APLIKASI ANALISIS RANTAI MARKOV UNTUK MEMPREDIKSI STATUS PASIEN RUMAH SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KABUPATEN BUTON

Siti Nuryam[1)], Arman[1)], Norma Muhtar[1)], Jufra[1)] dan La Gubu[1)]

[1)]Program Studi Matematika, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

E-mail : sitinuryam2@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model rantai Markov dan model peluang *steady state* untuk memprediksi status pasien RSUD Kabupaten Buton. Pengambilan data penelitian diperoleh dari data sekunder Reka Medik RSUD Kabupaten Buton selama tahun 2021. Selanjutnya dilakukan analisis data dengan menggunakan rantai Markov untuk memprediksi status pasien. Proses perhitungan dilakukan dengan membuat program matlab untuk mempermudah perkalian matriks. Data status pasien terlebih dahulu diubah menjadi data probabilitas kemudian dibentuk ke dalam matriks probabilitas transisi. Hasil yang diperoleh untuk status pasien setelah dilakukan analisis rantai Markov adalah perkiraan pada periode ke-5 atau pada tahun 2026 yaitu 92,28% pasien yang masuk dalam keadaan sakit ringan, sedang, dan parah dengan status keluar dalam keadaan membaik, 3,72% pasien yang masuk dalam keadaan sakit ringan, sedang, dan parah dengan status keluar dalam keadaan tidak sembuh, serta 4,01% pasien yang masuk dalam keadaan sakit ringan, sedang, dan parah dengan status keluar dalam keadaan meninggal.

Kata Kunci: status pasien, rantai Markov, dan steady state

ABSTRACT

This research aimed to determine the Markov chain and steady-state probabilities model for predicting patients' status at Regional Public Hospital (RSUD) Buton. The data collection was obtained from medical records of RSUD Buton secondary data in 2021. Further, the data analysis was obtained using the Markov chain to predict patient status. The counting process was obtained by creating a Matlab program to solve matrix multiplication. The Patient data status previously changed onto probability data and then combined into matrix probability transition. The results obtained for the patient status after conducting the Markov chain analysis approximately at the fifth-period or in 2026 would be 92,28% of patients in which hospitalized in ailment, moderate, and severe illness condition with the improved release status, 3.72% of patients in which hospitalized in ailment, moderate, and severe illness condition with the not cured release status, and 4,01% of patients in which hospitalized in ailment, moderate, and severe illness condition with the death release status.

Keywords: *patient status, Markov chain, and steady state*

1. Pendahuluan

Rumah sakit adalah salah satu lembaga yang menyediakan pelayanan kesehatan bagi individu yang membutuhkan perawatan terkait kesehatan (pasien) dengan sarana dan prasarana yang memenuhi standar kelayakan. Seiring dengan bertambahnya populasi manusia dan keadaan perekonomian yang semakin maju, maka kesadaran masyarakat terhadap kesehatan semakin meningkat. Tingginya kesadaraan masyarakat akan pentingnya kesehatan mempengaruhi rumah sakit dalam memberikan pelayanan tepat dan cepat, serta fasilitas yang lengkap agar tercapai kepuasan yang maksimal. Hal ini dapat meningkatkan jumlah pengunjung rumah sakit.

Jumlah kunjungan pasien di suatu rumah sakit pada umumnya setiap tahun selalu mengalami peningkatan. Faktor utama yang menyebabkan naik atau turunnya jumlah pengunjung rumah sakit adalah status pasien rumah sakit. Status pasien rumah sakit merupakan suatu keadaan pasien yang dikelompokkan berdasarkan kondisi yang diderita pasien pada saat masuk hingga keluar dari rumah sakit. Semakin tinggi jumlah pasien yang pulang dalam keadaan sembuh maka semakin tinggi pula jumlah pengunjung, begitu pula sebaliknya semakin rendah jumlah pasien yang pulang dalam keadaan tidak sembuh (meninggal) maka semakin kurang pula jumlah pengunjung di suatu rumah sakit tersebut.

