

**ANALISIS MOBILITAS HARIAN MAHASISWA SAINS DATA  
ANGKATAN 2022 MENGGUNAKAN RANTAI MARKOV DAN  
STEADY-STATE DISTRIBUTION**



Ganiya Syazwa	: 122450073
Chalifia Wananda	: 122450076
Alvia Asrinda Br Ginting	: 122450077
Renisha Putri Giani	: 122450079

**PROGRAM STUDI SAINS DATA  
FAKULTAS SAINS  
INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA  
2025**

## ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pola mobilitas harian mahasiswa Sains Data angkatan 2022 di Institut Teknologi Sumatera menggunakan model Rantai Markov dan distribusi stasioner (steady-state distribution). Data dikumpulkan melalui kuesioner yang mencatat aktivitas mahasiswa pada empat lokasi utama kampus, yaitu kelas, kantin, perpustakaan, dan kosan, dalam rentang waktu 07.00–17.00 WIB. Analisis dilakukan dengan membentuk matriks probabilitas transisi untuk menggambarkan peluang perpindahan antar lokasi, serta menentukan distribusi stasioner guna melihat proporsi jangka panjang keberadaan mahasiswa di setiap lokasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model Rantai Markov secara efektif merepresentasikan pola mobilitas yang stabil, dengan probabilitas tinggi mahasiswa tetap berada pada lokasi yang sama (self-loop). Distribusi steady-state memperlihatkan dua lokasi dominan, yaitu kelas (45,83%) dan kosan (45,27%), sedangkan kantin (5,93%) dan perpustakaan (2,96%) memiliki proporsi yang jauh lebih kecil. Rantai transisi yang terbentuk bersifat ergodik, menandakan bahwa sistem mencapai kestabilan dalam jangka panjang. Temuan ini memberikan gambaran empiris mengenai perilaku spasial mahasiswa serta dapat menjadi dasar bagi pengelolaan fasilitas dan penjadwalan kampus yang lebih efisien.

**Kata Kunci:** Rantai Markov, Distribusi Stasioner, Mobilitas Mahasiswa, Model Stokastik

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Mobilitas mahasiswa di kampus merupakan fenomena yang mencerminkan dinamika keseharian dalam lingkungan pendidikan tinggi, termasuk bagaimana mereka berpindah antar lokasi seperti ruang kelas, kantin, perpustakaan, dan tempat tinggal. Pola pergerakan ini tidak hanya menunjukkan aktivitas fisik, tetapi juga merepresentasikan bentuk adaptasi mahasiswa terhadap tuntutan akademik, sosial, dan personal dalam kehidupan kampus. Pada mahasiswa tingkat akhir, mobilitas ini menjadi semakin kompleks karena mereka harus menyeimbangkan kegiatan perkuliahan, proses bimbingan tugas akhir, serta aktivitas belajar mandiri yang seringkali dilakukan di berbagai fasilitas kampus. Penelitian yang dilakukan oleh Maharani, Nurlaela, dan Navitas menunjukkan bahwa mobilitas mahasiswa dalam kampus cenderung mengikuti pola waktu dan rute yang berulang berdasarkan kebutuhan akademik dan ketersediaan fasilitas [1]. Temuan serupa dinyatakan oleh Maruddin dan Kasim yang mengidentifikasi keterkaitan antara lokasi asal mahasiswa dan intensitas kunjungan ke fasilitas kampus tertentu. Fenomena tersebut memperlihatkan bahwa mobilitas mahasiswa tidak bersifat acak, melainkan memiliki pola probabilistik yang dapat dipetakan dan dianalisis secara kuantitatif [2].

Untuk memahami pola tersebut secara sistematis, diperlukan pendekatan matematis yang mampu memodelkan transisi antar lokasi berdasarkan kemungkinan perpindahan mahasiswa dalam satuan waktu tertentu. Rantai Markov (Markov Chain) merupakan model stokastik yang efektif untuk menganalisis sistem yang berubah secara dinamis di mana kondisi berikutnya bergantung pada kondisi saat ini. Pendekatan ini telah digunakan pada berbagai konteks perilaku manusia untuk menggambarkan proses berpindah antar keadaan. Penelitian yang dilakukan oleh Novianti, Humairoh, dan Harahap menunjukkan bahwa model Rantai Markov mampu merepresentasikan perubahan keadaan sistem secara berulang dengan ketergantungan antar waktu yang kuat [3]. Sementara itu, Nabila menegaskan fleksibilitas model ini untuk menganalisis perpindahan pilihan mahasiswa terhadap produk tertentu dengan memanfaatkan peluang transisi antar keadaan [4]. Kedua penelitian tersebut membuktikan bahwa Rantai Markov dapat digunakan untuk memahami pola berpindah yang bersifat stokastik dalam berbagai sistem perilaku manusia.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menerapkan Rantai Markov untuk menganalisis pola mobilitas harian mahasiswa tingkat akhir di kampus. Model ini digunakan untuk membangun matriks probabilitas transisi yang menunjukkan kecenderungan mahasiswa berpindah antar lokasi utama seperti kelas, kantin, perpustakaan dan kosan. Selain itu, perhitungan distribusi stasioner (steady-state) akan menggambarkan proporsi jangka panjang keberadaan mahasiswa pada setiap lokasi, sehingga dapat memberikan pemahaman empiris mengenai alokasi waktu dan intensitas penggunaan fasilitas kampus. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan ruang, penjadwalan kegiatan, serta perencanaan fasilitas kampus secara lebih efisien, sekaligus memperkuat penerapan metode kuantitatif berbasis data dalam studi perilaku spasial mahasiswa tingkat akhir di lingkungan pendidikan tinggi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pola transisi lokasi mahasiswa tingkat akhir di lingkungan kampus (kelas, kostan, perpustakaan, dan kantin) dapat dimodelkan menggunakan Rantai Markov?
2. Bagaimana bentuk matriks probabilitas transisi yang menggambarkan peluang perpindahan mahasiswa antar lokasi utama di kampus?
3. Bagaimana karakteristik distribusi stasioner (steady-state) yang menunjukkan proporsi jangka panjang keberadaan mahasiswa pada tiap lokasi?
4. Apakah rantai transisi antar lokasi bersifat ergodik, sehingga dapat mencapai kestabilan distribusi jangka panjang yang merepresentasikan perilaku mobilitas mahasiswa tingkat akhir di kampus?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini disusun untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis pola perpindahan mahasiswa tingkat akhir antar lokasi utama di kampus berdasarkan data observasi menggunakan model Rantai Markov.
2. Menyusun dan menghitung matriks probabilitas transisi guna menggambarkan peluang perpindahan mahasiswa antar lokasi kampus.
3. Menentukan distribusi stasioner (steady-state distribution) yang menunjukkan proporsi jangka panjang keberadaan mahasiswa di setiap lokasi utama kampus.
4. Mengevaluasi sifat ergodik dari sistem mobilitas mahasiswa dengan meninjau aspek keterhubungan (irreducibility) dan ketakperiodikan (aperiodicity) pada rantai transisi yang terbentuk.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Secara akademis, penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan penerapan Rantai Markov untuk analisis perilaku spasial di lingkungan pendidikan tinggi, khususnya pada mahasiswa tingkat akhir. Penelitian ini memperkaya literatur empiris tentang pemodelan probabilistik terhadap mobilitas mahasiswa serta memberikan dasar metodologis bagi studi lanjutan yang menggabungkan pendekatan kuantitatif dan spasial. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pihak kampus dalam pengambilan keputusan berbasis data untuk perencanaan ruang, pengelolaan fasilitas, dan penjadwalan kegiatan akademik, sehingga menciptakan lingkungan belajar yang lebih efisien dan adaptif terhadap kebutuhan mahasiswa.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Mobilitas Mahasiswa di Lingkungan Kampus

