Available Online at: https://ejurnal.yarukom.com/index.php/SinoviTech

Scientific Literacy Innovation and Technology Journal

| ISSN (Online) 3046-8361 |

Penerapan *Discrete Time Markov Chain* pada Studi Kasus Populasi Penduduk di Jepang

*Joni Chandra[a], Jimmy Auryan Zen[b], Adrian Leonardus Joviyanto Saragi[c], Kurniawan Hamidi[d]**

[a,b,c,d]Universitas Universal, Komplek Maha Vihara Maitreya, Kota Batam and 29456, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Accepted by the Editor: 30 May 2024
Final Revision: 30 May 2024
Published Online: 31 May 2024

KEYWORDS

Markov Chain, DTMC, Populasi Penduduk.

CORRESPONDENCE*

Telephone:

E-mail: kurniawan.hamidi@uvers.ac.id

ABSTRACT

The population problem in Japan is considered an urgent issue due to low birth rates, a high increase in life expectancy, the number of migrations, and high costs of living. The Japanese government has made numerous efforts to address this issue. During these efforts, a predictive model is required that can be continually updated using sequential data to determine the probability of population decline or increase over a certain period. This research seeks to identify the trend direction, the likelihood of the trend occurring, and its probable duration. The method employed in this study is DTMC. Based on the calculations using this approach, it is predicted that the population will decline over the next 17 years with a probability of 0.773 and increase with a probability of 0.267, referencing annual historical data on Japan's population from 2000 to 2022.

1. INTRODUCTION

Permasalahan populasi di Jepang dipandang sebagai isu yang mendesak [1]. Dalam wawancara dengan [2], Shinzo Abe, perdana menteri Jepang, mengungkapkan bahwa tingkat kelahiran yang rendah Tingkat kelahiran jumlah anak yang akan dimiliki rata-rata oleh seorang wanita selama hidupnya adalah 1,4 dan ada sekitar 400.000 lebih kematian daripada kelahiran setiap tahunnya. Selain itu, peningkatan harapan hidup di Jepang juga tinggi yaitu 84 tahun, dan menjadi yang tertinggi di dunia. Lebih dari 28% dari populasi berusia di atas 65 tahun, dibandingkan dengan 21% di Jerman, 15% di Amerika, dan 6% di India. Sehingga lebih dari setengah bayi yang lahir saat ini di Jepang diharapkan hidup hingga 100 tahun. Proporsi penduduk yang berusia di atas 65 tahun meningkat dari 17,4 persen pada tahun 2000 menjadi 29,0 persen pada tahun 2022 dan diproyeksikan akan naik menjadi 41,2 persen pada tahun 2100. Di sisi lain, penduduk usia kerja (orang yang berusia antara 15 dan 64 tahun) menurun dari 68,1 persen dari penduduk pada tahun 2000 menjadi 59,4 persen pada tahun 2022, dan diproyeksikan akan menurun menjadi 51,1 persen pada tahun 2100 [5].

Selain faktor fertilitas dan mortalitas, permasalahan populasi terjadi disebabkan oleh faktor seperti urbanisasi dan migrasi [3]. Urbanisasi menjelaskan perubahan demografis di kota-kota sehubungan dengan peningkatan ukuran populasi dan struktur akibat migrasi dari pedesaan ke perkotaan sehingga menyebabkan tantangan disagregasi terhadap perbaikan dan manajemen lingkungan yang berkelanjutan [4] dan sistem jaminan sosial seperti biaya ekonomi yang tinggi untuk memiliki dan membesarkan anak yang merupakan masalah yang cukup serius untuk rumah tangga berpenghasilan rendah [5].

Sebagai dampaknya, pertumbuhan GDP Jepang diproyeksikan akan menurun seiring dengan berkurangnya jumlah pekerja usia kerja, kecuali terdapat peningkatan yang signifikan dalam produktivitas. Kekurangan tenaga kerja telah berdampak di berbagai sektor dan bidang pekerjaan. Profesi yang memberikan layanan sosial dan publik, seperti guru, dokter, dan pengasuh, menghadapi kekurangan tenaga kerja yang mendesak [5].

