{K=1}^{N}P(X_{n+m}=j\,|\,X_0=k,X_0=i)P(X_n=k\,|X_0=i)\\&=\sum_{K=1}^{N}P\left(X_n=k|X_0=i\right)P\left(X_m=j\,|X_0=k\right)\\&=\sum_{K=1}^{N}P_{ik}^{(n)}P_{kj}^{(m)}\end{aligned}$$

Dari persamaan Chapman-kalmogorof untuk waktu homogen dinyatakan dengan :

$$P_{ij}(t+u)=\sum\nolimits_{k}p_{ik}(t)p_{kj}(u),$$

$$P_{ij}(t)=p(X_{t+u}=j\,|X_u=i).$$

Untuk semua $i = 1, 2, ..., N$ $j = 1, 2, ..., N$

Dan setiap $m = 1, 2, ..., n-1$

$n = m+1, m+2, ...$

Persamaan ini menjelaskan bahwa berangkat dari *state* i ke state j dalam $n-$ langkah, prosesnya berada di *state* k setelah tepat $m-$langkah, sehingga hanya peluang bersyarat yang diberikan titik awal *state* i, prosesnya menuju ke *state* k setelah m langkah dan kemudian menuju *state* j dalam $n-m$ langkah. Oleh karena itu, menjumlahkan peluang bersyarat ini untuk semua kemungkinan k harus menghasilkan $p^{(n+m)}$. Untuk mendapat peluang $n-$langkah dapat dilakukan dengan mengalikan matriks satu-langkah dengan matriks itu sendiri, contohnya

$$P_{(2)} = P.P = P$$

Dengan demikian, matriks peluang transisi *n*-langkah dapat diperoleh dengan menghitung pangkat ke-n dari matriks transisi satu-langkah P

Dari persamaan Chapman-Kalmogorof untuk waktu homogen dinyatakan dengan :

$$P_{ij}(t+u) = \sum_k P_{ik}(t) P_{kj}(u),$$

$$P_{ij}(t) = P(X_{t+u} = j \mid X_u = i)$$

Peluang transisi dapat disusun dalam bentuk matriks yang disebut matriks peluang transisi. Untuk matriks peluang transisi dengan kasus lima *state* maka digunakan matriks berukuran 5*x*5 berikut :

$$P(t) = \begin{bmatrix} P_{00}(t) & P_{01}(t) & P_{02}(t) & P_{03}(t) & P_{04}(t) \\ P_{10}(t) & P_{11}(t) & P_{12}(t) & P_{13}(t) & P_{14}(t) \\ P_{20}(t) & P_{21}(t) & P_{22}(t) & P_{23}(t) & P_{24}(t) \\ P_{30}(t) & P_{31}(t) & P_{32}(t) & P_{33}(t) & P_{34}(t) \\ P_{40}(t) & P_{41}(t) & P_{42}(t) & P_{43}(t) & P_{44}(t) \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

2.3.5 Laju Transisi Rantai Markov

Besarnya transisi atau perpindahan dari *state* i berpindah ke *state* j dipengaruhi oleh percepatan atau laju yang disebut laju transisi. Laju transisi merupakan pengganti percepatan mortalita untuk asuransi jiwa pada kasus umum.

Misalkan *M* adalah matriks laju transisi berukuran *r x r* dengan jumlah masuk μ_{ij} dan $p_{ij}(t)$ adalah peluang transisi dari *state i* akan perpindah ke *state j* setelah *t* waktu, sehingga laju transisi dinyatakan dengan. (Jones, 1994)

$$\mu_{ij}(\mathrm{t}) = \lim_{x\to\infty} \frac{P_{ij}(t,u)-\delta_{ij}}{u-t}$$

Dengan δ_{ij} disebut dengan *kronecker delta* yaitu :

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i=j \\ 0, & i\neq j \end{cases}$$