Prediksi status pasien sangat menentukan suatu pembangunan rumah sakit baik dalam hal pembangunan fasilitas sarana dan prasarana rumah sakit seperti pembangunan gedung rumah sakit, ruang rawat inap, ruangan konsultasi, ruang tindakan, dan juga fasilitas alat-alat medis lainnya. Oleh karena itu, rumah sakit membutuhkan penyusunan suatu program dan sebelum program disusun, terlebih dahulu perlu dibuat perencanaan setelah mengetahui ramalan jumlah kunjungan pasien pada masa yang akan datang, karena perencanaan itu adalah kegiatan yang dikerjakan untuk setiap kebutuhan atau aktivitas pada masa-masa mendatang.

Metode yang biasa digunakan untuk memprediksi status pasien dengan menghitung peluangnya adalah analisis rantai Markov yang telah banyak digunakan dan simpel dibandingkan metode mining lainnya, sehingga sangat cocok untuk memprediksi keadaan status pasien di suatu rumah sakit karena dengan melihat keadaan pada masa sekarang dapat memprediksi keadaan pada masa yang akan datang. Model rantai Markov ditemukan oleh seorang ilmuan Rusia yang bernama Andrey Andreyevich Markov pada tahun 1906. Rantai Markov merupakan proses stokastik dimana distribusi bersyarat dari keadaan yang akan datang hanya dipengaruhi oleh keadaan terdekat sebelumnya. Proses stokastik merupakan barisan kejadian yang memenuhi hukum-hukum peluang, setiap nilai yang berubah terhadap waktu dengan cara yang tidak tertentu (dalam ketidakpastian) dikatakan mengikuti proses stokastik.

Rantai Markov terdefinisi oleh matriks peluang transisi. Matriks adalah salah satu cara untuk menuliskan seperangkat bilangan, simbol, atau ekspresi yang disusun dalam baris dan kolom serta ditempatkan di dalam tanda kurung, baik berupa kurung siku maupun kurung biasa. Matriks peluang transisi adalah suatu matriks yang membuat informasi yang mengatur perpindahan sistem dari suatu *state* ke *state* lainnya.

Pengaplikasian analisis rantai Markov dengan menggunakan perkalian matriks transisi digunakan untuk mengetahui peluang persentase status pasien rumah sakit yaitu jumlah pasien yang keluar dalam keadaan sembuh (membaik), tidak sembuh, dan meninggal. Proses ini juga dapat digunakan untuk mencari pada periode keberapa keseimbangan *(steady state)* akan terjadi.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis tertarik untuk menentukan model rantai Markov dalam memprediksi status pasien dan menentukan model peluang *steady state* pada prediksi status pasien RSUD Kabupaten Buton pada tahun 2021 dalam suatu tugas akhir. Untuk selanjutnya diberi judul “Aplikasi Analisis Rantai Markov untuk Memprediksi Status Pasien Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Kabupaten Buton”.

2. Kajian Teori

2.1. Matriks

2.1.1. Pengertian Matriks

Matriks adalah susunan bilangan berbentuk persegi panjang. Angka-angka dalam *array* disebut entri dalam matriks. Ukuran suatu matriks digambarkan dalam bentuk jumlah baris (garis horizontal) dan kolom (garis vertikal) yang dikandungnya. Misalnya, matriks pertama memiliki tiga baris dan dua kolom, jadi ukurannya adalah 3 kali 2 (ditulis 3×2). Dalam ukuran deskripsi, angka pertama selalu menunjukkan jumlah baris, dan yang kedua menunjukkan jumlah kolom.

2.1.2. Operasi Penjumlahan Matriks

2.1.2.1. Penjumlahan dan Pengurangan Matriks

Jika A dan B adalah dua matriks yang ukurannya sama, maka jumlah $A + B$ adalah matriks yang diperoleh dengan menambahkan bersama-sama entri yang bersesuaian dalam kedua matriks tersebut. Matriks yang ukurannya berbeda tidak dapat dijumlahkan. Dua buah matriks $A = [a_{ij}]$ dan $B = [b_{ij}]$ dapat dijumlahkan bila ukuran keduanya sama $(m \times n)$ dan hasilnya adalah matriks $C = [c_{ij}]$ dengan ukuran $(m \times n)$.

Sedangkan pada operasi pengurangan matriks, dua buah matriks $A = [a_{ij}]$ dan $B = [b_{ij}]$ dapat dikurangkan bila ukuran keduanya sama $(m \times n)$ dan hasilnya adalah matriks $A - B = A + (-B)$ dengan ukuran $(m \times n)$.