Upaya untuk memperlambat penurunan populasi di Jepang telah dilakukan dengan memperpanjang usia pensiun untuk memperbanyak jumlah pekerja yang lebih tua, mendorong partisipasi wanita di pasar tenaga kerja, memberikan bantuan keuangan kepada pasangan muda untuk membesarkan anak, peningkatan tunjangan anak dan pemberian bantuan ekonomi yang diperluas untuk persalinan dan pendidikan tinggi anak, dan perbaikan lingkungan kerja untuk mengurangi beban dalam membesarkan anak serta meningkatkan kualitas taman kanak-kanak. Sehingga dengan situasi itu, pemerintah selaku pembuat keputusan dapat mengidentifikasi probabilitas perubahan tren populasi di masa mendatang. Salah satu model yang dapat digunakan sebagai alat visualisasi dan memprediksi perubahan jumlah populasi ialah model *markov chain*.

Banyak diantara peneliti yang telah membuat model prediktif dengan mengimplementasikan Markov chain pada berbagai kasus, seperti yang telah dilakukan oleh [6], [7], [8], [9], [10]. Riset ini mengimplementasikan pula metode *Markov chain* dengan data kasus yang dianalisa ialah variabel jumlah populasi di Jepang dari tahun 2000 hingga tahun 2022. Tujuan riset ini untuk menghitung probabilitas transisi tren populasi penduduk di Jepang beberapa tahun mendatang

2. RESEARCH METHODS

Riset ini menggunakan model *Discrete Time Markov Chain* untuk mengestimasi peluang peningkatan atau penurunan jumlah populasi di Jepang dengan prosedur sebagai berikut:

2.1. Perngumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan menggunakan data sekunder. Data jumlah populasi merupakan data yang diamati, atau dikumpulkan secara berurutan dan teratur pada interval waktu yang konstan atau diebut sebagai data *time series*. Setelah data tersebut didapatkan, maka dilakukan proses klasifikasi data dengan statistika deskriptif agar didapatkan tren, pola, dan perilaku dari variabel-variabel yang diamati dari waktu ke waktu.

2.2. *Conditional Probability*

Probabilitas adalah kemungkinan terjadinya suatu peristiwa dan menyatakannya sebagai sebuah nilai berupa angka. Probabilitas adalah nilai yang berkisar antara 0 hingga 1. Ketika probabilitas bernilai 0, maka peristiwa tersebut tidak mungkin terjadi, sedangkan probabilitas bernilai 1 menunjukkan bahwa peristiwa tersebut pasti terjadi.

Menurut [13], apabila suatu kejadian C dan D merupakan kejadian yang berbeda dan kejadian D dipengaruhi oleh kejadian C, maka dapat dinyatakan bahwa C dan D adalah kejadian yang saling tergantung ketika eksperimen dilakukan secara *random* atau dapat dinyatakan sebagai *conditional probabilities* dan ditulis sebagai berikut.

$$P(C|D) = \frac{P(C) \cap P(D)}{P(C)}, P(C) > 0 \quad (1)$$

Legends:
$P(C|D)$: peluang bersyarat kejadian D jika kejadian C diketahui, $P(C) \cap P(D)$: peluang terjadinya D dan C sekaligus, dan P(C): peluang terjadinya C.

2.3. *Proses Stokastik*

Menurut [11] proses stokastik adalah sekumpulan variabel acak yang mencirikan suatu keadaan proses untuk setiap waktu diskrit. Definisi tersebut selaras dengan definisi proses stokastik menurut [13]. Menurutnya, proses stokastik merujuk pada pemodelan dan analisis dari eksperimen secara acak menggunakan teori probabilitas. Hasil dari eksperimen tersebut adalah hasil dari proses stokastik atau acak. Pertanyaan yang dijadikan landasan ketika menggunakan eksprimen jenis ini ialah bagaimana hasil atau keluaran dapat menjadi bervariasi atau berkembang seiring dengan waktu.

Eksperimen atau percobaan adalah situasi di mana hasilnya diamati dalam banyak aplikasi yang dipertimbangkan untuk mendapatkan output atau hasil yang bersifat numerik, terkadang dalam bentuk hitungan atau enumerasi. Eksperimen dianggap acak jika hasilnya tidak dapat diprediksi atau tidak pasti [13].

Oleh karena itu, dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa proses stokastik adalah serangkaian kejadian yang mengikuti aturan-aturan probabilitas. Proses stokastik mengkaji variabel acak yang diindeks atau diurutkan berdasarkan waktu. Karena ranah indeks adalah waktu, data yang dianalisis berupa data deret waktu atau *time series*.