Mobilitas pada dasarnya merupakan proses perpindahan individu dari satu lokasi ke lokasi lain dalam suatu ruang geografis tertentu. Dalam konteks aktivitas manusia, mobilitas tidak hanya menggambarkan pergerakan fisik semata, tetapi juga mencerminkan dinamika perilaku, kebiasaan, serta kebutuhan individu terhadap lingkungan sekitarnya. Pola mobilitas dapat bersifat rutin maupun acak tergantung pada tujuan, waktu, dan kondisi lingkungan. Oleh karena itu, kajian terhadap mobilitas menjadi penting untuk memahami bagaimana suatu sistem sosial atau spasial beroperasi dan berinteraksi secara dinamis dari waktu ke waktu [5].

Mobilitas mahasiswa merupakan bentuk khusus dari mobilitas manusia yang terjadi di lingkungan pendidikan tinggi, di mana mahasiswa berpindah antar lokasi seperti ruang kelas, perpustakaan dan kantin. Perpindahan ini dipengaruhi oleh faktor akademik seperti jadwal perkuliahan dan kegiatan bimbingan, faktor sosial seperti interaksi dengan teman sejawat, serta faktor personal seperti kebutuhan makan dan istirahat [6]. Pola mobilitas mahasiswa umumnya bersifat berulang dan berpola harian misalnya, dominan berada di kelas pada pagi hari, di kantin saat siang, dan di perpustakaan pada sore hingga malam hari. Analisis terhadap pola mobilitas ini menjadi penting karena dapat memberikan dasar bagi optimalisasi penggunaan ruang, penjadwalan kegiatan akademik, serta pengembangan fasilitas kampus yang lebih efisien dan adaptif terhadap kebutuhan mahasiswa [7].

#### 2.2 Rantai Markov (Markov Chain)

Rantai Markov atau *Markov Chain* merupakan salah satu model stokastik yang digunakan untuk merepresentasikan sistem dinamis, di mana keadaan sistem pada waktu berikutnya bergantung hanya pada keadaan saat ini, dan tidak bergantung pada keadaan sebelumnya. Sifat ini dikenal sebagai prinsip tanpa ingatan (*memoryless property*) [8].

Secara matematis, proses stokastik  $\{X_t\}$  disebut rantai Markov jika memenuhi:

$$P(|X_t = s_i, X_{t+1} = s_{i+1}, \dots, X_0 = s_0) = P(X_{t+1} = s_j | X_t = s_i)$$

Untuk setiap  $s_i, s_j \in S$ . Kemudian peluang transisi dari state  $i$  ke state  $j$  ditulis sebagai:

$$p_{ij} = P(X_{t+1} = j | X_t = i)$$

Setiap baris  $i$  dari matriks menunjukkan distribusi peluang dari state  $i$  ke seluruh state. Dalam konteks mobilitas mahasiswa, state mewakili lokasi seperti kelas, kantin, ruang bimbingan, dan perpustakaan, sementara  $p_{ij}$  merepresentasikan peluang mahasiswa berpindah dari lokasi  $i$  ke lokasi  $j$  dalam satu periode waktu. Model rantai Markov telah digunakan dalam berbagai studi mobilitas manusia: misalnya dalam *Human mobility prediction with causal and spatial-constrained multi-task network*, yang membahas prediksi mobilitas manusia menggunakan model sekuensial dan Markov sebagai bagian dari pendekatan [9]. Dalam konteks mobilitas mahasiswa, rantai Markov digunakan untuk memodelkan kemungkinan perpindahan mahasiswa dari satu lokasi ke lokasi lain di dalam kampus berdasarkan probabilitas transisi antar keadaan.

### 2.3 Matriks Probabilitas Transisi

Matriks probabilitas transisi merupakan representasi matematis dari peluang perpindahan sistem dari satu keadaan (*state*) ke keadaan lainnya dalam model Rantai Markov. Setiap elemen dalam matriks ini menggambarkan besarnya kemungkinan berpindah dari satu keadaan asal ke keadaan tujuan dalam satu langkah waktu (time-step). Secara umum, bentuk matriks probabilitas transisi dituliskan sebagai berikut:

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

di mana  $p_{ij}$  adalah probabilitas transisi dari keadaan  $i$  menuju keadaan  $j$ . Setiap elemen  $p_{ij}$  memenuhi syarat:

$$0 \leq p_{ij} \leq 1 \text{ dan } \sum_{j=1}^n p_{ij} = 1$$

untuk setiap  $i$ . Artinya, total seluruh peluang transisi keluar dari suatu keadaan harus berjumlah 1, karena sistem pasti akan berpindah ke salah satu keadaan (termasuk kemungkinan tetap di keadaan semula).