Sedangkan laju transisi untuk $i = j$ didefinisikan dengan :

$$\mu_{ij} = (t) = \lim_{\delta x\to 0} \frac{P_{ij}(t,u)-1}{u-t}$$

Sedangkan untuk $i \neq j$ laju transisinya adalah :

$$\mu_{ij}(t) = \lim_{t\to u} \frac{P_{ij}(t,u)}{u-t}$$

Laju transisi untuk $i = j$ dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$\mu_{ij} = (t) = \lim_{\delta x\to 0} \frac{P_{ij}(t,u)-1}{u-t}$$

$$= -\lim_{t\to u} \frac{1-p_{ii}(t,u)}{u-t}$$

$$= -\mu_{ij}(t)$$

Berdasarkan sifat peluang bahwa :

$$P_{ii}(t,u) + \sum_{j\neq i}^{N} P_{ij}(t,u) = 1$$

$$P_{ii}(t,u) - 1 + \sum_{j\neq i}^{N} P_{ij}(t,u) = 1$$

Jika persamaan di atas diubah dalam bentuk limit maka :

$$\lim_{x\to\infty} \frac{P_{ii}(t,u)-1}{u-t} \lim_{x\to\infty} \frac{\sum_{j\neq i}^{N} P_{ii}(t,u)}{u-t} = 0$$

$$\lim_{x\to\infty} \frac{P_{ii}(t,u)-1}{u-t} + \sum_{j\neq i}^{N} \frac{\lim_{x\to\infty} P_{ii}(t,u)}{u-t} = 0$$

$$\mu_{ii}(t) + \sum_{j:j\neq i}^{N} \mu_{ij}(t) = 0$$

$$-\mu_{ii}(t) = \sum_{j:j\neq i}^{N} \mu_{ij}(t)$$

Berdasarkan uraian tentang laju transisi, maka matriks untuk laju transisinya adalah:

$$M(t) = \begin{bmatrix} -\mu_{00}(t) & \mu_{01}(t) & \mu_{02}(t) & \mu_{03}(t) & \mu_{04}(t) \\ \mu_{10}(t) & -\mu_{11}(t) & \mu_{12}(t) & \mu_{13}(t) & \mu_{14}(t) \\ \mu_{20}(t) & \mu_{21}(t) & -\mu_{22}(t) & \mu_{23}(t) & \mu_{24}(t) \\ \mu_{30}(t) & \mu_{31}(t) & \mu_{32}(t) & -\mu_{33}(t) & \mu_{34}(t) \\ \mu_{40}(t) & \mu_{41}(t) & \mu_{42}(t) & \mu_{43}(t) & -\mu_{44}(t) \end{bmatrix}$$

Matriks laju transisi untuk *Markov chain* homogen merupakan matriks dengan laju transisi konstan. Artinya laju transisi konstan sepanjang t waktu. Maka matriks laju transisi untuk *Markov chain* homogen adalah :

$$M = \begin{bmatrix} -\mu_{00} & \mu_{01} & \mu_{02} & \mu_{03} & \mu_{04} \\ \mu_{10} & -\mu_{11} & \mu_{12} & \mu_{13} & \mu_{14} \\ \mu_{20} & \mu_{21} & -\mu_{22} & \mu_{23} & \mu_{24} \\ \mu_{30} & \mu_{31} & \mu_{32} & -\mu_{33} & \mu_{34} \\ \mu_{40} & \mu_{41} & \mu_{42} & \mu_{43} & -\mu_{44} \end{bmatrix} \tag{2.12}$$

Total laju transisi untuk semua *state* i merupakan jumlah semua entri i pada satu baris untuk $i \neq j$ yang dinyatakan dengan :

$$\mu_{i}(t) = \sum_{j:j\neq i}^{N} \mu_{ij}(t)$$

2.3.6 Matriks Infinitesimal Generator

$$M = \begin{bmatrix} -\mu_{00} & \mu_{01} & \mu_{02} & \mu_{03} & \mu_{04} \\ \mu_{10} & -\mu_{11} & \mu_{12} & \mu_{13} & \mu_{14} \\ \mu_{20} & \mu_{21} & -\mu_{22} & \mu_{23} & \mu_{24} \\ \mu_{30} & \mu_{31} & \mu_{32} & -\mu_{33} & \mu_{34} \\ \mu_{40} & \mu_{41} & \mu_{42} & \mu_{43} & -\mu_{44} \end{bmatrix}$$