2.4. *Discrete-Time Markov Chain* (DTMC)

Proses stokastik memiliki bentuk khusus yakni *Markov chain*. Menurut [12] *Markov chain* adalah teknik analisa yang baik digunakan untuk mempelajari kejadian yang bersifat sekuensial, dan memprediksi kecenderungan proses acak [14]. artinya proses kejadian pada masa depan hanya dipengaruhi oleh kejadian di masa sekarang dan tidak dipengaruhi oleh kejadian di masa lampau [13]. Secara umum, model *Markov chain* diklasifikasi menjadi 3 bagian, antara lain: (*Discrete Time Markov Chain*) DTMC, (*Continuos Time Markov Chain*) CTMC dan *Hidden Markov Chain*.

DTMC merupakan model probabilitas yang menggambarkan transisi antara keadaan-keadaan diskrit dari waktu ke waktu, apabila pada proses Markov, t_n adalah waktu diskrit dan X_{t_n} adalah keadaan disktrit. Definisi dari *Markov chain* ialah barisan $X_{t_1}, X_{t_2}, X_{t_3}, \ldots, X_{t_n}$ dari *discrete random variable* dimana distribusi *conditional probability* dari X_{t_n} hanya terikat pada $X_{t_{n-1}}$ dan tidak terikat pada $X_{t_1}, X_{t_2}, X_{t_3}, \ldots, X_{t_{n-2}}$. Berdasarkan prinsip tersebut, DTMC dapat diformulasikan seperti pada rumus berikut.

$$P\left(X_{t_{n+1}} = b \middle| X_{t_n} = a\right) = P(X_{t_n} = b | X_{t_{n-1}} = a) \qquad (2)$$

Legends:
$P\left(X_{t_{n+1}} = b \middle| X_{t_n} = a\right)$ ialah probabilitas terjadinya kejadian b di masa depan apabila kejadian di masa kini diketahui. $P(X_{t_n} = b | X_{t_{n-1}} = a)$ ialah probabilitas terjadinya kejadian b di masa kini apabila kejadian di masa lalu diketahui,

2.5. *Transition Probabilty Matrix*

Tahapan awal sebelum transisi matrik dilakukan, ialah mengkonversi data melalui tahapan statistika deskriptif dengan menyatakan setiap kondisi *state* per periode. Setelah tahapan analisa deskriptif dibuat, maka diubah menjadi matriks transisi 1 langkah mengikuti persamaan 3.

Menurut [13], trasnsisi probabilitas membentuk larik $m \times m$ yang dapat disusun menjadi matriks transisi T, di mana,

$$T = [p_{ab}] = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mm} \end{bmatrix} \qquad (3)$$

Setiap *row* dari matriks T merupakan distribusi probabilitas dengan nilai $p_{ab} \geq 0$ hingga $\sum_{b=1}^{a} p_{ab} = 1$.

Untuk menghitung matriks probabilitas transisi setelah n langkah, kita dapat menggunakan persamaan Chapman-Kolmogorov sebagai berikut.

$$p_{ab}^{m+n} = \sum_c (p_{ac}^m \times p_{cb}^n) \qquad (4)$$

Legends:

- p_{ab}^{m+n} : peluang transisi dari kejadian a ke kejadian b setelah m + n langkah dan sebelumnya diketahui terjadi kejadian i.
- p_{ac}^m: peluang transisi dari kejadian a ke kejadian c setelah m langkah dan sebelumnya diketahui terjadi kejadian a.
- p_{cb}^n: peluang transisi dari kejadian c ke kejadian b setelah n langkah dan sebelumnya diketahui kejadian c.