### 2.4 Distribusi Stasioner (*Steady-State Distribution*)

Distribusi stasioner atau *steady-state* adalah kondisi di mana vektor distribusi keadaan tidak berubah setelah banyak langkah transisi [10], yaitu:

$$\pi = \pi P$$

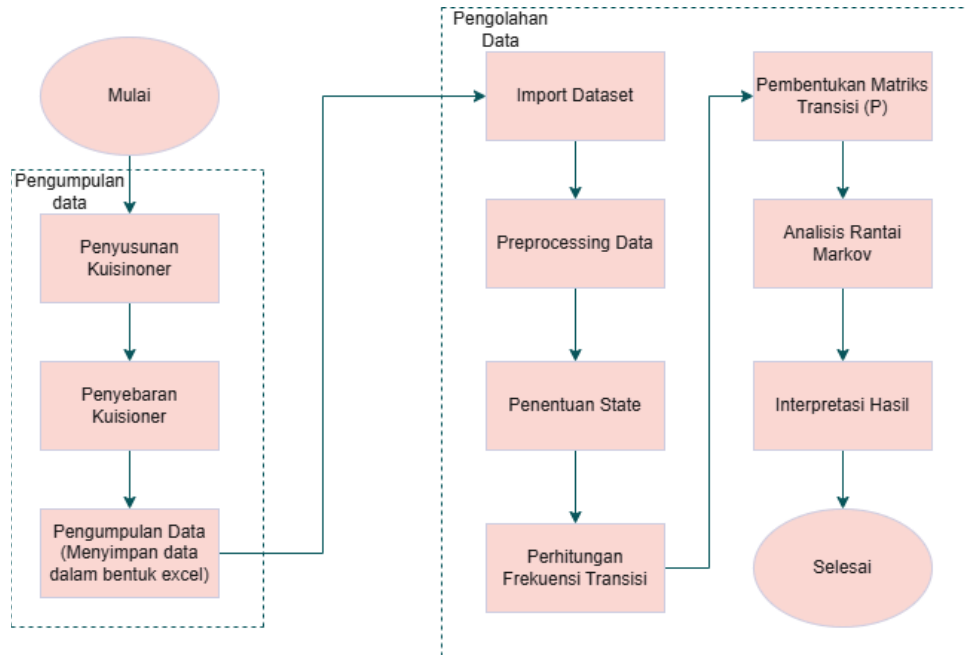
dengan  $\sum \pi_i = 1$ . Bila rantai Markov bersifat *ergodic (irreducible & aperiodic)*, maka distribusi

stasioner akan unik dan dapat diperoleh sebagai batas dari  $\pi^{(t)}$  saat  $t \rightarrow \infty$ . Dalam penelitian mobilitas mahasiswa, distribusi stasioner menggambarkan proporsi jangka panjang mahasiswa berada pada tiap lokasi kampus, misalnya berapa persen waktu mereka berada di kelas, kantin, atau perpustakaan. Studi seperti *Trajectory Prediction in Campus Based on Markov Chains* (meskipun lebih ke jaringan WiFi dan prediksi lokasi) menunjukkan bagaimana model Markov dapat diterapkan untuk memprediksi transisi antar ruang dalam lingkungan kampus [11].

Dengan menghitung distribusi stasioner berdasarkan matriks transisi yang diestimasi dari data observasi mahasiswa, penelitian ini akan menghasilkan gambaran jangka panjang mobilitas mahasiswa angkatan 2022 di lingkungan kampus Sains Data.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

### 3.2 Dataset

Dataset yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer hasil observasi atau kuisinoner yang mencatat aktivitas harian mahasiswa Sains Data angkatan 22. Dataset ini berisi informasi tentang lokasi atau keadaan mahasiswa pada waktu diskrit yang telah ditentukan (setiap jam). Dataset dikumpulkan dalam format tabular, dimana setiap baris mewakili satu responden dan kolom-kolom lainnya mewakili lokasi responden pada jam-jam berurutan (jam 07.00 - jam 17.00). Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan fokus pada pemodelan probabilitas pergerakan mahasiswa antar lokasi/aktivitas harian menggunakan konsep rantai markov waktu diskrit (*Discrete-Time Markov Chain*).

### 3.3 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data ini berfokus pada analisis *Rantai Markov Waktu Diskrit* untuk memodelkan dan memprediksi dinamika pergerakan mahasiswa antar keadaan. Perhitungan dilakukan menggunakan bahasa pemrograman R dengan memanfaatkan *package* seperti *dplyr*, *stringr*, *igraph*, dan *expm*.

#### 3.3.1 Frekuensi Transisi

Tahap pertama adalah menghitung frekuensi transisi. Menghitung Frekuensi Transisi adalah proses mengukur seberapa sering terjadi perpindahan dari satu keadaan ( $i$ ) ke keadaan lain ( $j$ ) dalam satu langkah waktu diskrit. Hasil dari perhitungan ini adalah Matriks Hitung Transisi ( $N$ ).

1. Identifikasikan pasangan: Setiap urutan lokasi  $(X_t, X_{t+1})$  dari setiap responden diiterasi.
2. Matriks hitung: Hasilnya disusun menjadi matriks hitung transisi, di mana elemen  $n_{ij}$  mencatat jumlah kali observasi transisi dari keadaan  $i$  ke keadaan  $j$ .

### 3.3.2 Menyusun Matriks Probabilitas Transisi (P)

Matriks frekuensi  $N$  dikonversi menjadi Matriks Probabilitas Transisi ( $P$ ), yang bersifat stokastik baris (jumlah probabilitas setiap baris adalah 1). Probabilitas  $p_{ij}$  dihitung dengan membagi frekuensi  $n_{ij}$  dengan total frekuensi transisi keluar dari keadaan asal  $i$  (jumlah baris ke- $i$  dari  $N$ ) pada Persamaan 3.3.2 di bawah:

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{k \in S} n_{ik}} \quad (\text{Persamaan 3.3.2})$$

### 3.3.3 Menghitung Probabilitas Langkah ke- $n$ ( $P^n$ )

Probabilitas berada di suatu keadaan  $j$  setelah  $n$  langkah, diketahui keadaan awal  $i$ , dihitung dengan memangkatkan matriks  $P$  sebanyak  $n$  kali pada Persamaan 3.3.3 berikut.

$$P^n = P \times P \times \dots \times P \quad (\text{Persamaan 3.3.3})$$

Analisis ini mencakup perhitungan untuk  $n = 2$  dan  $n = 3$  (jangka pendek), serta  $n = 10$  (untuk melihat konvergensi awal), menggunakan fungsi pemangkatan matriks dari *package expm*.