2.1.2.2. Perkalian Matriks

Dua buah matriks dapat dikalikan jika memiliki kolom matriks pertama yang sama dengan jumlah baris matriks ke dua. Ukuran matriks hasil perkalian dua matriks adalah jumlah baris pertama dikali jumlah kolom kedua. Matriks A memiliki jumlah kolom sebanyak m dan jumlah baris r, matriks B memiliki jumlah kolom sebanyak r dan jumlah baris n, hasil perkalian matriks A dan B adalah matriks C dengan jumlah kolom m dan jumlah baris n.

2.1.3. Determinan Matriks

Determinan adalah nilai skalar yang terkandung dari suatu matriks persegi yang ditulis dengan simbol $\det(A)$ atau $|A|$. Jika nilai determinan itu nol, matriks persegi tersebut singular, artinya tidak memiliki invers. Jika nilai determinan suatu matriks tidak nol, berarti matriks A tersebut *nonsingular*, yaitu matriks tersebut mempunyai invers.

2.1.4. Invers Matriks

Untuk matriks persegi tertentu $A_{n\times n}$, matriks $B_{n\times n}$ yang memenuhi kondisi $AB = I_n$ dan $BA = I_n$ disebut invers dari A dan dilambangkan dengan $B = A^{-1}$, sebaliknya A disebut invers B ditulis $A = B^{-1}$. Sehingga berlaku $AA^{-1} = A^{-1}A = I$, dimana I matriks identitas.

2.2. Probabilitas

Nilai probabilitas yang paling kecil adalah 0 yang berarti bahwa peristiwa yang tidak mungkin terjadi. Sedangkan nilai probabilitas yang terbesar adalah 1 yang berarti bahwa peristiwa tersebut pasti akan terjadi. Jika S mempunyai n anggota dan A sebuah peristiwa yang akan diturunkan dari S, maka

$$P(A) = \frac{n(A)}{n(S)} \tag{1}$$

dimana:

$P(A)$ adalah probabilitas terjadinya peristiwa A
$n(A)$ adalah banyaknya peristiwa A dan
$n(S)$ adalah banyaknya sampel

2.3. Stokastik

Proses stokastik didefinisikan sebagai kumpulan terindeks dari variabel acak $X(t)$ dimana indeks t berjalan melalui himpunan T yang diberikan. Seringkali T diambil sebagai himpunan bilangan bulat *non negative*, dan $X(t)$ mewakili karakteristik minat yang dapat diukur pada waktu t.

2.4. Rantai Markov

Rantai Markov *(Markov-Chain)* adalah suatu teknik matematika yang biasa digunakan untuk melakukan pemodelan *(modeling)* bermacam-macam sistem dan proses bisnis. Teknik ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan-perubahan di waktu yang akan datang dalam variabel dinamis tersebut di waktu yang lalu.

Secara matematis persamaan rantai Markov dapat ditulis sebagai berikut:

$$K_n = P \times K_{n-1} \tag{2}$$

dimana:

K_n : peluang kejadian ke n
K_{n-1} : peluang kejadian ke $n-1$
P : probabilitas transisional

2.5. Matriks Peluang Transisi

Matriks peluang trasnsisi adalah matriks yang mengatur perpindahan sistem dari suatu *state* ke *state* lainnya. Matriks peluang transisi sering disebut juga matriks stokastik karena peluang transisi P_{ij} adalah tetap dan tidak bergantung pada waktu i, dimana P_{ij} adalah peluang transisi satu langkah yang bergerak dari keadaan i ke keadaan j.

2.5.1. Matriks Peluang Transisi Satu Langkah

Jika sebuah rantai Markov $P\{X(n+1) = j|X_n = i\} = P_{ij}$ dengan ruang *stated* $\{n = 0,1,2,\dots\}$, maka nilai P_{ij} merupakan peluang bahwa ketika berada dalam *state* i, selanjutnya proses akan melakukan transisi ke *state* j.

2.5.2. Matriks Peluang Transisi n Langkah

Peluang transisi n langkah $P_{ij}^{(n)}$, adalah peluang bersyarat suatu sistem yang berada pada *state* i akan berada pada *state* j setelah proses mengalami n transisi. Jadi $P_{ij}^{(n)} = P\{X_{t+n} = j|X_t = i\}$.