Matriks probabilitas transisi n-langkah digunakan untuk mengestimasi probabilitas kejadian di masa depan dalam n periode berdasarkan kejadian saat ini. Semakin besar nilai n, semakin seimbang probabilitas transisi kejadian tersebut. Jika probabilitas transisi dalam matriks mencapai keseimbangan dan tetap, maka matriks tersebut memiliki probabilitas *steady state*. Matriks probabilitas transisi dengan probabilitas *steady state* bermanfaat untuk memprediksi kejadian dalam jangka waktu panjang. Persamaan distribusi stasioner digunakan untuk menghitung matriks probabilitas transisi dengan probabilitas *steady state* pada persamaan 6 dan persamaan 7.

$$\pi p - \pi = 0 \quad (5)$$

$$\pi(p-1) = 0 \quad (6)$$

$$\sum_i^m \pi_i = 1 \quad (7)$$

Legends:

π: jumlah kolom

p: matriks transisi p

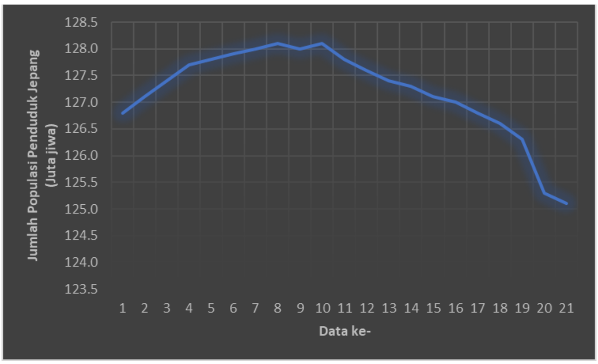
p_{iji}: matriks identitas

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. *Descriptive Analysis*

Tabel 1. Klasifikasi *state* berdasarkan jumlah populasi penduduk jepang

Tahun	Jumlah penduduk jepang (juta jiwa)	*State*	*Group*
2000	126.8	-	
2001	127.1	1	
2002	127.4	1	11
2003	127.7	1	11
2004	127.8	1	11
2006	127.9	1	11
2007	128.0	1	11
2008	128.1	1	11
2009	128.0	0	10
2010	128.1	1	01
2011	127.8	0	10
2012	127.6	0	00
2013	127.4	0	00
2014	127.3	0	00
2015	127.1	0	00
2017	127.0	0	00
2018	126.8	0	00
2019	126.6	0	00
2020	126.3	0	00
2021	125.3	0	00
2022	125.1	0	00



Gambar 1. Pola atau tren penurunan populasi di Jepang (pertahun) dari tahun 2000-2022

3.2. *Penentuan Matriks Probabilitas 1-step*

$$P^1 = \begin{bmatrix} \frac{10}{11} & \frac{1}{11} \\ \frac{2}{8} & \frac{6}{8} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}909 & 0{,}091 \\ 0{,}250 & 0{,}750 \end{bmatrix} \quad (8)$$

pada persamaan 8, didapatkan hasil bahwa probabilitas 1 tahun mendatang jumlah populasi Jepang turun apabila diketahui dari data 1 periode sebelumnya turun lalu periode saat ini juga turun ialah sebesar 0.909, probabilitas 1 tahun mendatang jumlah populasi akan turun jika diketahui data 1 periode sebelumnya turun lalu periode saat ini naik ialah sebesar 0.091. Sebaliknya, probabilitas populasi Jepang akan naik pada 1 tahun mendatang sebesar 0.25 apabila diketahui data 1 tahun sebelumnya naik dan data 1 tahun yang diukur turun, lalu probabilitas populasi Jepang naik sebesar 0.75 jika diketahui data 1 tahun saat ini naik dan 1 tahun berikutnya naik.

3.3. *Matriks Probabilitas Trasnsisi n-step*

$$P^2 = \begin{bmatrix} 0{,}909 & 0{,}091 \\ 0{,}250 & 0{,}750 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0{,}909 & 0{,}091 \\ 0{,}250 & 0{,}750 \end{bmatrix}$$

$$P^2 = \begin{bmatrix} 0{,}849 & 0{,}151 \\ 0{,}415 & 0{,}585 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$P^3 = \begin{bmatrix} 0{,}849 & 0{,}151 \\ 0{,}415 & 0{,}585 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0{,}909 & 0{,}091 \\ 0{,}250 & 0{,}750 \end{bmatrix}$$

$$P^3 = \begin{bmatrix} 0{,}810 & 0{,}190 \\ 0{,}523 & 0{,}477 \end{bmatrix} \tag{10}$$

