

Table Of Content

Journal Cover	2
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licences/by/4.0/legalcode>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 25 No. 4 (2024): September

DOI: DOI 10.21070/ijins.v25i4.1184 . Article type: (Innovation in Industrial Engineering)

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Markov Chains Slash Inventory Costs in Indonesia

Rantai Markov Memangkas Biaya Persediaan di Indonesia

Adinda Chamilia Mishani, adinda@umsida.ac.id, (0)

*Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
[<https://ror.org/017hvkd88>], Indonesia*

Tedjo Sukmono, thedjoss@umsida.ac.id, (1)

*Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
[<https://ror.org/017hvkd88>], Indonesia*

⁽¹⁾ Corresponding author

Abstract

PT. Varia Usaha Beton, facing an 8% decline in 2022 targets due to uncontrolled inventory and a 15,150-ton overstock of sand at its BSP Sayung plant, needed an effective solution. This study applied a Markov chain model with perfect enumeration to optimize sand inventory management. Qualitative data from observations, expert interviews, and company records (2021-2022) and quantitative analysis identified Policy 58 as optimal, reducing excess costs to Rp. 32,463,360 monthly. Implementing improvements in specific overstock states (3, 4, 5, and 6) provides a strategic approach to minimize sand overstock and associated costs.

Highlight:

Inventory Decline: 8% target drop due to uncontrolled inventory in 2022.

Optimal Policy: Policy 58 reduced monthly excess costs to Rp. 32,463,360.

Strategic Improvements: Implement changes in states 3, 4, 5, and 6 to manage overstock.

Keyword: Inventory Control, Markov Chain, Perfect Enumeration, Overstock Management, Construction Materials

Published date: 2024-06-12 00:00:00

PENDAHULUAN

Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan lain untuk membentuk massa padat [1]. Beton siap pakai adalah beton yang sudah siap digunakan tanpa proses pengolahan atau pencampuran di lapangan. Pertumbuhan dan perkembangan konstruksi mempengaruhi banyaknya permintaan kebutuhan beton siap pakai. Meningkatnya kebutuhan beton siap pakai mempengaruhi pemenuhan bahan baku yang optimal untuk proses produksi. Bahan baku merupakan barang yang akan menjadi bagian dari produk jadi dan faktor penting untuk menentukan tingkat harga pokok dan kelancaran proses produksi [2]. Jenis bahan baku antara lain bahan baku langsung dan bahan baku tidak langsung [3].

PT. Varia Usaha Beton mengalami penurunan target sebesar 8% pada tahun 2022 di *plant* BSP Sayung, Jawa Tengah. Hal ini diakibatkan oleh pengendalian persediaan tidak terkontrol, sehingga salah satu bahan baku yang mengalami *overstock* yaitu pasir. Pasir merupakan bahan konstruksi memiliki peran penting dalam pembangunan karena sering digunakan pada struktur paling bawah hingga paling atas dalam bangunan. Fungsinya sebagai pasir urug, adukan, hingga campuran beton. Selain itu masih banyak penggunaan pasir dalam bahan bangunan yang dipergunakan sebagai bahan campuran untuk material cetak [4]. Pasir mengalami *overstock* sebesar 15.150 ton karena tingkat rencana pengadaan bahan baku pasir lebih besar dibandingkan dengan tingkat realisasi pada tahun 2022. Sehingga terjadi biaya-biaya tambahan dalam penyimpanan bahan baku di lapangan atau gudang. Maksimum penempatan pasir pada gudang sebesar 10.000 ton.

Pengendalian persediaan adalah kegiatan dalam memperkirakan jumlah persediaan dan serangkaian kebijakan pengendalian untuk menentukan tingkat persediaan yang harus dijaga, kapan pesanan ditambah, dan berapa besar yang harus dipesan agar jumlah tidak terlalu besar dan tidak kurang. Salah satu tujuan persediaan adalah mendapatkan biaya yang minimum [5]. Mengendalikan persediaan secara tepat bukan hal yang mudah, jika jumlah persediaan terlalu besar akan menimbulkan terjadinya dana menganggur yang besar, meningkatnya biaya penyimpanan, serta risiko mengikisnya atau berkurangnya bahan baku yang lebih besar. Namun, apabila persediaan terlalu sedikit akan mengakibatkan berhentinya proses produksi, tertundanya penjualan barang, serta hilangnya pelanggan [6]. Dalam pengendalian persediaan, dibutuhkan biaya-biaya persediaan. Klasifikasi biayanya antara lain biaya pembelian, biaya pengadaan (biaya pemesanan dan biaya pembuatan), biaya penyimpanan (biaya modal, biaya gudang, biaya kerusakan dan penyusutan, biaya kadaluwarsa, biaya jaminan asuransi, dan biaya administrasi dan pemindahan), dan biaya kekurangan persediaan (kuantitas tidak terpenuhi, waktu pemenuhan, dan biaya pengadaan darurat) [7].