### 3.3.4 Menentukan Distribusi Stationer ( $\pi$ )

Distribusi Stasioner ( $\pi$ ) merepresentasikan vektor probabilitas yang menyatakan alokasi waktu rata-rata atau proporsi mahasiswa yang berada di setiap lokasi dalam jangka waktu yang sangat panjang ditunjukkan pada Persamaan 3.3.4 berikut.

$$\pi P = \pi \quad (\text{Persamaan 3.3.4})$$

Vektor  $\pi$  dinormalisasi sehingga total semua elemennya sama dengan 1 ( $\sum \pi_i = 1$ ). Distribusi  $\pi$  menunjukkan proporsi waktu rata rata yang dihabiskan mahasiswa di setiap keadaan dalam jangka panjang.

### 3.3.5 Evaluasi Sifat Ergodik

1. Irreducibility (Tak Tersederhanakan): Diperiksa melalui analisis Strongly Connected Components pada graf transisi. Rantai bersifat *irreducible* jika semua keadaan saling berkomunikasi (dapat diakses satu sama lain), membentuk satu kelas komunikasi tunggal.
2. Aperiodicity (Aperiodik): Diperiksa dengan menghitung periode ( $d_i$ ) dari setiap keadaan. Jika periode ( $d_i$ ) untuk semua keadaan, rantai tersebut aperiodik, rumus perhitungan aperiodik ditunjukkan pada Persamaan 3.3.5 berikut.



$$d_i = \gcd\{n \geq 1 : (P^n)_{i,i} > 0\} \quad (\text{Persamaan 3.3.5})$$

Jika rantai adalah *irreducible* dan aperiodik, maka rantai tersebut ergodik, yang memvalidasi keunikan dan konvergensi  $P^n$  ke  $\pi$ .

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Deskriptif Hasil Penelitian

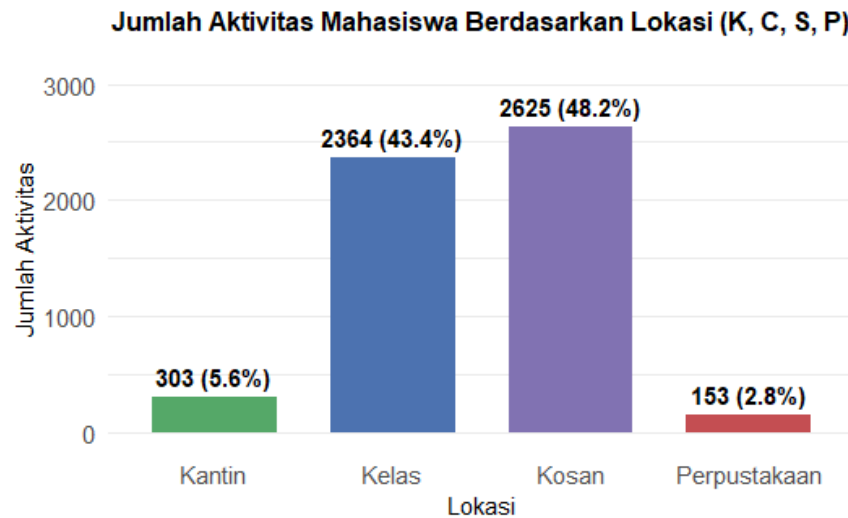
Seluruh data yang dikumpulkan didapat dari hasil penyebaran kuesioner yang disebarakan kepada mahasiswa Sains Data Institut Teknologi Sumatera angkatan 2022. Setiap mahasiswa diminta mengisi lokasi aktivitas pada rentang waktu 07.00–17.00 wib, sehingga setiap mahasiswa menyumbang rangkaian observasi per-jam sepanjang lima hari kerja (Senin-Jumat). Dengan demikian, total observasi posisi (*state occurrences*) yang dianalisis adalah  $99 \times 55 = 5.445$  catatan posisi per-jam.

Dataset yang diperoleh terdiri dari 62 kolom, dimana 55 kolom pertama mencatat kegiatan per jam (07.00–17.00) dari Senin hingga Jumat. Kolom-kolom sisanya memuat informasi mahasiswa seperti frekuensi perpindahan lokasi harian, faktor utama perpindahan lokasi, serta lokasi yang paling sering dituju setelah keluar kelas. Setiap entri jam aktivitas telah dinormalisasi ke dalam empat kategori utama, yaitu C (Kelas), K (Kantin), P (Perpustakaan), dan S (Kosan). Normalisasi ini dilakukan untuk mengelompokkan berbagai aktivitas spesifik ke kategori umum yang relevan dengan mobilitas mahasiswa.

Analisis awal frekuensi aktivitas per lokasi menunjukkan distribusi observasi seperti pada **Gambar 4.1** yang memperlihatkan bahwa mayoritas observasi terpusat pada dua lokasi utama, yaitu Kosan (48,2%) dan Kelas (43,4%). Dari total 5.445 observasi per jam yang dipilih oleh mahasiswa selama lima hari kerja, aktivitas di kosan (S) tercatat sebanyak 2.625 observasi atau sekitar 48,2%, yang menjadikannya lokasi dengan frekuensi tertinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa mahasiswa tingkat akhir cenderung menghabiskan hampir separuh waktu mereka di lingkungan tempat tinggal, baik untuk istirahat, mengerjakan tugas akhir, maupun melakukan aktivitas belajar mandiri.