Menurut Aminah (2015) matriks M di atas disebut *infinitesimal generator* (matriks pembangun) dalam *Markov chain.* $\{X_t ; \geq 0\}$ Dari persamaan (2.), dan dengan menggunakan sifat-sifat laju transisi dapat dicari persamaan diferensial Chapman-Kalmogorof jenis *forward*.

$$\frac{d}{dt}P_{ij} = \sum_{k \neq j} P_{ik}(t)\mu_{kj}(\mathrm{u}) - P_{ij}(t)\mu_{j}(u) \tag{2.13}$$

Dengan :

$P_{ij}(t)$ = Menyatakan peluang transisi dari *state i* akan berpindah ke *state j* setelah *t* waktu.

$\frac{d}{dt}P_{ij}(t) =$ Laju peluang transisi untuk masuk atau keluar *state j* pada *t* waktu.

Dengan melakukan penyederhanaan pada persamaan diferensial (2.13) maka, fungsi peluang transisi yang diperoleh untuk masing-masing elemen dari peluang transisi *p*(t) adalah :

$$P_{ij}(t) = \sum_{k=0}^{4} a_{ik} c_{kj} e^{d_k t} \tag{2.14}$$

Dengan :

$a =$ Vektor eigen

$c =$ Nilai invers

$d =$ Diagonal-diagonal

2.4 Nilai Eigen dan Vektor Eigen

Jika A adalah sebuah matriks $n \times n$, maka sebuah vektor taknol $\boldsymbol{x}$ pada R_n disebut vektor eigen (vektor karakteristik) dari A jika $A\boldsymbol{x}$ adalah sebuah kelipatan skalar dari $\boldsymbol{x}$

$$A\boldsymbol{x} = \lambda\boldsymbol{x}$$

untuk skalar sebarang λ. Skalar λ ini disebut nilai eigen (nilai karakteristik) dari A, dan x disebut sebagai vektor eigen (vektor karakteristik) dari A yang terkait dengan λ (Rahajoeningroem, 2021).

2.5 Asuransi

Asuransi merupakan perjanjian antara perusahaan asuransi (penaggung) dan pemegang polis (tertanggung) dimana tertanggung membayar sejumlah premi untuk mendapatkan pertanggungan atas risiko kerusakan, tanggung jawab hukum kepada pihak ketiga yang mungkin diderita oleh tertanggung, menerima pembayaran yang didasarkan pada meninggal atau hidupnya tertanggung dengan manfaat yang besarnya telah ditetapkan atau didasarkan pada hasil pengolahan data (Badruzaman, 2019).

2.5.1. Asuransi Jiwa

Asuransi jiwa adalah sebuah kontrak di mana seorang pemegang polis membayar premi kepada perusahaan asuransi dalam pertukaran atas jaminan bahwa perusahaan asuransi akan membayar sejumlah uang kepada ahli waris atau pemegang polis pada saat kematian tertanggung atau pada masa kadaluarsa polis, tergantung pada ketentuan yang disepakati. Ini memberikan perlindungan keuangan bagi keluarga dan orang-orang yang tercinta setelah meninggalnya tertanggung. Selain itu, polis asuransi jiwa juga dapat memberikan manfaat lain seperti investasi atau tabungan, tergantung pada jenis polis yang dipilih (Sidabariba, 2023).