Pada suatu perusahaan tentu ada permasalahan dalam persediaan. Salah satu alternatif atau penyelesaian untuk mengatasi permasalahan menggunakan rantai markov. Rantai markov merupakan teknik matematika yang biasa digunakan untuk melakukan pemodelan (*modelling*) dengan variasi sistem dan prosedur bisnis. Hal ini dapat digunakan untuk meramalkan perubahan di waktu yang akan datang dalam variabel dinamis atas dasar perubahan variabel dinamis di waktu yang lampau [8]. Pengendalian persediaan yang dikenal sebagai proses stokastik juga dapat dijalankan tanpa mempertimbangkan tingkat *safety stock*, *lead time*, dan *reorder point*. Proses stokastik dari kuantitas persediaan dapat dijelaskan oleh jumlah *states* yang terbatas. Probabilitas transisi di antara *states* ini dijelaskan oleh suatu rantai markov (*markov chain*), sedangkan struktur biaya proses ini juga dijelaskan oleh suatu matriks yang setiap elemennya menyatakan pendapatan atau ongkos yang dihasilkan dari pergerakan dari suatu *state* ke *state* yang lain. Matriks transisi maupun matriks pendapatan (biaya) ini sifatnya bergantung pada alternatif keputusan yang dapat digunakan. Tujuannya adalah menentukan keputusan optimal yang dapat mengoptimalkan ekspetasi pendapatan atau biaya dari proses tersebut [6].

Dalam penelitian ini data akan diolah menggunakan metode rantai markov dengan enumerasi sempurna. Metode enumerasi sempurna pada rantai markov merupakan metode yang mengenumerasi semua kebijakan usulan, sampai diperoleh solusi optimumnya. Pengolahan data akan dibantu menggunakan *software matrix laboratory (MATLAB)*. *MATLAB* sering digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matriks, optimasi, aproksimasi, dan lain-lain. *MATLAB* sering diimplementasikan pada bidang: matematika dan komputasi, pengembangan dan algoritma, pemrograman modeling, simulasi, dan pembuatan prototype, analisa data, eksplorasi, dan visualisasi, analisis data numerik dan statistik, serta pengembangan aplikasi teknik. Sesuai dengan fungsinya yang telah disebutkan seperti sebelumnya yaitu untuk membantu menyelesaikan tugas dalam bentuk aljabar. Kemudian persamaan linier matriks akan diimplementasikan melalui *software MATLAB*. *MATLAB* merupakan suatu program untuk analisis dan komputasi numerik, sebuah bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks [9]. Program *MATLAB* sangat cocok digunakan untuk aplikasi Sains, karena memiliki hasil yang lebih akurat dibandingkan menghitung secara manual [10]. Tujuan penelitian ini adalah menentukan jumlah bahan baku pasir dengan biaya optimum dan strategi meminimalisir terjadinya kelebihan bahan baku yang ada di PT. Varia Usaha Beton.

METODE

Pengolahan data dalam penelitian ini secara kualitatif dan kuantitatif. Pengolahan data kualitatif didasarkan

melalui pengambilan data dengan melakukan observasi atau pengamatan mengenai permasalahan yang telah terjadi, wawancara terhadap narasumber yang *expert* sesuai bidangnya, dan pengambilan data sekunder pada web perusahaan berupa data permintaan bahan baku pasir saat perencanaan dan realisasi pada Januari 2021 hingga Desember 2022. Sedangkan pengolahan data kuantitatif menggunakan metode rantai markov dengan enumerasi sempurna untuk penyelesaian permasalahan pengendalian persediaan. Pengendalian merupakan suatu usaha yang dilakukan agar suatu kegiatan dapat direalisasikan sesuai rencana. Sedangkan, persediaan merupakan barang atau bahan yang menjadi objek usaha suatu perusahaan [11]. Pengendalian persediaan melibatkan pemeliharaan persediaan pada tingkat yang optimal agar keuntungan dapat ditingkatkan. Mengelola persediaan dengan jumlah yang tepat adalah penting untuk menghindari dampak negatif yang akan terjadi di perusahaan [12]. Tahapan-tahapan penelitian dijelaskan dengan diagram alir sesuai dengan gambar 1.

