

PENGELOMPOKAN DAN PENERAPAN RANTAI MARKOV UNTUK PREDIKSI PRODUKSI PADI DAN LAHAN PANEN DI KALIMANTAN BARAT

Aisyah Ulfah^{1*}, Sudarno², Rahmila Dapa³

^{1,2,3}Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

*e-mail: aisyahulfah21@gmail.com

DOI: 10.14710/j.gauss.14.2.280-289

Article Info:

Received: 2024-07-20

Accepted: 2025-09-11

Available Online: 2025-09-17

Keywords:

Cluster Time Series; Markov Chain; Silhouette Coefficient; Average Linkage; Harvested Land; Rice Production.

Abstract: The population growth rate in Indonesia is very high. This causes the need for rice to also increase. The increase in population growth is not matched by the growth of harvested land. This causes the area of harvested land to decrease because a lot of land is converted into settlements. Rice production and harvest land in West Kalimantan has decreased in the period 2019 to 2021. The purpose of this study is to classify and predict rice production and harvest land in West Kalimantan. In this research, the clustering method used is Cluster Time Series with Average Linkage method. Average Linkage is one of the hierarchical groupings based on the average distance between objects. The Silhouette Coefficient value is used to determine the optimal number of clusters. This research also uses the Markov Chain method to predict rice production and harvestable land. Markov chain is a stochastic process that explains future events only depend on today's events and do not depend on past circumstances. The results of this study obtained two clusters and many districts/cities are in clusters that have low rice production and harvest land. The prediction results of rice production and harvested land in Kalimantan have the greatest chance of experiencing a decline.

1. PENDAHULUAN

Padi memiliki nama latin *oriza sativa* adalah sebuah komoditas pertanian yang penting dalam kehidupan umat manusia, yaitu menjadi sumber karbohidrat utama bagi kebanyakan penduduk di dunia. Produksi padi di Indonesia sendiri termasuk komoditas pertanian terbanyak kedua setelah kelapa sawit (Kemendag, 2012).

Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi padi, salahsatu faktor yang sangat mempengaruhi yaitu luas lahan, Jika luas lahan yang digunakan untuk menanam padi semakin besar, maka hasil panen berpotensi semakin besar juga (Ramadhona dkk, 2018).

Berdasarkan data dari BPS Indonesia tahun 2019 sampai 2021, provinsi dengan jumlah produksi padi terbanyak adalah Jawa Timur, setelah itu Jawa Tengah, dan Jawa Barat. Provinsi-provinsi tersebut adalah provinsi yang selalu mengalami kenaikan produksi padi dan lahan panen pada tiga tahun terakhir, akan tetapi terdapat juga provinsi di Indonesia yang selalu mengalami penurunan produksi padi dan lahan panen dalam tiga tahun terakhir, salah satunya adalah Kalimantan Barat.

Cluster time series adalah teknik yang dikembangkan untuk mengelompokkan data *time series*. Pembentukan *cluster time series* itu lebih efektif daripada membentuk *cluster* untuk setiap unit, karena hal tersebut bisa diterapkan pengelompokan lebih dari satu periode (Hendrawati,2021). Pengukuran jarak kesamaan dalam *cluster time series* salah satunya menggunakan *Dynamic Time Warping*.

Analisis Rantai Markov dapat digunakan dalam segala bidang kehidupan, karena memberikan informasi tentang kemungkinan perubahan-perubahan kondisi di waktu yang

akan datang. Informasi yang berhubungan dengan keadaan di masa yang akan datang tidak bisa ditentukan secara pasti, akan tetapi hanya bisa diramalkan atau diprediksi (Suhartono, 2013).