3.4. *Matriks Trasnsisi Steady State*

$$\pi(p^1 - I) = 0$$

$$[\pi_0 \pi_1]\left(\left[\begin{bmatrix} 0{,}909 & 0{,}091 \\ 0{,}250 & 0{,}750 \end{bmatrix}\right] - \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\right) = [0 \quad 0]$$

$$[\pi_0 \pi_1]\left(\left[\begin{bmatrix} -0{,}091 & 0{,}091 \\ 0{,}25 & -0{,}25 \end{bmatrix}\right]\right) = [0 \quad 0]$$

$$-0{,}091\pi_0 + 0{,}25\pi_1 = 0 \tag{11}$$

$$0{,}091\pi_0 + (-0{,}25)\pi_1 = 0 \tag{12}$$

$$\pi_0 + \pi_1 = 1 \rightarrow \pi_0 = 1 - \pi_1 \tag{13}$$

Selanjutnya ialah menyubtitusikan persamaan 13 ke persamaan 11 atau persamaan 12, sehingga diperoleh nilai π0 dan π1 sebagai berikut.

$$\pi_0 = 1 - \pi_1$$
$$-0{,}091(1 - \pi_1) + 0{,}25\pi_1 = 0$$
$$-0.091 + 0{,}091\pi_1 + 0{,}25\pi_1 = 0 \tag{14}$$
$$-0{,}091 = -0{,}341\pi_1$$
$$\pi_1 = 0{,}267$$
$$\pi_0 = 0{,}773$$

Sehingga matriks *steady state* yang terbentuk ialah,

$$\pi = \begin{bmatrix} 0{,}773 & 0{,}267 \\ 0{,}773 & 0{,}267 \end{bmatrix} \tag{15}$$

Berdasarkan perhitungan dari matriks transisi *steady state*, didapatkan bahwa kemungkinan terjadi penurunan populasi penduduk Jepang dalam jangka waktu yang panjang adalah 0,773, sementara probabilitas kenaikan populasi penduduk Jepang adalah 0,267. Hasil ini merupakan hasil perkalian matrik sebanyak *17-steps* seperti yang ditunjukkan pada tabel hasil hitung.

Tabel 2. Tabel hasil hitung

Step	*State-1*	*State-2*	*Formula*
S0	0	1	*Initial State*
S1	0.250	0.750	S0 × P = S0 × P1
S2	0.415	0.585	S1 × P = S0 × P2
S3	0.523	0.477	S2 × P = S0 × P3
S4	0.595	0.405	S3 × P = S0 × P4
S5	0.642	0.358	S4 × P = S0 × P5
S6	0.673	0.327	S5 × P = S0 × P6
S7	0.694	0.306	S6 × P = S0 × P7
S8	0.707	0.293	S7 × P = S0 × P8
S9	0.716	0.284	S8 × P = S0 × P9
S10	0.722	0.278	S9 × P = S0 × P10
S11	0.726	0.274	S10 × P = S0 × P11
S12	0.728	0.272	S11 × P = S0 × P12
S13	0.730	0.270	S12 × P = S0 × P13
S14	0.731	0.269	S13 × P = S0 × P14
S15	0.732	0.268	S14 × P = S0 × P15
S16	0.732	0.268	S15 × P = S0 × P16
S17	0.733	0.267	S16 × P = S0 × P17
S18	0.733	0.267	S17 × P = S0 × P18
S19	0.733	0.267	S18 × P = S0 × P19
S20	0.733	0.267	S19 × P = S0 × P20

Pada tabel 2, dapat dilihat bahwa dari step 17 dan step ke 18 probabilitas mulai stagnan atau tidak berubah, sehingga kondisi ini dinyatakan *steady state*. Namun, penting untuk diingat bahwa probabilitas tersebut bisa berubah seiring waktu dengan penambahan data baru ke dalam matriks transisi. Oleh karena itu, perhitungan terus-menerus menggunakan metode DTMC diperlukan untuk memantau perubahan peluang penurunan dan kenaikan jumlah populasi penduduk Jepang seiring pertambahan data yang relevan sebagai bentuk studi kasus.

4. CONCLUSIONS

Studi kasus terhadap prediksi pola pertumbuhan populasi dan penurunan populasi di Jepang menggunakan DTMC telah menghasilkan model perhitungan prediktif terhadap suatu tren data *sequential*. Pada kasus populasi Jepang, diprediksi akan teradi penurunan jumlah populasi selama 17 tahun mendatang dengan probabilitas sebesar 0,773 dan terjadi kenaikan populasi dengan probabilitas sebesar 0,267 dengan acuan data hitoris tahunan mengenai jumlah populasi penduduk Jepang dari tahun 2000 hingga tahun 2022.