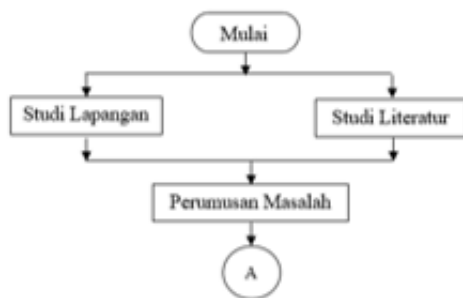


Figure 1.

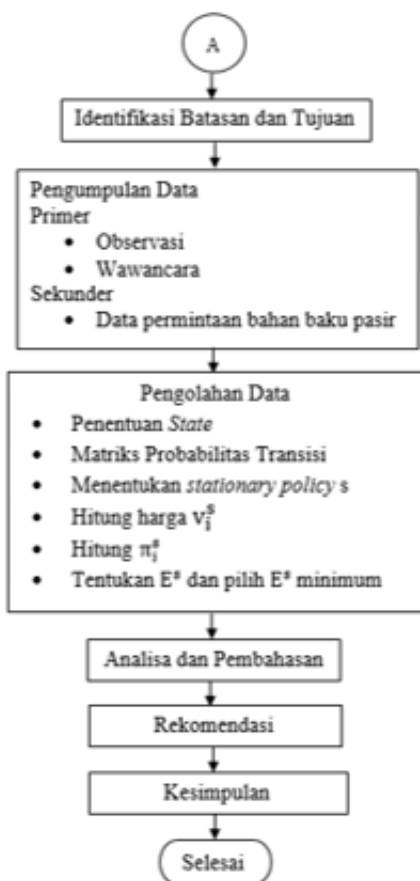


Figure 2. Diagram Alir Penelitian

Rantai markov adalah suatu metode perhitungan yang biasanya digunakan untuk melakukan pemodelan dalam berbagai keadaan. Metode ini digunakan untuk memperhitungkan perubahan yang terjadi di masa mendatang. Perubahan ini dapat digunakan dalam variabel-variabel dinamis di waktu yang telah ditentukan. Sehingga yang dibutuhkan dari masing-masing nilai variabel tersebut ialah waktu yang telah ditentukan. Dengan kata lain, sifat markov tersebut dapat dinyatakan sebagai kesempatan bersyarat terhadap sesuatu peristiwa di masa mendatang yang tidak dipengaruhi oleh peristiwa di masa kemudian, namun hanya dipengaruhi oleh peristiwa di masa ini [13].

Secara umum suatu proses rantai markov adalah proses stokastik dimana setiap variabel acak hanya tergantung pada variabel yang mendahuluinya yaitu dan hanya mempengaruhi variabel acak berikutnya yaitu . Sehingga istilah rantai disini menyatakan kaitan antara variabel yang saling berdekatan. Perhitungan probabilitas dengan menggunakan analisis markov dilakukan dengan menentukan rancangan pengamatan. Rancangan pengamatan kemudian menjadi dasar dalam perhitungan probabilitas [14]. Dalam penerapan rantai markov ada beberapa asumsi yang harus terpenuhi yaitu [15]:

- Jumlah probabilitas transisi untuk setiap keadaan awal dari sistem bernilai 1
- Probabilitas-probabilitas tersebut berlaku untuk semua partisipan dalam sistem
- Probabilitas transisi konstan sepanjang waktu, artinya peluang untuk setiap keadaan dari periode $\Delta t \geq 0$ adalah sama
- State* independen sepanjang waktu

Berdasarkan temuan Andrei Andreyevich, markov adalah untuk setiap waktu t , ketika kejadian adalah , dan seluruh kejadian sebelumnya adalah , ..., yang terjadi dari proses yang diketahui, probabilitas seluruh kejadian yang akan datang hanya tergantung kejadian pada dan tidak tergantung pada kejadian yang terjadi sebelumnya. Gambaran mengenai rantai markov dapat dilihat pada gambar 2 yang mana gerakan-gerakan dari beberapa variabel di masa yang akan datang bisa diprediksi berdasarkan gerakan variabel tersebut di masa lalu. dipengaruhi oleh kejadian , dipengaruhi oleh kejadian , dan demikian seterusnya dimana perubahan ini terjadi karena peran probabilitas transisional (*transitional probability*). Kejadian misalnya, tidak akan dipengaruhi oleh kejadian [16].