2.5.2. Premi Tunggal Asuransi Jiwa

Asuransi jiwa merupakan suatu program atau produk asuransi yang memberikan manfaat (*benefit*) pengalihan risiko atas kehilangan nilai ekonomis hidup seseorang dari tertanggung (nasabah perusahaan asuransi) kepada penanggung (perusahaan asuransi). Jumlah dan waktu pembayaran *benefit* dalam kasus dua state diperoleh oleh panjang interval sejak asuransi diterbitkan sampai dengan tertanggung meninggal. Dalam hal ini, model akan dibentuk dari *benefit function* (b_t) dan *discount factor* (v_t). Nilai b_t diasumsikan sebesar 1 satuan dan v_t adalah faktor diskon dari bunga mejemuk dan diasumsikan laju bunga adalah *deterministic* sehingga tidak ada distribusi peluang untuk laju bunga, dan t adalah panjang interval sejak asuransi dikeluarkan sampai dengan meninggal. Model atau fungsi *present value* dinyatakan dengan

$$Z_t = b_t v_t, \qquad t \geq 0$$

$Z_t =$ untuk b_t 1 satuan sehingga

$$Z_t = v^t$$

Dengan Z_t adalag fungsi *present value* atau peubah acak pembayaran *benefit* pada saat polis asuransi di keluarkan.

Jika *benefit* asuransi tersebut dibayarkan segera pada saat tertanggung meninggal kapan saja maka *benefit* asuransi tersebut berbentuk kontinu dan disebut asuransi jiwa seumur hidup yang kontinu. Menurut Bowers dkk. (1997) premi tunggal bersih (*actuaria present value*) dari asuransi jiwa seumur hidup yang kontinu dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$E(z) = E(z_t) = \int_0^{\infty} v^t \cdot f(t)t$$

(Aminah *et al.*, 2015) Mengemukakan bahwa $f(t)$ merupakan fungsi densitas dari t maka

$$f(t) = P_{ij}\mu_{ij}$$

Berdasarkan persamaan (2.14) maka fungsi densitasnya menjadi

$$f(t) = \sum_{k=0}^{4} a_{ik} c_{kj} e^{d_k t}$$

(Jones, 1994) Menyatakan dalam asuransi, premi tunggal bersih dinotasikan dengan $\bar{A}'_x$ sehingga,

$$\bar{A}^{1}_{x:\overline{n}|ij} = \sum_{k=0}^{4} \frac{1}{(\delta - d_k)} (1 - e^{-(\delta - d_k)n}) a_{ik} c_{kj} e^{d_k t} \tag{2.15}$$

untuk delta *konecker* sama dengan 1 jika $i = j$ dan 0 jika $i \neq j$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

Keterangan:

$\bar{A}^{1}_{x:\overline{n}|ij}$ = Premi tunggal asuransi jiwa berjangka dari *state* i ke j

δ = Delta *konecker*

d_k = Diagonal matriks

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Data Kuantitatif yaitu jenis data yang dapat diukur atau dihitung secara langsung, yang berupa informasi atau penjelasan yang dinyatakan dengan bilangan atau berbentuk angka.

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 4 Oktober 2023 di Rumah Sakit Regional Mamuju. Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat.

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Jenis data sekunder merupakan sumber data yang tidak langsung didapatkan oleh dari objek melalui wawancara dan Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari rumah sakit Regional Mamuju.

3.3. Definisi Operasional Variabel

Adapun variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Status penyakit Demam Berdarah *Dengue* (DBD)