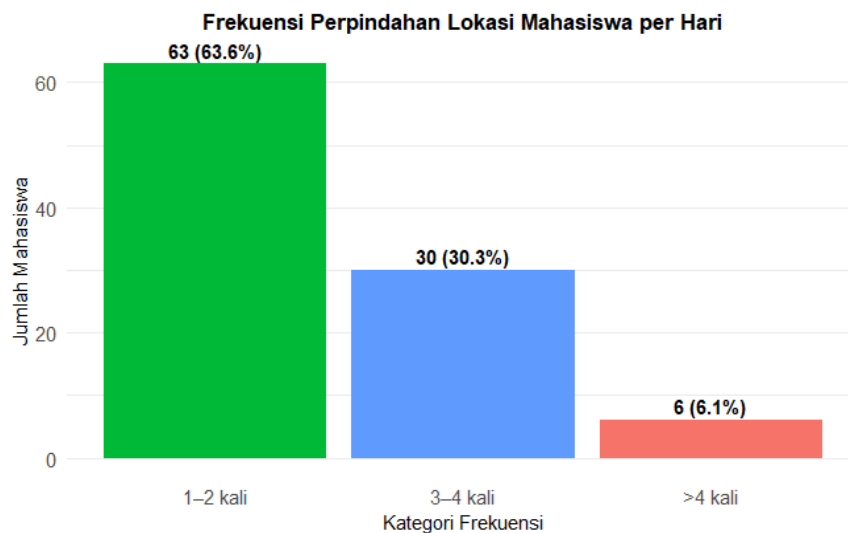
Selanjutnya, kelas (C) menempati posisi kedua dengan 2.364 observasi atau sekitar 43,4%, menunjukkan bahwa mahasiswa masih memiliki aktivitas akademik kampus yang intensif dan rutin. Frekuensi yang tinggi ini memperlihatkan bahwa jadwal perkuliahan, bimbingan, dan kegiatan akademik lainnya tetap menjadi komponen penting dalam struktur waktu harian mahasiswa. Aktivitas di kantin (K) tercatat sebanyak 303 observasi atau 5,6% dari seluruh data. Frekuensi ini merefleksikan bahwa kunjungan mahasiswa ke kantin tidak terlalu sering, biasanya terkait kebutuhan makan atau istirahat singkat antar kegiatan.

Sementara itu, perpustakaan (P) menunjukkan frekuensi paling rendah, yaitu 153 observasi atau 2,8%, yang mengindikasikan bahwa penggunaan fasilitas perpustakaan relatif kecil dibandingkan lokasi lainnya. Hal ini dapat disebabkan oleh preferensi mahasiswa untuk belajar dari kosan atau ruang lain yang dianggap lebih nyaman, atau karena sebagian kebutuhan literatur dapat diakses secara digital. Secara keseluruhan, distribusi ini memperlihatkan bahwa mobilitas mahasiswa terpusat pada dua aktivitas utama yaitu kelas dan kosan, sementara lokasi seperti kantin dan perpustakaan berfungsi sebagai titik kunjungan tambahan dengan intensitas yang lebih rendah. Distribusi frekuensi ini memberikan landasan empiris yang penting untuk analisis lebih lanjut menggunakan Rantai Markov, karena hal ini menunjukkan struktur probabilitas awal mengenai kecenderungan mahasiswa berpindah dari satu lokasi ke lokasi lainnya.



**Gambar 4.1** Jumlah aktivitas mahasiswa berdasarkan lokasi (K, C, S, P)

Selain distribusi aktivitas berdasarkan lokasi, penelitian ini juga meninjau frekuensi perpindahan lokasi harian mahasiswa. Berdasarkan hasil kuesioner yang terlihat pada **Gambar 4.2** yang menunjukkan frekuensi perpindahan lokasi mahasiswa dalam satu hari tercatat mayoritas mahasiswa (63,6%) melaporkan berpindah lokasi sebanyak 1–2 kali per hari, sementara 30,3% berpindah 3–4 kali, dan hanya 6,1% yang berpindah lebih dari 4 kali. Pola ini mengindikasikan bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki mobilitas harian yang relatif rendah, hal tersebut kemungkinan dikarenakan aktivitas kuliah yang sudah terjadwal dengan baik atau kecenderungan mahasiswa tingkat akhir untuk belajar di satu lokasi dalam durasi yang panjang, terutama di kosan. Intensitas perpindahan yang rendah ini juga mendukung temuan frekuensi observasi sebelumnya, di mana kosan dan kelas menjadi lokasi dominan yang dikunjungi secara berulang.



**Gambar 4.2** Frekuensi perpindahan lokasi mahasiswa per hari

Selain itu, pola mobilitas mahasiswa juga dipengaruhi oleh tujuan perpindahan mereka setelah mengikuti kegiatan perkuliahan. Hasil rekapitulasi yang terlihat pada **Tabel 4.1** menunjukkan bahwa setelah keluar dari kelas, sebagian besar mahasiswa memilih kembali ke kosan (68 dari 99 mahasiswa), menjadikannya tujuan paling dominan. Kantin menempati posisi kedua dengan 20 mahasiswa, disusul perpustakaan sebanyak 3 mahasiswa. Sebagian kecil lainnya menuju rumah makan atau kafe (4 mahasiswa) dan kategori lainnya (3 mahasiswa). Hasil ini memperlihatkan bahwa kosan berfungsi sebagai pusat aktivitas mahasiswa, baik untuk istirahat, mengerjakan tugas, maupun melanjutkan kegiatan secara fleksibel. Sementara kunjungan ke kantin dan perpustakaan lebih bersifat situasional, terutama terkait kebutuhan makan dan akses lingkungan belajar tertentu.

**Tabel 4.1** Tujuan mahasiswa setelah keluar dari kelas

No	Tujuan paling sering setelah keluar dari kelas	Total Mahasiswa
1	Rumah	1
2	Kantin	20
3	Perpustakaan	3
4	Kosan	68
5	Rumah Makan/Cafe	4
6	Lainnya	3
<b>Grand Total</b>		<b>99</b>

Selanjutnya, penelitian ini juga mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan mahasiswa dalam berpindah lokasi sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 4.2** yang memberikan informasi tambahan mengenai pola perilaku tersebut. Berdasarkan hasil kuesioner, faktor paling dominan adalah jadwal kuliah (32 mahasiswa) dan istirahat atau kelelahan (29 mahasiswa), yang menunjukkan bahwa kebutuhan akademik dan kondisi fisik menjadi faktor utama dalam pola mobilitas mahasiswa. Faktor lain seperti waktu makan (26 mahasiswa), tugas atau kebutuhan belajar (7 mahasiswa), pertemuan dengan teman (3 mahasiswa), dan alasan lainnya (2 mahasiswa) memiliki kontribusi yang lebih kecil. Distribusi ini mengindikasikan bahwa motivasi perpindahan mahasiswa terutama didorong oleh aktivitas akademik dan kebutuhan fisiologis, sehingga pola pergerakannya masih dapat diprediksi dan cenderung mengikuti rutinitas harian yang stabil.