Peneliti menyarankan agar data historis tersebut selalu dilakukan *update* setiap tahunnya. Tujuannya ialah perubahan probabilitas akan semakin *up to date*. Lalu peneliti juga menyarankan agar riset atau studi kasus berikutnya mengenai populasi, penentuan transisi *state* tidak terbatas hanya membahas *state* kenaikan atau *state* penurunan saja, dapat pula dihubungkan dengan variabel lain seperti jumlah fertilitas, jumlah mortalitas dan jumlah migrasi.

REFERENCE

[1] Q. Pan and K. Sasaki, "Verifying the effectiveness of area division for land and population: The case of the Kofu urban area, Japan," *Asian transport studies*, vol. 10, pp. 100124- 100124, Jan. 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2024.100124.

[2] S.B., "The challenges of Japan's demography," *The Economist*, Nov. 26, 2018. https://www.economist.com/the-economist explains/2018/11/26/the-challenges-of-japans demography.

[3] Ida Bagus Mantra, Demografi umum. Pustaka Pelajar, 2000.

[4] Edmund Ntom Udemba, N.-U. Khan, and Syed, "Demographic change effect on ecological footprint: A tripartite study of urbanization, aging population, and environmental mitigation technology," *Journal of cleaner production*, vol. 437, pp. 140406–140406, Jan. 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140406.

[5] S. Urata, "Combating depopulation in Japan," Mar. 2024, doi: https://doi.org/10.59425/eabc.1709643600.

[6] A. Akhdan and A. Fauzy, "Pendekatan Rantai Markov Waktu Diskrit dalam Memprediksi Penurunan dan Kenaikan Jumlah Pelanggan Air Minum Baru PDAM Kota Surakarta," *Emerging Statistics and Data Science Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 309–319, Jun. 2023, doi: https://doi.org/10.20885/esds.vol1.iss.2.art31.

[7] R. Nurhidayati, Isroyati Isroyati, Hadi Jayadi, Hafizh Khoiruddin, Muhammad, and Regina Meylania Suak, "Analisis Loyalitas Konsumen dalam Pembelian Produk Air Mineral Kemasan Botol Menggunakan Metode Rantai Markov," *Jurnal Pariwisata Bisnis Digital dan Manajemen*, vol. 2, no. 1, pp. 22–29, May 2023, doi: https://doi.org/10.33480/jasdim.v2i1.4150.

[8] S. Latifah and Y. P. Astuti, "Penerapan Rantai Markov dalam Menganalisis Persaingan Jasa Pengiriman Barang (Ekspedisi)," *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 9, no. 3, pp. 458–465, Dec. 2021, doi: https://doi.org/10.26740/mathunesa.v9n3.p458-465.

[9] F. Nurhamiddin and N. Hamim, "Analisis Perpindahan Penggunaan Merek Handphone Dikalangan Mahasiswa dengan Rantai Markov," Jurnal BIOSAINSTEK, vol. 3, no. 2, Jun. 2021, doi: https://doi.org/10.52046/biosainstek.v3i2.715.

[10] L. A. Malau, "Memprediksi Kemiskinan Menurut Kabupaten di Kota Medan Menggunakan Metode Analisis Rantai Markov," *OSF-Preprints*, May. 2023, doi: https://doi.org/10.31219/osf.io/yjs3c.

[11] H. A. Taha, Operations research : an introduction. Harlow, Essex: Pearson Education Limited, 2017.

[12] Z. He and W. Jiang, "A new belief Markov chain model and its application in inventory rediction," *International Journal of Production Research*, vol. 56, no. 4, pp. 2800–2817, Dec. 2017, doi: https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1405166.

[13] P. W. Jones and P. Smith, Stochastic processes: an introduction. Boca Raton, Fl: Crc Press, Taylor & Francis Group, 2018.

[14] A. Asyrofi, I. Anggriani, and A.R. Soemarsono. "Implementation of Discrete Time Markov Chain Method to Estimate the Transition of Smartphone Brands Usage in Balikpapan." *Jurnal ILMU DASAR* vol. 24, no.2, pp. 159-168, July. 2023.