Oleh karena $P_{ij}^{(n)}$ adalah peluang bersyarat, peluang tersebut harus bernilai *non negative*, dan oleh karena prosesnya harus membuat perubahan ke *state* yang lain maka peluang tersebut harus memenuhi sifat berikut ini:

1. $P_{ij}^{(n)} \geq 0$, untuk semua i dan j; $n = 0, 1, 2, \dots, M$
2. $\sum_{j=0}^{M} P_{ij}^{(n)} = 1$ untuk semua i; $n = 0, 1, 2, \dots, M$

Elemen-elemen dan matriks transisi yang lebih tinggi $P_{ij}^{(n)}$ dapat diperoleh secara langsung dengan perkalian matriks. Jadi

$$P_{ij}^{(2)} = P_{ij} \times P_{ij} = P^2$$
$$P_{ij}^{(3)} = P_{ij}^{(2)} \times P_{ij} = P^3$$

dan secara umum,

$$P_{ij}^{(n)} = P_{ij}^{(n-1)}.P_{ij} = P^n \tag{3}$$

dimana:

$P_{ij}^{(n)}$ = matriks peluang transisi n-langkah
$P_{ij}^{(n-1)}$ =matriks peluang transisi $n-1$ langkah
P_{ij} = matriks peluang transisi satu langkah

2.6. Peluang *Steady State*

Peluang *steady state* adalah peluang peralihan di masa depan akan menjadi tidak bergantung dari keadaan awal. Peluang peralihan pada tingkat keadaan seimbang *(steady state)* merupakan peluang peralihan yang sudah mencapai keseimbangan sehingga tidak akan berubah terhadap perubahan waktu yang terjadi. Prinsip ini digunakan untuk mengamati ada beberapa *state* untuk mengetahui keuntungan, lamanya proses, biaya dari usaha yang dilakukan. Akibatnya dapat diramalkan kejadian yang terjadi setelah n langkah.

Pembahasan rantai Markov ini, keseimbangan menjelaskan bagaimana perubahan-perubahan variabel di dalam sistem itu akhirnya membawa $K_{t(j)}$ dalam kondisi yang tidak berubah-rubah lagi atau stabil. Secara matematis $K_{t(j)} = P \times K_{t(j-1)}$ maka kondisi ekuilibrium akan tercapai jika:

$$K_{t(j)} = P \times K_{t(eq)} \tag{4}$$

2.7. *Software* Matlab

Matlab *(Matriks Laboratory)* adalah suatu program untuk analisis dan komputasi numerik dan merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Deskripsi Data

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Buton berupa data jumlah status pasien yang masuk dan keluar selama tahun 2021.

Pasien yang dirawat di RSUD Kabupaten Buton selama tahun 2021 dikelompokkan kedalam tiga keadaan yaitu keadaan sakit ringan, sakit sedang, dan sakit parah. Begitu pula untuk pasien yang keluar dikelompokkan menjadi tiga keadaan yaitu pasien yang keluar dalam keadaan sembuh (membaik), pasien yang keluar dalam keadaan tidak sembuh, dan pasien yang keluar dalam keadaan meninggal. Keadaan-keadaan ini diperoleh langsung dari data rekam medik RSUD Kabupaten Buton, dimana untuk masing-masing keadaannya akan dihitung jumlahnya. Setelah dihitung jumlahnya, data tersebut dianaisis dengan menggunakan metode rantai Markov yang dimulai dengan menghitung probabilitas masing-keadaan, kemudian dibentuk menjadi matriks peluang transisi untuk kemudian dilihat gerakan-gerakan variabelnya pada masa mendatang sampai dapat mencapai keadaan *steady state* (seimbang).

Berdasarkan data yang diperoleh dari RSUD Kabupaten Buton, jumlah status pasien yang masuk dan keluar selama tahun 2021 ditampilkan pada Tabel 3.1.1 berikut ini:

Tabel 3.1.1 Jumlah Status Pasien RSUD Kabupaten Buton selama Tahun 2021

Status Masuk (i)	Status Keluar (j)			Total
	Membaik (1)	Tidak Sembuh (2)	Meninggal (3)	
Ringan (1)	480	18	19	**517**
Sedang (2)	497	19	19	**535**
Parah (3)	405	48	62	**515**
Total	**1382**	**85**	**100**	**1567**