Penelitian ini bertujuan menggunakan *cluster time series* metode *average linkage* dengan pengukuran jarak *Dyanamic Time Warping* untuk mengelompokkan kabupaten/ kota di Provinsi Kalimantan Barat berdasarkan produksi padi dan lahan panen pada periode tahun 2019 sampai 2021. Penelitian ini juga bertujuan menggunakan metode Rantai Markov waktu diskrit untuk memprediksi produksi padi dan luas lahan panen di Kalimantan Barat pada periode Januari 2019 -Desember 2021.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Produksi padi merupakan hasil pertanian yang dihasilkan melalui penanaman bibit padi, perawatan dan pemupukan dengan teratur, akhirnya didapatkan hasil produksi padi yang dapat dimanfaatkan. Lahan pertanian adalah hal yang sangat penting pada proses produksi maupun usaha tani dan usaha pertanian, jika lahan pertanian semakin luas maka jumlah produksi yang dihasilkan oleh lahan tersebut bertambah banyak. Panen adalah kegiatan mengambil hasil produksi setelah tanaman tersebut sudah cukup umur. Menurut pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa lahan panen adalah luas tanah berisi tanaman yang sudah siap panen (Kemendag, 2012).

Analisis *cluster time series* membutuhkan algoritma dan prosedur pengelompokan yang berbeda dari data *cross-section*. Prosedur yang berbeda dilakukan karena data time series adalah sekumpulan nilai pengamatan yang didapat dari waktu yang berbeda dengan interval waktu yang sama (Liao, 2005).

Analisis *cluster* adalah proses pengelompokan objek dimana anggota pada satu kelompok berisi objek yang mirip satu sama lain. Pada analisis *cluster*, terdapat dua metode yaitu metode non-hirarki dan metode hirarki. Pada metode hirarki sendiri terdapat metode *single linkage*, metode *average linkage*, metode *complete linkage*, metode *ward*, dan metode *centroid*. Metode yang termasuk metode non-hirarki yaitu metode K-Means (Nugroho, 2008).

Menurut Johnson dan Wichern (2007), metode *Average Linkage* merupakan sebuah metode pengelompokan yang berdasarkan jarak rata-rata antar *cluster*. *Average Linkage* dapat dihitung dengan rumus:

$$d_{(UV)X} = \frac{\sum_a \sum_b d_{ab}}{n_{(UV)}n_X}$$

dengan

d_{ab} = jarak antar objek a dalam *cluster* (UV) dan objek b dalam *cluster* (X)

$n_{(UV)}$ = jumlah objek dalam *cluster* (UV)

n_X = jumlah objek dalam *cluster* (X)

Menurut Niennattrakul dan Ratanamahatana (2007), *Dynamic Time Warping* (DTW) menggunakan teknik pemrograman dinamis untuk menemukan semua jalur yang mungkin dan menghasilkan jarak minimum antara dua deret waktu menggunakan matriks jarak. Menurut Senin (2005), Dua *time series* yaitu $Y = y_1, y_2, \dots, y_r, \dots, y_m$ dan $G = g_1, g_2, \dots, g_s, \dots, g_m$, pertama dibuat matriks yang berukuran $n \times m$ dibentuk oleh elemen (r, s) , elemen (r,s) dapat didefinisikan $d_{rs} = |y_r - g_s|$. Penyelarasan antara dua *time series* diwakili oleh sebuah *warping path* $W = w_1, w_2, \dots, w_f, \dots, w_F$, *warping path* yang dilalui harus memenuhi kriteria *monotonic*, *boundary*, dan *contiuity*. Penyelarasan terbaik diperoleh dari *warping path* melalui matriks yang meminimalkan jarak kumulatif untuk

menyelaraskan titik-titiknya dan jarak kumulatif terkecil disebut sebagai jarak DTW. Oleh karena itu, jarak DTW dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$DTW(Y, G) = \min_W \left[\sum_f^F d_{w_f} \right]$$

dengan

w_f = elemen (r, s) ke- f pada *warping path*

F = panjang *warping path*

Menurut Kaufman dan Roussuw (1990) koefisien *silhouette* adalah metode validasi dan penafsiran data untuk melihat kualitas sebuah *cluster*. Formula *silhouette* dapat ditulis sebagai berikut:

$$s(z) = \frac{b(z) - a(z)}{\max(a(z), b(z))}$$

dengan

$s(z)$ = nilai indeks *silhouette* data ke- z

$a(z)$ = rata-rata jarak antar anggota dalam *cluster*

$b(z)$ = jarak paling kecil antar anggota *cluster* dengan anggota *cluster* terdekatnya

sedangkan koefisien *silhouette* dihitung dengan cara mencari rata-rata dari $s(z)$, seperti berikut ini:

$$SC = \frac{1}{n} \sum_{z=1}^n s(z)$$

Kriteria dari nilai koefisien *silhouette* dalam ketepatan dan kualitas hasil *cluster* sebagai berikut:

Tabel 1. Kriteria Koefisien *Silhouette*

Koefisien <i>Silhouette</i>	Kategori <i>Cluster</i>
0,71–1,00	<i>Strong classification</i>
0,51–0,70	<i>Good classification</i>
0,26–0,50	<i>Weak classification</i>
0,00 –0,25	<i>Bad classification</i>

Rantai Markov waktu diskrit adalah salahsatu dari proses stokastik yang menjelaskan tentang keadaan pada masa yang akan datang hanya bergantung pada keadaan hari ini dan tidak bergantung dengan keadaan kemarin (Langi, 2009). Rantai Markov disebut rantai Markov waktu diskrit jika:

$$P\{X_{t+1} = j | X_0 = i_0, X_1 = i_1, X_{t-1} = i_{t-1}, X_t = i\} = P\{X_{t+1} = j | X_t = i\} = p_{ij}$$

untuk $t = 0, 1, 2, \dots$

Menurut Syauqi (2022), matriks peluang transisi merupakan sebuah matriks yang memuat peluang transisi sistem dari satu *state* ke *state* yang lainnya. Bentuk matriks peluang transisi sebagai berikut:

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix}$$

dengan

$p_{ij} \geq 0$ untuk $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$

$\sum_{j=0}^{\infty} p_{ij} = 1$ untuk $i=1, 2, 3, \dots, n$

Menurut Hillier dan Lieberman (2008), persamaan Chapman-Kolmogorov adalah sebuah metode yang digunakan untuk menghitung peluang dari transisi k -langkah. Persamaan Chapman-Kolmogorov dinyatakan sebagai berikut:

$$p_{ij}^{(k)} = \sum_{v=1}^{\infty} p_{iv}^{(h)} p_{vj}^{(k-h)}.$$

untuk semua $i = 1, 2, \dots; j = 1, 2, \dots; h = 1, 2, \dots, k - 1; k = h + 1, h + 2, \dots$

Menurut Syauqi (2022), sistem pada rantai Markov mula-mula berada pada *state* i dan berpindah pada *state* j setelah k -langkah dengan peluang yang dikasih oleh (i, j) pada matriks \mathbf{P} . Vektor baris dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$P^k = (P_1^k, P_2^k, \dots), k = 1, 2, \dots$$

Peluang p_{ij}^k adalah peluang transisi setelah k -langkah, oleh karena itu p_{ij}^k merupakan elemen-elemen dari \mathbf{P}^k , maka persamaan tersebut dapat dibentuk menjadi vektor dan matriks seperti berikut:

$$p^k = (p^0 \mathbf{P}^k, k = 1, 2, \dots)$$

dengan

p^k = Peluang *state* pada waktu ke k , $k=1, 2, \dots$

p^0 = Peluang *state* pada awal proses.

\mathbf{P}^k = Matriks peluang transisi dari \mathbf{P} setelah k -langkah

Menurut Medhi(1982), Rantai Markov waktu diskrit yang memiliki matriks peluang transisi \mathbf{P} dan nilai k dalam X_k menuju ke tak hingga. Jika pmf dari X_k mempunyai suatu limit saat k menuju tak hingga, maka disebut distribusi limit atau distribusi *steady state* yang dinotasikan:

$$\pi_j = \lim_{k \rightarrow \infty} P(X_k = j), \text{ untuk } j = 1, 2, \dots$$

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini, untuk *Cluster Time Series* adalah data *time series* yaitu data tahunan jumlah produksi padi dan luas lahan panen setiap kabupaten/kota di Kalimantan Barat periode tahun 2019 sampai tahun 2021. Data yang digunakan untuk analisis Rantai Markov adalah data *time series* yaitu data setiap bulan dari produksi padi dan luas panen di Kalimantan Barat periode Januari 2019 hingga Desember 2021. Data diperoleh dari website BPS (Badan Pusat Statistik).