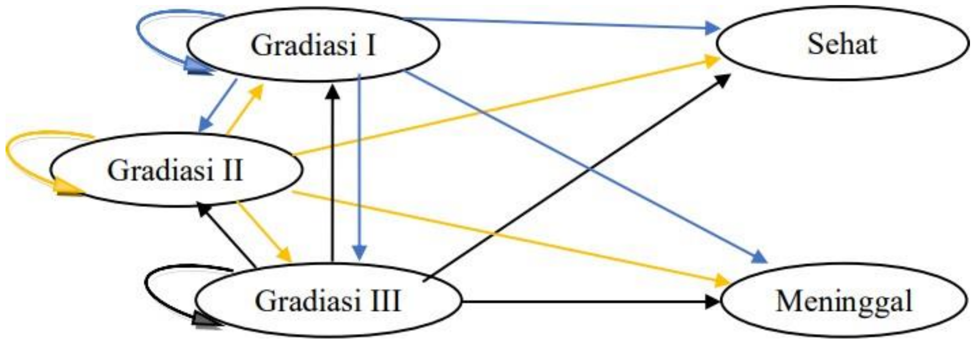
No	Status	Keterangan
1	Keadaan 00	Indikator demam yang disertai dengan gejala tidak khas, satu-satunya uji tourniquet. Perdarahan spontan di kulit dan atau perdarahan lain.
2	Keadaan 01	Indikator didapatkan kegagalan sirkulasi, yaitu nadi cepat dan lembut, tekanan nadi menurun (≤ 20 mmHg) atau hipotensi, sianosis di sekitar mulut, kulit dingin dan lembab, dan anak/pasien tampak gelisah.
3	Keadaan 02	Indikator Syok berat (*profound shock*), nadi tidak dapat diraba dan tekanan darah tidak terukur.
4	Keadaan 03	Indikator demam yang dirasakan sudah meredah, itu nilai keping darah (*trombosit*) sudah kembali mendekati normal.
5	Keadaan 04	Indikator terjadi kematian
6	Keadaan 10	Indikator perdarahan mulai berkurang, akan tetapi masih demam.
7	Keadaan 11	Indikator perdarahan spontan pada kulit dan atau perdarahan lainnya, nadi cepat dan lemah, tekanan nadi menurun (*hipotensi*)
8	Keadaan 12	Indikator hipotensi, kulit basah, dingin, gelisah dan syok berat.
9	Keadaan 13	Indikator perdarahan spontan dan demam sudah meredah, nilai keping darah (*trombosit*) sudah kembali mendekati normal.
10	Keadaan 14	Indikator terjadi kematian

11	Keadaan 20	Indikator gejala syok sudah tidak terlihat, akan tetapi masih demam.
12	Keadaan 21	Indikator gejala syok sudah tidak terlihat, akan tetapi didapatkan kegagalan sirkulasi darah yang ditandai dengan nadi cepat, lemah, dan tekanan darah menyempit (20 mmHg atau kurang).
13	Keadaan 22	Indikator syok berat (*profound syok*), nadi tidak di rabah dan tekanan darah tidak terukur.
14	Keadaan 23	Indikator gejala syok sudah tidak terlihat nilai keping darah (*trombosit*) sudah kembali mendekati normal.
15	Keadaan 24	Indikator terjadi kematian

3.4. Prosedur Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini untuk mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pemodelan asuransi jiwa yang dimodelkan yaitu sebagai berikut :
   a. Menghitung state awal
   b. Menghitung perpindahan state yang diperoleh dari data rekam medis



Gambar 3.1. Perpindahan *state*

Keterangan:

0 = Gradiasi I

00 = keadaan gradiasi I keluar dalam keadaan I

01 = keadaan gradiasi I berpindah ke gradiasi II

02 = keadaan gradiasi I berpindah ke gradiasi III

03 = keadaan gradiasi I keluar dengan keadaan sehat

04 = keadaan gradiasi I keluar dengan keadaan meninggal

1 = Gradiasi II

10 = keadaan gradiasi II berpindah ke keadaan gradiasi I

11 = keadaan gradiasi II keluar dalam keadaan gradiasi II

12 = keadaan gradiasi II berpindah ke gradiasi III

13 = keadaan gradiasi II keluar dengan keadaan sehat

14 = keadaan gradiasi II keluar dengan keadaan meninggal

2 = Gradiasi III

20 = keadaan gradiasi III berpindah ke keadaan gradiasi I

21 = keadaan gradiasi III berpindah ke keadaan gradiasi II

22 = keadaan gradiasi III keluar dalam keadaan gradiasi III

23 = keadaan gradiasi III keluar dengan keadaan sehat

24 = keadaan gradiasi III keluar dengan keadaan meninggal

2. Untuk menentukan premi asuransi menggunakan metode *Markov chain* dengan menggunakan model matriks probabilitas transisi, maka :