**Tabel 4.2** Faktor utama yang mempengaruhi keputusan berpindah lokasi

No	Faktor utama yang mempengaruhi keputusan berpindah lokasis	Total Mahasiswa
1	Istirahat/Kelelahan	29
2	Jadwal kuliah	32
3	Pertemuan dengan teman	3
4	Tugas/Belajar	7
5	Waktu makan	26
6	Lainnya	2
Grand Total		99

Secara keseluruhan, keempat informasi pendukung ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai bagaimana mahasiswa tingkat akhir mendistribusikan aktivitasnya di berbagai lokasi dan seberapa sering mereka berpindah sebelum dilakukan pemodelan menggunakan Rantai Markov. Informasi ini memperkuat interpretasi bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki pola mobilitas yang stabil, intensitas perpindahan yang rendah, serta kecenderungan yang kuat untuk memilih dua lokasi utama (kelas dan kosan) yang kemudian memengaruhi struktur probabilitas dalam matriks transisi yang akan dianalisis pada bagian selanjutnya.

#### 4.2 Hasil Perhitungan Rantai Markov

Bagian ini menyajikan seluruh hasil komputasi Rantai Markov berdasarkan data aktivitas mahasiswa pada empat lokasi utama, yaitu Kelas (C), Kantin (K), Perpustakaan (P), dan Kosan (S). Seluruh perhitungan dilakukan menggunakan R, meliputi penyusunan matriks hitung transisi, matriks probabilitas transisi, perhitungan probabilitas langkah ke-n, hingga penentuan distribusi stasioner. Hasil-hasil ini digunakan untuk menggambarkan pola perpindahan mahasiswa serta kecenderungan jangka panjang keberadaannya di setiap lokasi.

##### 4.2.1 Matriks Hitung Transisi ( $n_{ij}$ )

Perhitungan awal dalam analisis Rantai Markov dimulai dengan membentuk matriks hitung transisi atau *transition count matrix*, yang menunjukkan jumlah perpindahan aktual dari satu lokasi ke lokasi lainnya berdasarkan seluruh rangkaian observasi mahasiswa. Matriks ini dibangun dari data aktivitas per jam selama lima hari, sehingga setiap perubahan state antar jam dihitung sebagai satu transisi. Empat state utama yang dianalisis adalah C (Kelas), K (Kantin), P (Perpustakaan), dan S (Kosan).

$$n_{ij} = \begin{bmatrix} 1778 & 143 & 26 & 348 \\ 111 & 142 & 11 & 38 \\ 18 & 4 & 100 & 30 \\ 447 & 12 & 16 & 2122 \end{bmatrix}$$

Matriks ini menunjukkan bahwa sebagian besar perpindahan/transisi terjadi dalam dua pola dominan, yaitu  $S \rightarrow S$  sebesar 2.122 kejadian dan  $C \rightarrow C$  sebesar 1.778 kejadian. Hal ini menunjukkan adanya pola aktivitas yang berulang (*repetitive behavior*) dimana mahasiswa cenderung berada di lokasi yang sama selama beberapa jam berturut-turut, khususnya ketika mengikuti perkuliahan atau melakukan aktivitas mandiri di kosan. Untuk lokasi lain seperti kantin dan perpustakaan, jumlah perpindahan antar jamnya relatif kecil, yang sejalan dengan frekuensi penggunaan masing-masing fasilitas yang lebih rendah.

#### 4.2.2 Matriks Probabilitas Transisi $P$

Setelah mendapatkan matriks frekuensi tersebut, dihitung matriks probabilitas transisi  $P$  dengan melakukan normalisasi pada setiap baris, sehingga elemen  $P_{ij}$  merepresentasikan peluang berpindah dari state  $i$  ke state  $j$  pada satu langkah waktu. Matriks probabilitas transisi disajikan seperti berikut.

$$P = \begin{bmatrix} 0.7747277 & 0.062309368 & 0.011328976 & 0.1516340 \\ 0.3675497 & 0.470198675 & 0.036423841 & 0.1258278 \\ 0.1184211 & 0.026315789 & 0.657894737 & 0.1973684 \\ 0.1721217 & 0.004620716 & 0.006160955 & 0.8170966 \end{bmatrix}$$

Probabilitas transisi memperlihatkan kecenderungan mahasiswa untuk tetap berada pada lokasi yang sama. Nilai terbesar dalam matriks adalah  $S \rightarrow S$  sebesar 0.817, diikuti oleh  $C \rightarrow C$  sebesar 0.775 dan  $P \rightarrow P$  sebesar 0.658. Dengan demikian, seluruh lokasi memiliki probabilitas retensi (self-loop) yang tinggi, yang menunjukkan bahwa mahasiswa tidak sering berpindah tempat setiap jam, melainkan cenderung menetap di lokasi yang sama dalam durasi yang cukup panjang. Dari kelas (C), probabilitas terbesar selain tetap di kelas adalah berpindah ke kosan ( $C \rightarrow S$ ) sebesar 0.152, yang menggambarkan bahwa setelah kegiatan perkuliahan, mahasiswa cenderung kembali ke kosan. Kemudian dari kantin (K), probabilitas bertahan adalah 0.470, sementara peluang berpindah ke kelas cukup besar (0.368), mencerminkan aktivitas makan dan kembali mengikuti jadwal kuliah. Perpustakaan (P) menunjukkan pola unik, yaitu selain bertahan (0.658), peluang berpindah ke kosan (0.197) relatif signifikan dibandingkan perpindahan lainnya. Hal ini selaras dengan kecenderungan mahasiswa untuk kembali ke kosan sebagai lokasi utama untuk belajar atau beristirahat setelah menyelesaikan aktivitas di perpustakaan.

#### 4.2.3 Probabilitas Langkah ke- $n$ ( $P^n$ )

Analisis probabilitas langkah ke- $n$  ( $P^n$ ) digunakan untuk melihat bagaimana peluang keberadaan mahasiswa pada suatu lokasi berkembang setelah beberapa tahap perpindahan. Jika matriks probabilitas transisi  $P$  menggambarkan peluang perpindahan dalam satu langkah waktu (satu jam), maka  $P^n$  menunjukkan bagaimana sistem berkembang setelah  $n$  kali perpindahan, sehingga memberikan gambaran mengenai dinamika mobilitas dalam rentang waktu yang lebih panjang. Pada penelitian ini, perhitungan dilakukan untuk  $n = 2, 3$ , dan 10 langkah, serta distribusi khusus setelah lima langkah dengan kondisi awal mahasiswa berada di state C (kelas).