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan Program R-Studio dan *Microsoft Excel 2019*. Langkah-langkah dalam pengelompokan menggunakan *cluster time series* sebagai berikut:

1. Perhitungan Jarak Kemiripan Kedua Objek menggunakan jarak *Dynamic Time Warping*.
2. Pembentukan *cluster time series* menggunakan metode hirarki.
3. Menentukan banyaknya *cluster* menggunakan metode *Silhouette*.
4. Melakukan interpretasi dan *profiling* masing-masing *cluster*.

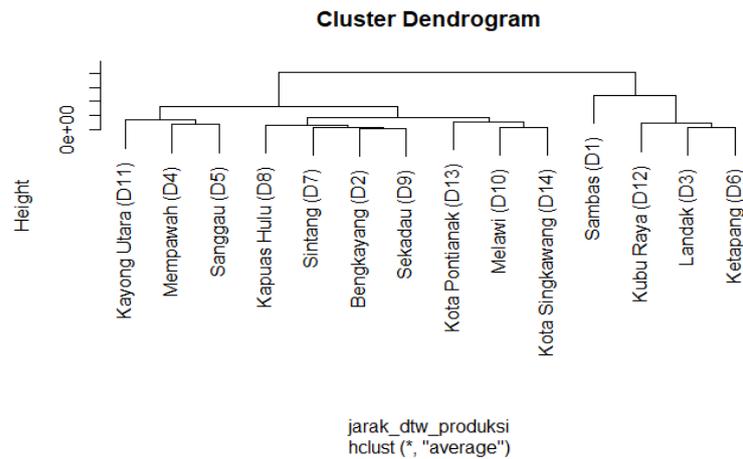
Langkah-langkah dalam melakukan prediksi menggunakan analisis Rantai Markov waktu diskrit sebagai berikut:

1. Menghitung Perubahan produksi padi dan lahan panen dengan cara mengurangi produksi dan luas lahan panen antara tahun ke- t dan tahun ke- $(t + 1)$.
2. Membentuk interval *state* yang akan digunakan dengan cara mencari rata-rata dari peralihan turun dan naik, kemudian mencari nilai maksimal pada peralihan naik dan nilai minimal pada peralihan turun.
3. Mengelompokkan data sesuai interval *state* yang telah dibentuk sebelumnya.
4. Menyusun matriks peluang transisi satu langkah. Matriks didapatkan dari susunan peralihan *state*.
5. Menghitung peluang transisi produksi padi dan lahan panen dengan menggunakan persamaan Chapman-Kolmogorov.

6. Menyelidiki kondisi *steady state* peluang transisi
 - Jika peluang transisi sudah dalam kondisi *steady state*, maka perhitungan peluang transisi berhenti.
 - Jika peluang transisi belum dalam kondisi *steady state*, menambah langkah matriks peluang transisi.
7. Menginterpretasikan hasil yang telah didapat dari langkah sebelumnya.

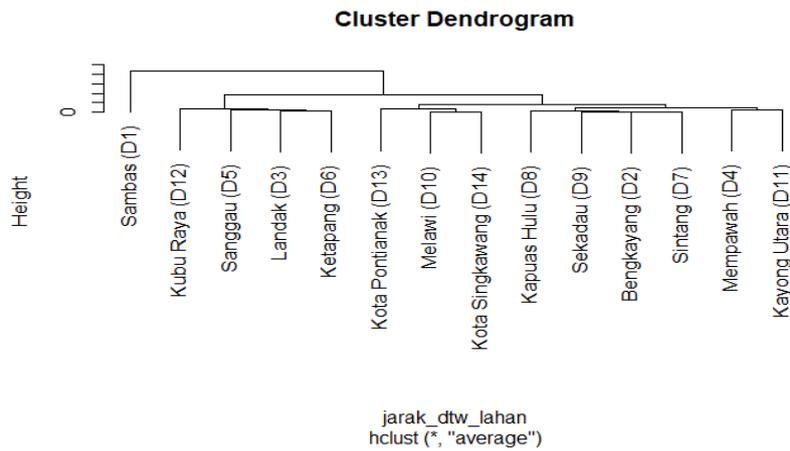
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengelompokan kabupaten/kota di provinsi Kalimantan Barat berdasarkan produksi padi menggunakan metode *Average Linkage*, disajikan dalam Gambar 1 seperti berikut:



Gambar 1. Dendrogram metode *Average Linkage* Produksi Padi

Hasil Pengelompokan kabupaten/kota di provinsi Kalimantan Barat berdasarkan lahan panen menggunakan metode *Average Linkage*, disajikan dalam Gambar 2 seperti berikut:



Gambar 2. Dendrogram metode *Average Linkage* Lahan Panen

Penentuan banyaknya *cluster* pada pengelompokan berhirarki terdapat beberapa cara salah satunya metode *Silhouette*. Penentuan banyak *cluster* dengan metode *Silhouette* di dasarkan pada nilai *silhouette* terbesar.

- a. Banyaknya *cluster* produksi padi.

Tabel 2. Koefisien *Silhouette* Produksi Padi

<i>Cluster Optimal</i>	Koefisien <i>Silhouette</i>
2	0,685
3	0,614
4	0,602
5	0,589
6	0,529
7	0,497
8	0,415

Berdasarkan Tabel 2 yang diperoleh dari output software R, terlihat bahwa jumlah *cluster* optimal untuk produksi padi adalah dua *cluster* dengan nilai rata-rata *Silhouette* yaitu $0,50 < SC \leq 0,70$.

b. Banyaknya *cluster* lahan panen

Tabel 3. Koefisien *Silhouette* Lahan Panen

<i>Cluster Optimal</i>	Koefisien <i>Silhouette</i>
2	0,649
3	0,627
4	0,580
5	0,567
6	0,466
7	0,446
8	0,350

Berdasarkan Tabel 3 yang diperoleh dari output software R-Studio, terlihat bahwa jumlah *cluster* optimal untuk lahan panen adalah dua *cluster* dengan nilai rata-rata *Silhouette* yaitu $0,50 < SC \leq 0,70$.

Tahap profiling merupakan penggambaran karakteristik masing-masing *cluster*, untuk menerangkan karakteristik setiap *cluster* menggunakan nilai rata-rata pada setiap variabel.

Tabel 4. Rata-rata *Cluster* Produksi padi

Variabel	<i>Cluster 1</i>	<i>Cluster 2</i>
Produksi Padi	352639	92738,7
Lahan Panen	181751	45233,8

Berdasarkan Tabel 4, *Cluster* satu memiliki rata-rata produksi padi yang lebih banyak daripada rata-rata produksi padi *cluster* dua. *Cluster* satu memiliki 4 anggota dan *cluster* dua memiliki 10 anggota. Sehingga terlihat bahwa masih banyak kabupaten/kota di Kalimantan Barat yang memiliki hasil produksi padi yang rendah. Pada variabel lahan panen, *cluster* satu memiliki rata-rata lahan panen yang lebih luas daripada rata-rata lahan panen *cluster* dua. *Cluster* satu memiliki 1 anggota dan *cluster* dua memiliki 13 anggota. Sehingga terlihat bahwa masih banyak kabupaten/kota di Kalimantan Barat yang memiliki hasil luas lahan panen yang rendah.

Tahapan berikutnya adalah Analisis Rantai Markov Waktu Diskrit

1. Pembentukan *state*

Pembentukan produksi padi dapat dikelompokkan menjadi empat *state* dengan interval sebagai berikut:

State 1: Turun drastis dengan interval: $-101.763,51 \leq x < -32.015,09$

State 2: Turun dengan interval: $-32.015,09 \leq x < 0$

State 3: Naik dengan interval: $0 < x \leq 34.501,56$

State 4: Naik drastis dengan interval: $34.501,56 < x \leq 113.300,35$

Pembentukan lahan panen dapat dikelompokkan menjadi empat *state* dengan interval sebagai berikut:

State 1: Turun drastis dengan interval: $-3.3391,77 \leq x < -10.842,60$

State 2: Turun dengan interval: $-10.842,60 \leq x < 0$

State 3: Naik dengan interval: $0 < x \leq 10.787,35$

State 4: Naik Drastis dengan interval: $10.787,35 < x \leq 40.084,03$

Pembentukan interval nilai *state* turun drastis didapatkan dari nilai minimal sampai rata-rata pada peralihan turun, interval *state* turun didapatkan dari nilai rata-rata peralihan turun sampai nilai nol, interval *state* naik didapatkan dari nilai nol sampai rata-rata peralihan naik, sedangkan untuk interval naik drastis didapatkan dari nilai rata-rata sampai nilai maksimal pada peralihan naik.

2. Menyusun matriks transisi satu langkah

a. Produksi padi

Tabel 5. Peralihan *State* Produksi Padi

State Awal	State Akhir				Total
	1	2	3	4	
1	4	1	2	1	8
2	2	6	2	2	12
3	0	3	5	0	8
4	2	2	0	2	6

Berdasarkan Tabel 5, dapat dihitung peluang transisi satu langkah untuk produksi padi sebagai berikut:

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} & p_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,5000 & 0,1250 & 0,2500 & 0,1250 \\ 0,1667 & 0,5000 & 0,1667 & 0,1667 \\ 0,0000 & 0,3750 & 0,6250 & 0,0000 \\ 0,3333 & 0,3333 & 0,0000 & 0,3333 \end{bmatrix}$$

b. Lahan Panen

Tabel 6. Peralihan *State* Lahan Panen

State Awal	State Akhir				Total
	1	2	3	4	
1	5	2	1	1	9
2	0	6	2	2	10
3	1	2	3	1	7
4	3	0	2	3	8

Berdasarkan Tabel 6, dapat dihitung peluang transisi satu langkah untuk lahan panen sebagai berikut:

$$L_{ij} = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} & l_{14} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} & l_{24} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} & l_{34} \\ l_{41} & l_{42} & l_{43} & l_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,5556 & 0,2222 & 0,1111 & 0,1111 \\ 0,0000 & 0,6000 & 0,2000 & 0,2000 \\ 0,1429 & 0,2857 & 0,4286 & 0,1429 \\ 0,3750 & 0,0000 & 0,2500 & 0,3750 \end{bmatrix}$$

3. Matriks Transisi k-Langkah

Matriks peluang transisi k -langkah dapat dicari menggunakan persamaan Chapman-Kolmogorov atau memangkatkan matriks peluang transisi satu langkah sebanyak k -langkah.

a. Matriks Transisi k -Langkah Produksi Padi

$$P^{13} = P^{12}P = \begin{bmatrix} 0,2075 & 0,3631 & 0,2997 & 0,1297 \\ 0,2075 & 0,3631 & 0,2997 & 0,1297 \\ 0,2075 & 0,3631 & 0,2997 & 0,1297 \\ 0,2075 & 0,3631 & 0,2997 & 0,1297 \end{bmatrix}$$

Produksi padi mengalami *steady state* pada periode ke-13 yang akan datang dengan peluang *state* turun drastis sebesar 0,2075, *state* turun sebesar 0,3631, *state* naik sebesar 0,2997, dan *state* naik drastis sebesar 0,1297.

b. Matriks Transisi k -Langkah Lahan Panen

$$L^{12} = L^{11}L = \begin{bmatrix} 0,2463 & 0,3109 & 0,2438 & 0,1990 \\ 0,2463 & 0,3109 & 0,2438 & 0,1990 \\ 0,2463 & 0,3109 & 0,2438 & 0,1990 \\ 0,2463 & 0,3109 & 0,2438 & 0,1990 \end{bmatrix}$$

Lahan panen mengalami *steady state* pada periode ke-12 yang akan datang dengan peluang *state* turun drastis sebesar 0,2463, *state* turun sebesar 0,3109, *state* naik sebesar 0,2438, dan *state* naik drastis sebesar 0,1990.