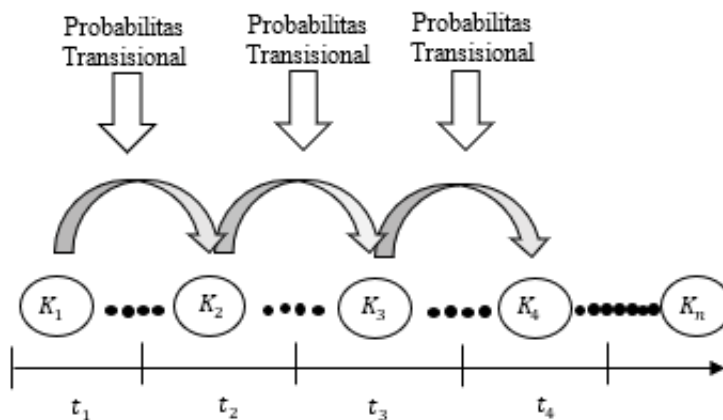


Figure 3. Proses Markov

Karena sifatnya yang berantai markov, maka teori ini diketahui juga dengan nama rantai markov. Dengan demikian, rantai markov akan menjelaskan gerakan-gerakan dari beberapa variabel dalam satu periode waktu di masa yang akan datang berdasarkan pada gerakan variabel tersebut di masa ini. Secara matematik, dapat ditulis sebagai berikut:

$$= P \times (1)$$

Sumber: [16]

Keterangan:

= peluang kejadian pada

P = probabilitas transisional

= waktu ke- j

Berikut Langkah-langkah penyelesaian pengolahan data menggunakan rantai markov sebagai berikut [8]:

- Menentukan *state*

Langkah awal dalam proses markov adalah menentukan *state* atau keadaan apa saja yang ada dalam sistem tersebut. Klasifikasi *state* atau keadaan bahan baku dapat diklasifikasikan sesuai kondisi sebagai berikut:

State	Kondisi	Interval (Ton)
1	Tidak ada kelebihan	$0 \leq x \leq 8.104$
2	Kelebihan sangat sedikit	$8.105 \leq x \leq 11.419$
3	Kelebihan sedikit	$11.420 \leq x \leq 14.734$
4	Kelebihan	$14.735 \leq x \leq 18.049$
5	Kelebihan banyak	$18.050 \leq x \leq 21.364$
6	Kelebihan sangat banyak	$21.365 \leq x \leq 24.679$

Table 1. *Klasifikasi Kondisi Bahan Baku*

Dalam menentukan *state* dilakukan terlebih dahulu menyusun tabel distribusi frekuensi data permintaan bahan baku pasir 2021-2022 dengan dilakukan perhitungan untuk menentukan banyak kelas/*state*, menentukan jangkauan/rentang, dan selanjutnya menentukan panjang kelas dengan rumus-rumus sebagai berikut:

$$\text{Banyak kelas} = 1 + 3,3 \log n(2)$$

$$\text{Jangkauan} = \text{maksimum} - \text{minimum}(3)$$

$$\text{Panjang kelas} = (4)$$

Sumber: [17]

Keterangan

n = jumlah data

b. Menyusun matriks probabilitas transisi

Matriks probabilitas transisi adalah suatu matriks yang mana elemen-elemennya adalah nilai probabilitas transisi dari suatu *state* ke *state* lain atau ke *state* itu sendiri pada suatu sistem tertentu [8]. Dinamika variabel yang diamati mempengaruhi setiap kejadian dalam proses markov dituangkan ke dalam suatu matriks yang dikenal sebagai probabilitas transisional (*transitional probability*) yang berdimensi $m \times n$. Dalam hal ini mencerminkan peluang perubahan dari keadaan i ke keadaan j atau dari keadaan j ke keadaan i , tergantung pada penempatannya. Berikut ini merupakan ilustrasi matriks probabilitas transisional [16].

Sumber: [16]

Jika sebuah vektor yang berdimensi $(l \times m)$ dikalikan dengan matriks yang berdimensi $(m \times n)$ maka perkalian itu akan menghasilkan vektor berdimensi $(l \times n)$. Sebaliknya, jika matriks yang berdimensi $(m \times n)$ dikalikan dengan vektor yang berdimensi $(n \times l)$, maka perkalian itu akan menghasilkan vektor yang berdimensi $(m \times l)$. Dimensi vektor sesuai dengan penjelasan mengenai penempatan dari dan ke [16].

$$(5)$$

$$= (6)$$

Sumber: [16]

Metode enumerasi sempurna yang mengemunisasi semua kebijakan usulan, sampai diperoleh solusi optimumnya. Metode ini digunakan untuk menyelesaikan masalah yang mempunyai saat atau stage terbatas, walaupun begitu metode ini hanya bisa dipakai bila kebijakan usulannya tidak terlalu banyak, sebagai akibatnya masih sanggup dihitung [18]. Langkah-langkah enumerasi sempurna adalah sebagai berikut [19],[20]:

$$= (7)$$

$$+ + \dots + (8)$$

Dimana $(, , \dots ,)$

a. Menentukan *stationary policy* s.