   a. Menentukan entrain matriks laju transisi untuk nilai $\mu_{ij}(t)$, yaitu

   $$\mu_{ij}(t) = \lim_{t \to 0} \frac{p_{ij-\delta_{ij}}}{t}$$

   Dimana

   $$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & lainnya \end{cases}$$

   $$\boldsymbol{M} = \begin{bmatrix} -\mu_{00} & \mu_{01} & \mu_{02} & \mu_{03} & \mu_{04} \\ \mu_{10} & -\mu_{11} & \mu_{12} & \mu_{13} & \mu_{14} \\ \mu_{20} & \mu_{21} & -\mu_{22} & \mu_{23} & \mu_{24} \\ \mu_{30} & \mu_{31} & \mu_{32} & -\mu_{33} & \mu_{34} \\ \mu_{40} & \mu_{41} & \mu_{42} & \mu_{43} & -\mu_{44} \end{bmatrix}$$

   b. Dengan memanfaatkan matriks laju transisi, menentukan fungsi peluang transisi dengan Matriks *Infinitesinal Generator* (matriks pembangun), yaitu mencari matriks diogonal (**D**), matriks vektor eigen (**A**), dan invers dari matriks **A** (**C**) dengan persamaan sebagai berikut :

   $$\boldsymbol{P}_{ij}(t) = \sum_{k=0}^{4} a_{ik} c_{kj} e^{d_k t}$$

   c. Menghitung premi bersih dengan persamaan yaitu :

   $$\bar{A}^{1}_{x:\bar{n}|ij} = \sum_{k=0}^{4} \frac{1}{(\delta - d_k)} (1 - e^{-(\delta - d_k)n}) a_{ik} c_{kj} e^{d_k t}$$

Nilai $\bar{A}^{1}_{x:\overline{n}|ij}$ menandakan bahwa premi asuransi jiwa berjangka dari keadaan $\bar{A}^{1}_{x:\overline{1}|00}$ sampai $\bar{A}^{1}_{x:\overline{1}|23}$ adalah premi dalam jangka 1 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

Aminah, S., & Kho, J. (2013). Premi untuk Asuransi Jiwa Berjangka pada Kasus Multistate.

Badruzaman, D. (2019). Perlindungan hukum tertanggung dalam pembayaran klaim asuransi jiwa. Amwaluna: Jurnal Ekonomi dan Keuangan Syariah, 3(1), 96-118.

Bowers, N. L., Gerber, H. U., Hickman, J. C., Jones, D. A. & Nesbitt, C. J. Actuarial Mathematics 2nd Edition, The Society of Actuaries. Itasca : Illinois, 1997

Hermawan, E. (2017). Matematika bisnis. *In Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.* (pp. 5–24).

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). Introduction to operations research. McGraw-Hill.

https://www.google.com/search?q=klaim+asuransi+kesehatan+rawat+inap+tahun+2022-2023&oq=klaim+asuransi+kesehatan+rawat+inap+tahun+2022-2023&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIKCAEQABiABBiiBDIKCAIQABiABBiiBDIKCAMQABiABBiiBDIKCAQQABiABBiiBDIKCAUQABiABBiiBNIBCzEwMjc3OWowajE1qAIAsAIA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

H.M.N Purwosutjipto., 2003, Pengertian pokok hukum dagang indonesia, Djambatan, Jakarta.

Howard Anton, Aljabar Linear Elementer Edisi kedelapan, (Jakarta :Erlangga,2005), h.

Jones, B.L.1994. Actuarial Calculation Using a Markov Model. Trans. Soc. Actuaries

J. Supranto, *Statistik Teori dan Aplikasi,* (Jakarta :Erlangga, 2008),h.332

Karyady, E., Satyahadewi, N., & Perdana, H. (2022). Perhitungan premi asuransi jiwa dengan aplikasi rantai markov pada penderita penyakit jantung di kalimantan barat. *Bimaster: Buletin Ilmiah …*, *11*(1), 167–176.