3.2. Analisis Rantai Markov

Rantai Markov adalah suatu metode yang mempelajari sifat-sifat suatu variabel pada masa sekarang yang didasarkan pada sifat-sifatnya pada masa lalu dalam usaha menaksir sifat-sifat variabel tersebut dimasa yang akan datang, yang merupakan bentuk khusus dari model probabilistik yang lebih umum dikenal dengan proses stokastik. Proses stokastik $X(t)$ disebut Markov jika berlaku

$$P\{X(t) \in A | X(t_1) \in A_1, \dots, X(t_n) \in A_n\} = P\{X(t) \in A | X(t_n) \in A_n\}$$

atau dalam bentuk yang lebih mudah dipahami yaitu

$$P\{masa\ datang | masa\ lalu, sekarang\} = P\{masa\ datang | sekarang\}$$

Penggunaan rantai Markov pada suatu masalah memerlukan pemahaman terhadap tiga keadaan yaitu keadaan awal, keadaan transisi, dan keadaan setimbang.

3.1.1. Probabilitas dari Setiap Keadaan

Untuk memperoleh matriks probabilitas transisi digunakan Persamaan (1), karena i menunjukkan status masuk dan j menunjukkan status keluar maka

$$P_{ij} = \frac{n(ij)}{n(S_{ij})},$$

dimana:

P_{ij} adalah probabilitas pasien yang masuk dalam keadaan i dan keluar dalam keadaan j

$n(ij)$ adalah banyaknya pasien yang masuk dalam keadaan i dan keluar dalam keadaan j

$n(S_{ij})$ adalah banyaknya sampel pasien yang masuk dalam keadaan i dan keluar dalam keadaan j

Sehingga berdasarkan data pada Tabel 3.1.1 diperoleh nilai-nilai peluang sebagai berikut:

$P_{11} = \frac{n(11)}{n(s_{11})} = \frac{480}{517} = 0,9284$

$P_{12} = \frac{n(12)}{n(s_{12})} = \frac{18}{517} = 0,0348$

$P_{13} = \frac{n(13)}{n(s_{13})} = \frac{19}{517} = 0,0368$

$P_{21} = \frac{n(21)}{n(s_{21})} = \frac{497}{535} = 0,9290$

$P_{22} = \frac{n(22)}{n(s_{22})} = \frac{19}{535} = 0,0355$

$P_{23} = \frac{n(23)}{n(s_{23})} = \frac{19}{535} = 0,0355$

$P_{31} = \frac{n(31)}{n(s_{31})} = \frac{405}{515} = 0,7864$

$P_{32} = \frac{n(32)}{n(s_{32})} = \frac{48}{515} = 0,0932$

$P_{33} = \frac{n(33)}{n(s_{33})} = \frac{62}{515} = 0,1204$

3.2.2. Matriks Probabilitas

Nilai-nilai peluang dari masing-masing keadaan selanjutnya disusun kedalam tabel. Tabel ini berisikan informasi mengenai nilai peluang setiap keadaan. Agar mudah dipahami nilai-nilai peluang ini diletakkan berdasarkan posisi yang bersesuaian, untuk lebih jelasnya ditampilkan pada Tabel 3.2.1 berikut:

Tabel 3.2.1 Matriks Probabilitas Transisi

Status Masuk (i)	Status Keluar (j)			Total
	Membaik (1)	Tidak Sembuh (2)	Meninggal (3)	
Ringan (1)	0,9284	0,0348	0,0368	1
Sedang (2)	0,9290	0,0355	0,0355	1
Parah (3)	0,7864	0,0932	0,1204	1

Berdasarkan Tabel 3.2.1 terlihat bahwa jumlah peluang setiap barisnya adalah 1 dan memenuhi asumsi rantai Markov, kemudian nilai-nilai tersebut disusun kedalam matriks dengan formasi dibawah ini

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix}$$

Dengan formasi matriks berukuran 3×3 diatas maka dihasilkan matriks peluang transisi awal dengan jumlah peluang setiap barisnya sama dengan 1, matriksnya sebagai berikut

$$P = \begin{bmatrix} 0,9284 & 0,0348 & 0,0368 \\ 0,9290 & 0,0355 & 0,0355 \\ 0,7864 & 0,0932 & 0,1204 \end{bmatrix}$$

Untuk menghitung matriks peluang transisi kedua atau P^2 digunakan Persamaan (3) yaitu persamaan rantai Markov yang akan menjelaskan gerakan-gerakan beberapa variabel dalam satu periode waktu dimasa yang akan datang berdasarkan pada gerakan-gerakan variabel tersebut dimasa kini.