b. Menghitung harga v_i , yaitu ekspektasi pendapatan satu langkah (satu periode) yang diperkirakan dari *policy* s, pada *state* i , $i= 1,2,\dots,m$.

c. Menghitung P_{ij} , yaitu probabilitas stationary jangka panjang dari matriks transisi yang berkaitan dengan *policy* s. Probabilitas ini, jika ada dihitung dengan persamaan:

$$= \dots\dots\dots (7)$$

$$+ + \dots + \dots\dots\dots (8)$$

Dimana = (, , ... ,)

d. Tentukan , ekspektasi pendapatan atau biaya dari *policy* s untuk setiap langkah transisi (periode) dengan menggunakan persamaan:

$$= \dots\dots\dots (9)$$

$$= (9)$$

umber: [19],[20]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data primer berupa data hasil observasi dan wawancara kepada pihak yang *expert* terhadap bidangnya. Kemudian dikumpulkan data sekunder yang diambil dari web perusahaan berupa data permintaan bahan baku pasir *plant* BSP Sayung, Jawa Tengah tahun 2021-2022.

Data Permintaan Bahan Baku Pasir		
Bulan	2021	2022
Januari	11.085	10.951
Februari	9.361	14.545
Maret	6.447	15.040
April	14.807	17.046
Mei	13.577	8.693
Juni	16.113	11.825
Juli	24.963	14.822
Agustus	20.032	13.139
September	17.735	10.040
Oktober	22.418	16.331
November	12.650	17.047
Desember	15.502	9.303
Jumlah	184.690	158.782
Rata-rata	15.391	13.232

Table 2. Data Permintaan Bahan Baku Pasir

Berikut ini merupakan langkah-langkah pengolahan data menggunakan rantai markov dengan enumerasi sempurna.

State ditentukan dari data 24 bulan permintaan bahan baku pasir mulai Januari 2021 hingga Desember 2022. Berikut ini hasil perhitungan *state* berdasarkan data pada tabel 2.

Jumlah data (n)= 24

$$\text{Kelas/state} = 1 + (3,3 \log 24)$$

$$= 6$$

$$\text{Maksimal} = 24.963$$

$$\text{Minimal} = 6.447$$

$$\text{Jangkauan} = 24.963 - 6.447$$

$$= 18.516$$

$$\text{Panjang interval} =$$

= 3.315

Permintaan		Nilai Tengah	Frekuensi
6.447	9.761	8.104	4
9.762	13.076	11.419	5
13.077	16.391	14.734	9
16.392	19.706	18.049	3
19.707	23.021	21.364	2
23.022	26.336	24.679	1
Jumlah			24

Table 3. Interval Data Permintaan Bahan Baku Pasir

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan hasil kelas atau *state* sebanyak 6 keadaan seperti tabel 1 dengan panjang *interval* di setiap *state* sebesar 3.315 ton.

Setelah menentukan *state*, kemudian menyusun matriks probabilitas transisi sesuai dengan frekuensi data permintaan bahan baku pasir sebagai berikut:

State Awal	State Akhir					
	1	2	3	4	5	6
1	2	1	1	0	0	0
2	0	1	2	1	1	0
3	0	0	3	1	2	3
4	0	0	0	1	1	1
5	0	0	0	0	1	1
6	0	0	0	0	0	1

Table 4. Matriks Probabilitas Transisi

Tabel 4 merupakan hasil frekuensi peralihan *state* permintaan bahan baku pasir, kemudian dapat dilakukan dalam matriks sebagai berikut:

=

Stationary policy pada penelitian ini sebanyak 64 peluang dengan berbagai tindakan perbaikan yang berbeda di setiap *state*. Berikut ini perbaikan persediaan bahan baku pasir:

Stationary Policy s	Tindakan
1	Tidak melakukan perbaikan
2	Perbaikan tanpa memperhatikan state
3	Repair jika sistem pada state 1
4	Repair jika sistem pada state 2
5	Repair jika sistem pada state 3
6	Repair jika sistem pada state 4
7	Repair jika sistem pada state 5
...	...
58	Repair jika sistem pada state 3,4,5, atau 6
59	Repair jika sistem pada state 1,2,3,4, atau 5
60	Repair jika sistem pada state 1,2,3,4, atau 6
61	Repair jika sistem pada state 1,2,3,5, atau 6
62	Repair jika sistem pada state 1,2,4,5, atau 6
63	Repair jika sistem pada state 1,3,4,5, atau 6
64	Repair jika sistem pada state 2,3,4,5, atau 6

Table 5. Stationary Policy s

Perhitungan pada penelitian ini merupakan perkalian antara probabilitas pada *state* ke-i dengan biaya kelebihan

pada *state* ke-i. didapatkan dari matriks probabilitas transisi, sedangkan didapatkan dari hasil perubahan semua *state* yang didapatkan dari data perusahaan. R merupakan biaya kelebihan bahan baku pasir yang diperoleh dari perusahaan. Perubahan dan , dengan $s = 3,4,5,\dots$, dst disesuaikan dengan tindakan keadaan *stationary policy* s.