Kulkarni, Modeling Analysis Design, and Control of Stochastic System. New York : Springer, 1999

Kurniawan, F. A. (2018). Aplikasi *Markov chain* untuk memprediksi tekanan darah. *InComTech: Jurnal Telekomunikasi Dan Komputer*, *8*(2), 103–120. https://doi.org/10.22441/incomtech.v8i2.4087

Lazim, M. (2012). analisis perilaku perpindahan konsumen terhadap pemakaian air mineral dalam kemasan dengan menggunakan *Markov chain* (Studi Kasus: Kecamatan Manyar dan Kecamatan Gresik) (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Gresik).

Nasib, S. K., Nurwan, N., Yanuari, E. D. D., & Macmud, T. (2022). Karakteristik rantai markov pada data curah hujan bulanan stasiun djalaluddin. *JMPM: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, *7*(2), 81–89. https://doi.org/10.26594/jmpm.v7i2.2654

Noeryanti. (2021). Pengantar teori probabilitas. In *teori dan soal penyelesaian* (p. 124). https://www.studocu.com/id/document/universitas-negeri-medan/criticalstudies-on-text-context-and-transgrammatical-semantic-domains/fix-pengantar-teori-probabilitas-noeryanti-perpus/69607772

Nurhamiddin, F., & Hamim, N. (2021). Analisis perpindahan penggunaan merek handphone dikalangan mahasiswa dengan rantai markov. *Jurnal Biosainstek*, *3*(2), 20–31. https://doi.org/10.52046/biosainstek.v3i2.715

Nurhamiddin, F., & Sulisa, F. M. (2019). Peramalan cuaca menggunakan metode rantai markov. *Jurnal Biosainstek*, *2*(01), 16–22. https://doi.org/10.52046/biosainstek.v2i01.312

Otaya, L. G. (2021). Probabilitas bersyarat, independensi dan teorema bayes dalam menentukan peluang terjadinya suatu peristiwa. *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, *4*(1), 68–78.

Rahajoeningroem, T. (2021). Eigen Vektor Dan Value.

Retang, P. A., Salmun, J. A., & Setyobudi, A. (2021). Hubungan Perilaku dengan Kejadian Penyakit Demam Berdarah *Dengue* di Wilayah Kerja Puskemas Bakunase Kota Kupang. Media Kesehatan Masyarakat, 3(1), 63-71.

https://www.kemkes.go.id/id/search?s=data+demam+berdarah+tahun+2021

Ross, S.M. 2010. Introduction to Probabilit Models. 10 th Edition. Elsevier,California

Saputra, A. U., Ariyani, Y., & Dewi, P. (2023). Faktor Yang Berhubungan Dengan Lingkungan Fisik Dan Kebiasaan Keluarga Terhadap Penyakit Demam Berdarah *Dengue* (Dbd). Jurnal'aisyiyah Medika, 8(2). https://www.kemkes.go.id/id/search?s=data+demam+berdarah+tahun+2020

Setyadi, N., & Manullag, S. (2024). Perhitungan premi asuransi pada pasien covid-19 dengan metode *Markov chain*. *Ilmiah Sains Dan Teknologi*, *2*, 41–48.

Sidabariba, A. A., & Pratama, M. H. (2023). perlindungan hukum terhadap lembaga perbankan akibat klaim asuransi jiwa kredit apabila terdapat penolakan pembayaran klaim. Jurnal Notarius, 2(2).

Sugiyarto. (2021). Pengantar statistika matematika 1. In *The Fables of Phaedrus*. https://doi.org/10.7560/724709-004

Spiegel, Murray R. Dkk. Probabilitas dan Statistik, Jakarta: Erlangga, 2004

Syaifuddin, W. hafid, & Choiruddin, A. (2017). Pengantar teori probabilitas dan statistika. In *Вестник Росздравнадзора* (Vol. 4, Issue 1).

V.G. Kulkarni, *modeling, Analysis, Desigen, and Control of Stochatic,* (America:Spinger, 1999), h. 105

Winston, W. L. (2004) Operations research. Fourth, Mathematics in Science and Engineering. Fourth.Canada: Thomson Learning Academic.