Secara matematis dapat ditulis:

$$P_{ij}^n = P_{ij}^{n-1}.P_{ij} = P^n$$

dengan:

P_{ij}^n = Matriks peluang transisi n- langkah

P_{ij}^{n-1} = Matriks peluang transisi $n-1$ langkah

P_{ij} = Matriks peluang transisi satu langkah

Sehingga untuk menghasilkan matriks peluang transisi setiap langkahnya dijabarkan sebagai berikut:

- Matriks Peluang Transisi Langkah ke-2

  $P_{ij}^2 = P_{ij}^{2-1}.P_{ij} = P^2$

  $P_{ij}^2 = P_{ij}.P_{ij} = P^2$

  $P_{ij}^2 = \begin{bmatrix} 0,9284 & 0,0348 & 0,0368 \\ 0,9290 & 0,0355 & 0,0355 \\ 0,7864 & 0,0932 & 0,1204 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} 0,9284 & 0,0348 & 0,0368 \\ 0,9290 & 0,0355 & 0,0355 \\ 0,7864 & 0,0932 & 0,1204 \end{bmatrix} = P^2$

  $P_{ij}^2 = \begin{bmatrix} 0,9232 & 0,0370 & 0,0398 \\ 0,9234 & 0,0369 & 0,0397 \\ 0,9114 & 0,0419 & 0,0467 \end{bmatrix} = P^2$

- Matriks Peluang Transisi Langkah ke-3

  $P_{ij}^3 = P_{ij}^{3-1}.P_{ij} = P^3$

  $P_{ij}^3 = P_{ij}^2.P_{ij} = P^3$

  $P_{ij}^3 = \begin{bmatrix} 0,9232 & 0,0370 & 0,0398 \\ 0,9234 & 0,0369 & 0,0397 \\ 0,9114 & 0,0419 & 0,0467 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} 0,9284 & 0,0348 & 0,0368 \\ 0,9290 & 0,0355 & 0,0355 \\ 0,7864 & 0,0932 & 0,1204 \end{bmatrix} = P^3$

  $P_{ij}^3 = \begin{bmatrix} 0,9228 & 0,0372 & 0,0400 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0400 \\ 0,9218 & 0,0376 & 0,0406 \end{bmatrix} = P^3$

- Matriks Peluang Transisi Langkah ke-4

  $P_{ij}^4 = P_{ij}^{4-1}.P_{ij} = P^4$

  $P_{ij}^4 = P_{ij}^3.P_{ij} = P^4$

  $P_{ij}^4 = \begin{bmatrix} 0,9228 & 0,0372 & 0,0400 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0400 \\ 0,9218 & 0,0376 & 0,0406 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} 0,9284 & 0,0348 & 0,0368 \\ 0,9290 & 0,0355 & 0,0355 \\ 0,7864 & 0,0932 & 0,1204 \end{bmatrix} = P^4$

  $P_{ij}^4 = \begin{bmatrix} 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9227 & 0,0372 & 0,0401 \end{bmatrix} = P^4$

- Matriks Peluang Transisi Langkah ke-5

  $P_{ij}^5 = P_{ij}^{5-1}.P_{ij} = P^5$

  $P_{ij}^5 = P_{ij}^4.P_{ij} = P^5$

  $P_{ij}^5 = \begin{bmatrix} 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9227 & 0,0372 & 0,0401 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} 0,9284 & 0,0348 & 0,0368 \\ 0,9290 & 0,0355 & 0,0355 \\ 0,7864 & 0,0932 & 0,1204 \end{bmatrix} = P^5$

$$P_{ij}^{5} = \begin{bmatrix} 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \end{bmatrix} = P^{5}$$

Dengan cara yang sama dihasilkan matriks-matriks peluang transisi P^6, P^7, P^8, sampai dengan P^{17} dan untuk mempermudah perhitungan dalam perkalian matriks digunakan *software* Matlab.

3.3. *Steady State*

Dari program Matlab yang telah dibuat, kasus pada contoh data Tabel 3.1.2 mengalami *steady state* pada langkah ke-lima, sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan selanjutnya untuk langkah ke-enam dan seterusnya, karena sistem sudah seimbang dan tidak bergantung lagi terhadap perubahan waktu. *Steady state* juga sering disebut dengan istilah ekuilibrium, yaitu istilah untuk menandai terjadinya keseimbangan antara dua kekuatan yang saling mencari kondisi yang saling menguntungkan bagi masing-masing.