##### a. Probabilitas Dua Langkah ( $P^2$ )

$$P^2 = \begin{bmatrix} 0.651 & 0.079 & 0.019 & 0.251 \\ 0.484 & 0.246 & 0.046 & 0.225 \\ 0.213 & 0.038 & 0.436 & 0.312 \\ 0.276 & 0.017 & 0.011 & 0.696 \end{bmatrix}$$

Perhitungan  $P^2$  menggambarkan probabilitas mahasiswa berada pada suatu lokasi setelah dua kali perpindahan. Matriks hasil  $P^2$  menunjukkan bahwa mahasiswa yang berawal dari kelas (C) memiliki probabilitas tetap tinggi untuk kembali atau tetap berada di kelas, yaitu sebesar 0,651 atau 65,1%. Meskipun demikian, peluang menuju kosan (S) juga cukup besar, yaitu 0,251 (25,1%), mencerminkan kecenderungan mahasiswa pulang ke kosan setelah selesai satu atau dua aktivitas akademik. Dari state S, probabilitas untuk tetap di kosan mencapai 0,696 (69,6%), menunjukkan konsistensi pola mobilitas yang sangat kuat bahwa mahasiswa jarang berpindah jauh dalam waktu singkat ketika sudah berada di kosan. Secara umum, hasil  $P^2$  memperlihatkan bahwa sistem mobilitas masih didominasi preferensi lokasi awal, dan perpindahan besar antar lokasi belum terlihat signifikan pada dua langkah transisi.

#### **b. Probabilitas Tiga Langkah ( $P^3$ )**

$$P^3 = \begin{bmatrix} 0.578 & 0.079 & 0.025 & 0.318 \\ 0.509 & 0.148 & 0.046 & 0.297 \\ 0.285 & 0.044 & 0.293 & 0.378 \\ 0.341 & 0.029 & 0.015 & 0.615 \end{bmatrix}$$

Pada tiga langkah perpindahan, pola kestabilan mulai terlihat lebih kuat. Mahasiswa dari kelas menunjukkan penurunan peluang untuk tetap di kelas, dari 65,1% ( $P^2$ ) menjadi 57,8% ( $P^3$ ), dan peluang menuju kosan justru meningkat menjadi 31,8%. Pola ini memberi gambaran bahwa semakin panjang rentang waktu yang dilalui, semakin besar kecenderungan mahasiswa untuk meninggalkan kelas dan menuju kosan.

Mahasiswa dari perpustakaan (P) menunjukkan memperlihatkan penurunan probabilitas retensi yang signifikan: peluang tetap berada di perpustakaan dalam tiga langkah sebesar 29,3%, angka yang menurun dibandingkan  $P^2$  (43,6%). Hal ini mengindikasikan bahwa perpustakaan tidak menjadi lokasi yang dipertahankan dalam durasi yang lebih panjang. Mahasiswa biasanya hanya singgah untuk kebutuhan tertentu (mengambil referensi, diskusi singkat, atau mengerjakan tugas), kemudian berpindah ke lokasi lain, terutama kosan (37,8%) atau kelas (28,5%).

#### **c. Probabilitas Sepuluh Langkah ( $P^{10}$ )**

$$P^{10} = \begin{bmatrix} 0.464 & 0.061 & 0.030 & 0.445 \\ 0.464 & 0.061 & 0.032 & 0.444 \\ 0.445 & 0.057 & 0.042 & 0.455 \\ 0.452 & 0.057 & 0.028 & 0.462 \end{bmatrix}$$

Nilai pada matriks  $P^{10}$  menunjukkan kecenderungan yang semakin mendekati distribusi stasioner. Pada tahap ini, peluang dari berbagai lokasi awal sudah menjadi hampir seragam, misalnya peluang berada di kelas berada pada kisaran 0,464, sedangkan peluang berada di kosan sebesar 0,445–0,462.

Kemiripan nilai probabilitas pada setiap baris matriks menunjukkan bahwa setelah sejumlah langkah yang cukup panjang, keadaan sistem tidak lagi dipengaruhi oleh lokasi awal mahasiswa. Dengan kata lain, mahasiswa yang memulai dari Kelas, Kantin, Perpustakaan, maupun Kosan, pada akhirnya akan memiliki pola probabilitas yang hampir identik setelah sepuluh perpindahan. Pola ini mencerminkan dinamika sistem yang ergodik, sebuah kondisi penting dalam Rantai Markov di mana terdapat komunikasi antar seluruh state dan tidak terdapat siklus periodik dalam sistem atau pola mobilitas mahasiswa telah mencapai kondisi yang stabil.

#### **d. Distribusi Setelah Lima Langkah dari Keadaan Awal C (Kelas)**

Simulasi khusus dilakukan untuk melihat bagaimana peluang mahasiswa berkembang setelah lima langkah ketika state awal ditetapkan pada C dan perhitungan tersebut menghasilkan matriks sebagai berikut.

$$[0.508 \quad 0.071 \quad 0.029 \quad 0.392]$$

Terlihat bahwa perhitungan distribusi keadaan setelah lima langkah dari state awal “kelas” memperlihatkan bahwa mahasiswa yang awalnya berada di kelas memiliki probabilitas 0,508 untuk kembali berada di kelas, serta probabilitas 0,392 untuk berada di kosan. Proporsi ini sangat cocok dengan temuan sebelumnya yang juga menunjukkan bahwa 'Kelas' dan 'Kosan' adalah dua lokasi utama yang paling sering dikunjungi. Hasil ini memperkuat kesimpulan bahwa, meskipun mahasiswa mungkin pergi ke tempat lain, pada akhirnya mereka memiliki kecenderungan kuat untuk kembali ke 'Kelas' atau 'Kosan' setelah beberapa kali berpindah.

#### **4.2.4 Distribusi Stasioner ( $\pi$ )**

Berdasarkan hasil perhitungan eigenvector kiri dari matriks P, diperoleh vektor distribusi stasioner sebagai berikut:

$$\pi = [0.4583 \quad 0.0593 \quad 0.0296 \quad 0.4527]$$

Hasil ini menunjukkan bahwa dalam jangka panjang, mahasiswa cenderung menghabiskan waktu paling banyak pada dua lokasi utama, yaitu Kelas (C) sebesar 45,83% dan Kosan (S) sebesar 45,27%. Kedua lokasi ini memiliki proporsi yang hampir seimbang, menandakan bahwa pola waktu mahasiswa terbagi relatif merata antara aktivitas akademik formal di kelas dan aktivitas belajar maupun istirahat di kosan. Proporsi yang tinggi pada kelas memperlihatkan beban akademik yang masih dominan pada mahasiswa tingkat akhir, sementara proporsi besar pada kosan konsisten dengan kecenderungan mahasiswa menyelesaikan tugas akhir atau kegiatan mandiri dari tempat tinggal.