=	=
=	=
=	=
=	=
=	=
=	=
=	=
=	=
...	...
=	=
=	=
=	=
=	=
=	=
=	=
=	=

Table 6.

Hasil dihitung sebagai berikut:

$$= (0,5 \times 27) + (0,25 \times 30) + (0,25 \times 33) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) = 29,25$$

$$(0 \times 0) + (0,2 \times 32) + (0,4 \times 34) + (0,2 \times 35) + (0,2 \times 0) + (0 \times 0) = 27$$

$$(0 \times 0) + (0 \times 0) + (0,33 \times 35) + (0,11 \times 37) + (0,22 \times 38) + (0,33 \times 39) = 36,85$$

$$(0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0,33 \times 34) + (0,33 \times 35) + (0,33 \times 37) = 35,09333$$

$$(0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0,5 \times 37) + (0,5 \times 38) = 37,5$$

$$(0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (1 \times 40) = 40$$

Sehingga didapatkan nilai lainnya pada tabel 6 berikut:

s	1	2	3	4	5	6
1	29,25	27	36,85	35,09333	37,5	40
2	31,5	33,6	33,9	33,7	34,2	35,1
3	31,5	27	36,85	35,09333	37,5	40
4	29,25	33,6	36,85	35,09333	37,5	40
5	29,25	27	33,9	35,09333	37,5	40
6	29,25	27	36,85	33,7	37,5	40
7	29,25	27	36,85	35,09333	34,2	40
...
58	29,25	27	33,9	33,7	34,2	35,1
59	31,5	33,6	33,9	33,7	34,2	40
60	31,5	33,6	33,9	33,7	37,5	35,1
61	31,5	33,6	33,9	35,09333	34,2	35,1
62	31,5	33,6	36,85	33,7	34,2	35,1
63	31,5	27	33,9	33,7	34,2	35,1
64	29,25	33,6	33,9	33,7	34,2	35,1

Table 7. Hasil

Perhitungan probabilitas *stationary* diperoleh dengan menggunakan persamaan rumus 7 dan 8 dan *software MATLAB* untuk penyelesaian persamaan linier matriks 6x6, sehingga diperoleh persamaan dari hasil *policy stationary* optimum $s = 1$ dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &0,5= \\
 &0,25 + 0,2= \\
 &0,25 + 0,4+ 0,33 = \\
 &0,2+ 0,11+ 0,33 = \\
 &0,2+ 0,22+ 0,33 + 0,5= \\
 &0,33+ 0,33 + 0,5 + = \\
 &+ 0+ + + + =
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= 0 \\
 &= 0 \\
 &= 0 \\
 &= 0 \\
 &= 0 \\
 &= 0 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Hasil lainnya untuk setiap *stationary policy* di setiap s dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut:

s	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	1
2	0,1636	0,1455	0,1500	0,2045	0,1652	0,1712
3	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	1
...
58	0,1441	0,1351	0,2038	0,2128	0,1665	0,1375
59	0	0	0	0	0	1
60	0,1261	0,1121	0,1156	0,1577	0,2292	0,2593
61	0,1292	0,1149	0,1005	0,2138	0,2264	0,2152
62	0,1364	0,1213	0,1690	0,1770	0,1780	0,2183
63	0,1250	0,1250	0,1781	0,2281	0,1830	0,1608
64	0,1935	0,1613	0,1815	0,1815	0,1411	0,1411

Table 8. Hasil

Pada perhitungan selanjutnya akan diperoleh hasil optimum dengan batasan optimum dengan terkecil atau paling minimum. Perhitungan ekspetasi biaya kelebihan menggunakan persamaan rumus 9 dan diperoleh hasil sebagai berikut.

$$= (29,25 \times 0) + (27 \times 0) + (36,85 \times 0) + (35,0933 \times 0) + (37,5 \times 0) + (40 \times 1) = 40$$

Sehingga didapatkan hasil lainnya sebagai berikut.