Matriks yang diperoleh dalam keadaan *Steady state* adalah sebagai berikut:

$$P^{5} = \begin{bmatrix} 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \end{bmatrix}$$

Dalam keadaan ekuilibrium artinya sistem sudah seimbang, dengan menggunakan Persamaan (4) akan menghasilkan,

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

$$K_{t(6)} = \begin{bmatrix} 0,9284 & 0,0348 & 0,0368 \\ 0,9290 & 0,0355 & 0,0355 \\ 0,7864 & 0,0932 & 0,1204 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \end{bmatrix}$$

$$K_{t(6)} = \begin{bmatrix} 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \end{bmatrix} = P^{6}$$

Matriks di atas sudah mengalami *steady state* (seimbang). Peluang peralihan pada keadaan seimbang merupakan peluang peralihan yang sudah mencapai keseimbangan sehingga tidak akan berubah terhadap perubahan waktu yang terjadi.

Terlihat bahwa ketiga baris mempunyai elemen-elemen yang sama, jadi probabilitas transisi sudah berada dalam keadaan seimbang pada periode ke-5 yaitu pada tahun 2026 dan untuk periode ke-6, ke-7, ke-8, dan seterusnya akan diperoleh matriks yang sama karena proses sudah mencapai *steady state*.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Model rantai Markov untuk memprediksi status pasien RSUD Kabupaten Buton dengan menggunakan perkalian matriks transisi pada tahun 2021 adalah sebagai berikut:
$$P = \begin{bmatrix} 0,9284 & 0,0348 & 0,0368 \\ 0,9290 & 0,0355 & 0,0355 \\ 0,7864 & 0,0932 & 0,2304 \end{bmatrix}$$
2. Model peluang *steady state* berada pada langkah ke-lima yang dihasilkan dari perkalian matriks menggunakan *software* Matlab sebagai berikut:
$$P = \begin{bmatrix} 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \\ 0,9228 & 0,0372 & 0,0401 \end{bmatrix}$$
   a. Peluang pasien yang masuk rumah sakit dalam keadaan sakit ringan, sakit sedang, dan sakit parah dengan status keluar dalam keadaan sembuh (membaik) pada tahun 2026 dalam keadaan seimbang tanpa memperhitumgkan keadaan awal yaitu sebesar 0,9228 atau 92,28% pasien.
   b. Peluang pasien pasien yang masuk rumah sakit dalam keadaan sakit ringan, sakit sedang, dan sakit parah dengan status keluar dalam keadaan tidak sembuh pada tahun 2026 dalam keadaan seimbang tanpa memperhitumgkan keadaan awal yaitu sebesar 0,0372 atau 3,72% pasien.
   c. Peluang pasien pasien yang masuk rumah sakit dalam keadaan sakit ringan, sakit sedang, dan sakit parah dengan status keluar dalam keadaan meninggal pada tahun 2026 dalam keadaan seimbang tanpa memperhitumgkan keadaan awal yaitu sebesar 0,0401 atau 4,01% pasien.

4.2. Saran

Adapun yang dapat penulis sarankan untuk penelitian selanjutnya yang sejenis yaitu melanjutkan penelitian dengan menambah ukuran keadaan dan dapat memberikan informasi ke rumah sakit agar dapat membantu pada proses perencanaan pembangunan maupun proses pembuatan Sistem Informasi Manajemen Rumah Sakit yang bersangkutan.

Ucapan Terimakasih. Penulis menyampaikan terimaksi yang setulus-tulusnya kepada dosen pembimbing atas segala curahan perhatiannya sehingga tulisan ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terimaksis kepada seluruh pihak yang turut andil dalam penelitian ini baik langsung maupun tidak langsung.

Daftar Pustaka

[1] Allo, D. G., Hatidja, D., dan Paendong, M. (2013). Analisis Rantai Markov untuk Mengetahui Peluang Perpindahan Merek Kartu Seluler Pra Bayar GSM (Studi Kasus Mahasiswa Fakultas Pertanian Unsrat Manado). *Jurnal MIPA UNSRAT Online*, *2*, 17–22.