4. Peluang State pada Waktu yang Akan Datang

a. Peluang State Produksi Padi

Peluang *state* dari produksi padi pada awal proses sebagai berikut:

$$R^0_{padi} = [0,2286 \quad 0,3429 \quad 0,2571 \quad 0,1714]$$

Perhitungan peluang *state* yang akan datang pada produksi padi dapat dihitung dengan mengalikan anantara vektor peluang pada awal proses dan matriks transisi P . Sehingga diperoleh peluang *state* produksi padi yang akan datang di provinsi Kalimantan Barat untuk bulan Januari 2022 sampai Desember 2022 yang ditunjukkan pada Tabel 7, berikut:

Tabel 7. Prediksi Peluang *State* Produksi Padi

Bulan	State			
	1	2	3	4
Januari 2022	0,2286	0,3536	0,2750	0,1429
Februari 2022	0,2208	0,3561	0,2879	0,1351
Maret 2022	0,2148	0,3587	0,2945	0,1320
April 2022	0,2112	0,3606	0,2976	0,1306
Mei 2022	0,2092	0,3618	0,2989	0,1300
Juni 2022	0,2083	0,3625	0,2994	0,1298
Juli 2022	0,2078	0,3628	0,2996	0,1297
Agustus 2022	0,2076	0,3630	0,2997	0,1297
September 2022	0,2075	0,3631	0,2997	0,1297
Oktober 2022	0,2075	0,3631	0,2997	0,1297
November 2022	0,2075	0,3631	0,2997	0,1297
Desember 2022	0,2075	0,3631	0,2997	0,1297

b. Peluang State Lahan Panen

Peluang *state* dari lahan panen pada awal proses sebagai berikut:

$$R^0_{lahan} = [0,2571 \quad 0,2857 \quad 0,2286 \quad 0,2286]$$

Perhitungan peluang *state* yang akan datang pada lahan panen dapat dihitung dengan mengalikan anantara vektor peluang pada awal proses dan matriks transisi L . Sehingga diperoleh prediksi peluang *state* lahan panen yang akan datang di provinsi Kalimantan Barat untuk bulan Januari 2022 sampai Desember 2022 yang ditunjukkan pada Tabel 8, berikut:

Tabel 8. Prediksi Peluang *State* Lahan Panen

Bulan	State			
	1	2	3	4
Januari 2022	0,2612	0,2939	0,2408	0,2041
Februari 2022	0,2561	0,3032	0,2420	0,1987
Maret 2022	0,2514	0,3080	0,2425	0,1982
April 2022	0,2486	0,3100	0,2430	0,1985
Mei 2022	0,2473	0,3106	0,2434	0,1988
Juni 2022	0,2467	0,3109	0,2436	0,1989
Juli 2022	0,2467	0,3109	0,2437	0,1990
Agustus 2022	0,2464	0,3109	0,2437	0,1990
September 2022	0,2463	0,3109	0,2438	0,1990
Oktober 2022	0,2463	0,3109	0,2438	0,1990
November 2022	0,2463	0,3109	0,2438	0,1990
Desember 2022	0,2463	0,3109	0,2438	0,1990