s

1
2
3
4
5
6
7
...
58
59
60
61
62
63
64

Table 9. Hasil

Dari pengolahan data di atas diperoleh hasil yang merupakan ekspektasi biaya kelebihan pada *policy* 32,46336 dalam satuan juta rupiah. merupakan hasil optimum atau biaya kelebihan minimum yang dibayarkan perusahaan setiap bulannya ketika terjadi kelebihan bahan baku dengan perbaikan atau *repair* jika sistem pada *state* 3,4,5, atau 6 berdasarkan *stationary policy* s tabel 5. *State* 3 pada kondisi kelebihan sedikit jika *interval* terletak pada $11.420 \leq x \leq 14.734$, *state* 4 pada kondisi kelebihan jika *interval* terletak pada $14.735 \leq x \leq 18.049$, *state* 5 pada kondisi kelebihan banyak jika *interval* terletak pada $18.059 \leq x \leq 21.364$, *state* 6 pada kondisi kelebihan banyak jika *interval* terletak pada $21.365 \leq x \leq 24.679$. Pemesanan bahan baku pasir dilakukan dengan penyesuaian *interval* pada *state* klasifikasi pada tabel 1. Pada *policy* s = 58 tidak melakukan *repair* pada *state* 1 dan 2. *State* 1 pada kondisi tidak ada kelebihan jika *interval* terletak pada $0 \leq x \leq 8.104$ dan *state* 2 pada kondisi kelebihan sangat sedikit jika *interval* terletak pada $8.105 \leq x \leq 11.419$. Sehingga tingkat pemesanan dapat dilakukan jika kondisi bahan baku terletak pada *state* 1 atau 2 dengan *interval* 0 hingga 11.419 ton.

Pengolahan data menggunakan rantai markov merupakan saran untuk menyelesaikan permasalahan pengendalian persediaan yang memiliki data cenderung berubah atau sulit diprediksi di masa yang akan datang. Berdasarkan penelitian di atas diperoleh hasil optimum dengan menunjukkan biaya kelebihan yang paling minimum dari perhitungan serta *interval* bahan baku untuk menentukan kuantitas dari pasir yang akan dipesan sehingga dapat menghindari kelebihan bahan baku dalam proses pengadaan. Pengolahan data menggunakan rantai markov dapat dilakukan tanpa mempertimbangkan tingkat dari stok aman, *lead time*, dan titik pemesanan kembali. Perhitungan rantai markov dengan enumerasi sempurna memberikan hasil optimum dengan efisien dan akurat. Hasil yang optimum pada pengolahan data di atas harus dijaga tingkat persediaannya, sehingga ketika terjadi kelebihan bahan baku pasir karena permintaan yang tidak stabil perusahaan dapat membayar secara minimum untuk mengurangi terjadinya penurunan pendapatan yang tidak sesuai target.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan hasil optimum sebesar Rp. 32.463.360 sebagai biaya kelebihan minimum bahan baku yang dikeluarkan untuk setiap bulannya. Nilai optimum terletak pada *stationary policy* s = 58 yang memerlukan tindakan dengan melakukan perbaikan jika sistem berada pada *state* 3, 4, 5, atau 6. *State* 3 pada kondisi kelebihan sedikit jika *interval* terletak pada $11.420 \leq x \leq 14.734$, *state* 4 pada kondisi kelebihan jika *interval* terletak pada $14.735 \leq x \leq 18.049$, *state* 5 pada kondisi kelebihan banyak jika *interval* terletak pada $18.059 \leq x \leq 21.364$, *state* 6 pada kondisi kelebihan banyak jika *interval* terletak pada $21.365 \leq x \leq 24.679$. Sedangkan tidak melakukan *repair* pada *state* 1 dan 2. *State* 1 pada kondisi tidak ada kelebihan jika *interval* terletak pada $0 \leq x \leq 8.104$ dan *state* 2 pada kondisi kelebihan sangat sedikit jika *interval* terletak pada $8.105 \leq x \leq 11.419$. Sehingga tingkat pemesanan dapat dilakukan jika kondisi bahan baku terletak pada *state* 1 atau 2 dengan *interval* $0 \leq x \leq 11.419$ ton. Karena penyimpanan maksimum pasir di plant BSP Sayung, Jawa Tengah memiliki maksimum tempat 10.000 ton. Hasil perhitungan rantai markov dengan enumerasi sempurna didapatkan hasil optimum berupa biaya kelebihan bahan baku minimum pada gudang yang dapat digunakan sebagai strategi untuk memesan bahan baku pasir supaya tidak terjadi kelebihan atau *overstock* pasir di periode berikutnya.