[2] Alodokter. 2019. *Perbedaan Antara Penyakit Ringan, Berat, dan Sedang*. https://www.alodokter.com/komunitas/topik/tanya-definisi. Diakses pada 27 Mei 2022.

[3] Anton, H. dan Kaul, A. (2019). *Elementary Linear Algebra.* Inggris: Wiley.

[4] Anton, H. dan Rorres, C. (2004). *Elementary Linear Algebra In American College of Radiology Network*. Inggris: Wiley.

[5] Bakri, N. (2018). *Analisis Persaingan Industri Televisi Berbayar Menggunakan Rantai Markov*. [Skripsi]. Program Studi. Matematika Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri (UIN) Alaudin.

[6] Cahyono, B. (2013). Penggunaan Software Matriks Laboratory (MATLAB) dalam Pembelajaran Aljabar Linier. *Jurnal Phenomenon*, *1*, 45–62.

[7] Hillier, F. S dan Lieberman, G. J. (2001). *Introduction to Operations Research*. Boston: McGraw-Hill.

[8] Irwan, M. (2017). Pengantar Matlab untuk Sistem Persamaan Linear. *Jurnal MSA*, *5*, 1–6.

[9] Langi, Y. A. R. (2011). Penentuan Klasifikasi State pada Ratai Markov dengan Menggunakan Nilai Eigen dari Matriks Peluang Transisi. *Jurnal Ilmiah Sains*, *11*, 124–130.

[10] Loban, J. M. dan Libing, S. B. (2021). Aplikasi Analisis Rantai Markov Untuk Memprediksi Status Pasien Rumah Sakit Daerah Kalabahi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *7,* 163–167.

[11] Masita, F., Martha, S., dan Fran, F. (2019). Beberapa Sifat Kronecker Product. *Bimaster*, 08, 745-750.

[12] Masuku, F. N., Langi, Y. A. R., dan Mongi, C. (2018). Analisis Rantai Markov untuk Memprediksi Perpindahan Konsumen Maskapai Penerbangan Rute Manado-Jakarta. *Jurnal Ilmiah Sains*, *18*, 75–79.

[13] Meyer, C. D. (2001). *Matrix Analysis and Applied Linear Algebra*. Inggris: SIAM.

[14] Novianti, D., Syaripuddin, dan Nasution, Y. N. (2015). Aplikasi Rantai Markov dalam Memprediksi Pangsa Pasar (Market Share) Pengguna Handphone (Stdudi Kasus: Pengguna Handphone pada Kalangan Mahasiswa Program Studi Statistika FMIPA UNMUL Tahun 2014). *Jurnal Eksponensial*, *6*, 1–10.

[15] Oktaviyani, Dwijanto, dan Supriyono. (2018). Optimasi Penjadwalan Produksi dan Perencanaan Persediaan Bahan Baku Menggunakan Rantai Markov (Studi Kasus Kinken Cake & Bakery Kutoarjo). *UNES Journal of Mathematics*, *7,* 165–180.

[16] Putri, N. N. dan Muliawati, T. (2021). Analisis Rantai Markov dalam Memprediksi Status Pasien COVID-19 di Indonesia. *Indonesian Journal of Applied Mathematics*, *1*, 44–50.

[17] Rizanti, I. N. dan Soehardjoepri. (2017). Prediksi Produksi Kayu Bundar Kabupaten Malang dengan Menggunakan Metode Markov Chains. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *6*, 100–103.

[18] Rofiroh, Firdaus, F. D. N., dan Salim. (2020). Aplikasi Rantai Markov pada Prediksi Hari Bersalju di Beberapa Kota Amerika Serikat. *Jurnal Statistika Dan Matematika*, *2*, 131–141.

[19] Syafruddin S, Irma S, dan Sukarna. (2014). Aplikasi Analisis Rantai Markov untuk Memprediksi Status Pasien Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Barru. *Online Jurnal of Natural Science*, *3*, 313–321.

[20] Side, S. dan Syahrana. (2015). Aplikasi Invers Matriks dalam Pembentukan Pesan Rahasia. *Jurnal Teknosains*, *9*, 27–39.

[21] Wardani, R. (2017). Trend Analisis Peningkatan Jumlah Kunjungan Pasien ditinjau dari Marketing Mix. *Jurnal IKESMA*, *13*, 52–58.

Diterima pada tanggal 25 Mei 2022.
Terbit online pada tanggal 28 Juli 2022