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Diperoleh pengelompokkan (*cluster*) kabupaten/kota di provinsi Kalimantan Barat menurut produksi padi menggunakan metode *Complete linkage* yaitu 2 *cluster* optimal berdasarkan nilai koefisien *silhouette*. Anggota *cluster* 1 adalah *cluster* yang memiliki produksi padi yang lebih banyak dibanding *cluster* 2. Jumlah anggota *cluster* 1 memiliki 4 anggota yaitu Kabupaten Sambas, Landak, Ketapang, dan Kubu Raya. *Cluster* 2 memiliki 10 anggota yaitu Kabupaten Bengkayang, Mempawah, Sanggau, Sintang, Kapuas Hulu, Sekadau, Melawi, Kayong Utara, Kota Pontianak dan Kota Singkawang. Diperoleh pengelompokkan (*cluster*) kabupaten/kota di provinsi Kalimantan Barat menurut lahan panen menggunakan metode *Complete Linkage* yaitu 2 *cluster* optimal berdasarkan nilai koefisien *silhouette*. Anggota *cluster* 1 adalah *cluster* yang memiliki luas lahan panen yang luas dibanding *cluster* 2. Jumlah anggota *cluster* 1 memiliki 1 anggota yaitu Kabupaten Sambas. *Cluster* 2 memiliki 13 anggota yaitu Kabupaten Kubu Raya, Sanggau Landak, Ketapang, Melawi, Kayong Utara, Kapuas Hulu, Sekadau, Bengkayang, Sintang, Mempawah, Kota Pontianak dan Singkawang.
- b. Hasil prediksi menggunakan metode rantai Markov waktu diskrit dari produksi padi dan lahan panen di Kalimantan Barat periode Januari 2019 hingga Deseber 2021, diperoleh produksi padi akan mengalami *steady state* pada periode ke-13 yang akan datang dengan peluang *state* turun drastis sebesar 0,2075, *state* turun sebesar 0,3631, *state* naik sebesar 0,2997, dan *state* naik drastis sebesar 0,1297. Lahan panen akan mengalami *steady state* pada periode ke-12 yang akan datang dengan peluang *state* turun drastis sebesar 0,2463, *state* turun sebesar 0,3109, *state* naik sebesar 0,2438, dan *state* naik drastis sebesar 0,1990.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidi, Muhammad Nur. 2018. "Penggunaan Rantai Markov untuk Analisis Spasial Serta Modifikasinya dari Sistem TertutupKe Sistem Terbuka". Vol.13. No. 1 (2008): 23–33.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2019. *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2019*. <https://www.bps.go.id>.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2020*.

- <https://www.bps.go.id>.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2021*. <https://www.bps.go.id>.
- Hiller & Lieberman. 2008. *Introduction to Operation Research. 8th Edition Jilid 2*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Giesecke, K. 2004. *Credit Risk Modeling and Valuation: An Introduction*. Credit Risk: Models and Management Vol. 2.
- Johnson dan Wichern. 2007. “*Applied Multivariate Statistical Analysis 6th Edition*”. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Kaufman, L., Rousseeuw, P.J. 1990. *Finding Groups in Data-An Introduction to Cluster Analysis*. New York: John Wiley & Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470316801>
- [Kemendag] Kementerian Perdagangan. 2012. *Profil Komoditas Beras*. <https://ews.kemendag.go.id>.
- Langi, Yohanes. 2009. Penentuan Klasifikasi State pada Rantai Markov. *Jurnal Ilmiah Ilmiah Sains* Vol. 9, No. 1: Hal. 63-67.
- Liao, T.W. 2005. *Clustering of Time Series Data-A Survey*. *Pattern Recognition* Vol. 38, No. 1: Hal. 1857-1854. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2005.01.025>
- Medhi, J., *Stochastic Processes*. Daryaganj, New Delhi : Wiley Eastern Limited., 1982.
- Niennattrakul, V. dan Ratanamahatana, C.A. 2007. *On Clustering Multimedia Time Series Data Using K-Means and Dynamic Time Warping*. *International Conference Multimedia and Ubiquitous Engineering* Vol.07, Hal. 733-738
- Senin, Pavel. 2008. *Dynamic Time Warping Algoritma Review*. Information and Computer Science Department University of Hawaii at Manoa.
- Ramadhona, G., B.D Setiawan, dan F.A Bachtiar. 2018. “*Prediksi Produktivitas Padi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*”. *J.Pengem. Teknol. Inf. dan ilmu komputer*.
- Suhartono, Derwin. 2013. *Rantai Markov*. Universitas Binus. <https://socs.binus.ac.id/2013/06/30/markov-chain/>.
- Syauqi, Irfan, dan Dewi Murni. 2022. Analisis Perencanaan Produksi Padi Terhadap Lahan Panen Di Sumatera Barat Menggunakan Rantai Markov Waktu Diskrit. *Journal Of Mathematics UNP* Vol. 7, No. 2: Hal. 1-7. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.24036/unpjomath.v7i2.12576>.