References

1. M. Y. Tode, E. Hunggurami, and J. K. Nasjono, "Uji Kuat Tekan Beton Normal dan Mortar yang Menggunakan Agregat Maubesi," J. Tek. Sipil, vol. 9, no. 2, pp. 269-276, 2020. [Online]. Available: <http://jurnalakuntansi.petra.ac.id/index.php/jurnal-teknik-sipil/article/view/23280>
2. Maesaroh and D. Yulia, "Pengaruh Penerapan Metode Material Requirement Planning (MRP) dan Metode Economic Order Quantity (EOQ) terhadap Efisiensi Biaya Bahan Baku," J. Manag. Stud., vol. 9, no. 3, pp. 133-140, 2022.
3. S. Muryani, "Sistem Informasi Pengolahan Data Pembelian Bahan Baku," J. Infortech, vol. 2, no. 1, pp. 110-115, 2020.
4. M. Nasution, "Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Halus Menggunakan Agregat Halus (Pasir) Antara Sungai Tanjung Balai dan Sungai Kisaran," J. Bid. Apl. Tek. Sipil dan Sains, vol. 1, no. 2, pp. 57-63, 2022.
5. K. Ismawati, "Classic Problems: Pengendalian Persediaan," J. Ekon. Bisnis dan Kewirausahaan, vol. 8, no. 2, pp. 12-20, 2019.
6. P. R. Novia, F. Rahmawati, and R. Aprilia, "Metode Markov Chain dalam Pengendalian Persediaan untuk Perencanaan Biaya Persediaan Bahan Baku pada Toko Airin Bakery & Cake Shop," J. Lebesgue J. Ilm. Pendidik. Mat. Mat. dan Stat., vol. 4, no. 1, pp. 391-401, 2023, doi: 10.46306/lb.v4i1.259.
7. V. Jainuri and T. Sukmono, "Optimization of Inventory Costs Using the Continuous Review System (CRS) Method in Controlling the Need for Raw Materials for the Crimean Industry," Acad. Open, vol. 5, no. 2, pp. 1-14, 2021, doi: 10.21070/acopen.5.2021.2205.
8. Oktaviyani, Dwijanto, and Supriyono, "Optimasi Penjadwalan Produksi dan Perencanaan Persediaan Bahan Baku Menggunakan Rantai Markov (Studi Kasus Kinken Cake & Bakery Kutoharjo)," UNNES J. Math., vol. 7, no. 2, pp. 165-180, 2018. [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujmUJM7>
9. M. Fatwa, R. Ristu, S. Pandiangan, and E. Supriyadi, "Pengaplikasian Matlab pada Perhitungan Matriks," Papanda J. Math. Sci. Res., vol. 1, no. 2, pp. 81-93, 2022.

10. S. P. Astuti and T. W. Alhidayatuddiniyah, "Pemanfaatan Software Matrix Laboratory (Matlab) untuk Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa dalam Pembelajaran Fisika Kinematika," *J. Pendidik. Berkarakter*, vol. 3, no. 2, pp. 54-57, 2020.
11. A. Wahid and M. Munir, "Economic Order Quantity Istimewa pada Industri Krupuk 'Istimewa' Bangil," *J. Ind. View*, vol. 2, no. 1, pp. 1-8, 2020.
12. Syardianyah, M. Fuad, and P. Sri, "Analisis Pengendalian Persediaan Produksi pada CV. Fanara Abadi," *J. Ilm. Manaj.*, vol. 8, no. 2, pp. 80-91, 2020.
13. R. Kuswoyo, S. Dur, and H. Cipta, "Penerapan Proses Stokastik Markov Chain dalam Pengendalian Persediaan Produksi Kelapa Sawit di Perkebunan Nusantara IV Sumatera Utara," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 2, pp. 429-438, 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i2.2025.
14. R. Prasyayudha, S. Setyawidayat, and F. Hunaini, "Effectiveness of Minor Overhaul Elimination on Decreasing Cost of Production in Hydroelectric Power Plant," *JEEE-U (J. Electr. Electron. Eng.)*, vol. 5, no. 1, pp. 71-88, 2021, doi: 10.21070/jeeeu.v5i1.1228.
15. A. R. Wiranto, A. Faisol, and Fitriani, "Prediksi Pengeluaran Non Makanan Masyarakat Kabupaten Tulang Bawang Menggunakan Metode Rantai Markov," *J. Stat.*, vol. 15, no. 1, pp. 203-209, 2022.
16. Siswanto, "Operation Research," 2006.
17. A. Wahab, A. Syahid, and J. Junaedi, "Penyajian Data dalam Tabel Distribusi Frekuensi dan Aplikasinya pada Ilmu Pendidikan," *Educ. Learn. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 40, 2021, doi: 10.33096/eljour.v2i1.91.
18. S. A. Pratama and B. I. Putra, "Analysis of Machine Maintenance Using Markov Chain Method for Reducing Maintenance Cost," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 3, pp. 208-214, 2022, doi: 10.21070/pels.v3i0.1320.
19. A. H. Taha, "Riset Operasi," 1997.
20. T. T. Dimiyati and D. Ahmad, "Operation Research," 2018.