Sementara itu, lokasi Kantin (K) hanya menyumbang 5,93% dan Perpustakaan (P) sebesar 2,96% dari total distribusi jangka panjang. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun kantin dan perpustakaan merupakan fasilitas penting di kampus, mahasiswa relatif jarang berada di kedua lokasi tersebut dalam rentang waktu pengamatan. Rendahnya proporsi perpustakaan dapat disebabkan oleh preferensi mahasiswa yang lebih memilih belajar dari kosan karena kenyamanan atau fleksibilitas yang lebih tinggi. Adapun aktivitas transisi ke kantin tetap terjadi, namun intensitasnya rendah dibandingkan aktivitas akademik dan kegiatan mandiri.



Untuk memastikan bahwa hasil distribusi stasioner valid, dilakukan verifikasi melalui penghitungan kembali  $\pi P$ , yang menghasilkan nilai identik dengan  $\pi$ , yaitu:

$$\pi P = [0.4583 \quad 0.0593 \quad 0.0296 \quad 0.4527]$$

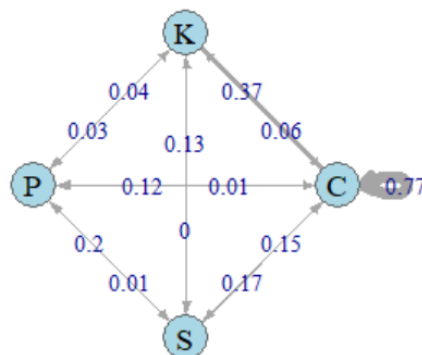
Kesamaan ini menunjukkan bahwa sistem telah mencapai kondisi seimbang (*steady-state*), sehingga distribusi stasioner yang diperoleh stabil dan konsisten. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pola mobilitas mahasiswa Sains Data angkatan 2022 memiliki karakteristik jangka panjang yang jelas dan tidak acak, serta sebagian besar aktivitas berpusat pada dua ruang utama yaitu kelas dan kosan.

#### 4.3 Diagram Transisi Berbobot Antar State

Diagram transisi berbobot merupakan representasi visual dari probabilitas perpindahan antar state dalam model Rantai Markov yang digunakan pada penelitian ini. Setiap simpul dalam diagram menggambarkan lokasi aktivitas mahasiswa, yaitu C (Kelas), K (Kantin), P (Perpustakaan), dan S (Kosan), sementara setiap panah menunjukkan arah perpindahan dari suatu state ke state lainnya dengan bobot berupa nilai probabilitas transisi yang bersumber langsung dari matriks probabilitas transisi  $P$ . Dengan demikian, diagram ini memberikan ilustrasi intuitif mengenai pola pergerakan mahasiswa dari satu lokasi ke lokasi lain dalam aktivitas harian mereka di lingkungan kampus.

Berdasarkan diagram yang terlihat pada **Gambar 4.3** tersebut, pola dominan yang muncul adalah tingginya kecenderungan mahasiswa untuk tetap berada pada state yang sama, tercermin dari bobot probabilitas yang besar pada panah melingkar (*self-loop*) seperti  $C \rightarrow C$  (0.77) dan  $S \rightarrow S$  (0.82). Fenomena ini sejalan dengan temuan pada analisis deskriptif sebelumnya, di mana mahasiswa banyak menghabiskan waktu di kelas selama jadwal perkuliahan berlangsung, serta di kosan ketika tidak terdapat kegiatan akademik. Lebih lanjut, transisi antar state memperlihatkan pergerakan yang tidak merata; misalnya,  $C \rightarrow K$  (0.06) dan  $K \rightarrow C$  (0.37) menunjukkan bahwa aktivitas perpindahan menuju kantin lebih jarang dibandingkan kembalinya mahasiswa dari kantin menuju kelas, yang mengindikasikan bahwa kunjungan ke kantin bersifat sementara dan tidak mendominasi pola pergerakan harian.

**Diagram Transisi (bobot = probabilitas)**



**Gambar 4.3** Diagram Transisi

Selain itu, diagram ini juga memperlihatkan bahwa perpustakaan (P) merupakan state dengan tingkat mobilitas terendah, baik sebagai tujuan maupun sebagai titik awal perpindahan. Hal tersebut terlihat dari bobot probabilitas yang relatif kecil seperti  $P \rightarrow K$  (0.03),  $P \rightarrow S$  (0.20), ataupun  $P \rightarrow C$  (0.12). Kondisi ini mendukung pernyataan bahwa perpustakaan bukan menjadi pusat aktivitas utama mahasiswa, melainkan lebih merupakan lokasi pendukung yang dikunjungi secara sesekali. Di sisi lain, kosan (S) terlihat memiliki hubungan dua arah yang cukup kuat dengan kelas (C), misalnya  $C \rightarrow S$  (0.15) dan  $S \rightarrow C$  (0.17), menunjukkan bahwa perpindahan antara dua lokasi ini merupakan salah satu pola yang paling stabil di antara seluruh kombinasi state.

Secara keseluruhan, diagram transisi berbobot ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai dinamika mobilitas mahasiswa dan memperkuat kesimpulan bahwa aktivitas perkuliahan (C) dan keberadaan di kosan (S) merupakan pusat dari mayoritas perpindahan. Representasi visual ini juga mendukung interpretasi matematis dari matriks transisi, sekaligus berfungsi sebagai alat bantu untuk memahami struktur perilaku pergerakan mahasiswa secara lebih intuitif.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis penelitian ini terkait pola mobilitas mahasiswa Sains Data angkatan 2022, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Model Rantai Markov berhasil menggambarkan pola mobilitas harian mahasiswa, ditunjukkan dari matriks transisi yang mencerminkan kecenderungan perpindahan antar lokasi (Kelas, Kantin, Perpustakaan, dan Kosan). Pola perpindahan didominasi oleh retensi yang tinggi pada lokasi yang sama, terutama Kelas dan Kosan.
2. Distribusi steady-state menunjukkan dua lokasi utama dalam aktivitas harian mahasiswa, yaitu Kelas (45,83%) dan Kosan (45,27%). Artinya, dalam jangka panjang mahasiswa menghabiskan sebagian besar waktunya pada dua lokasi tersebut, sementara Kantin (5,93%) dan Perpustakaan (2,96%) menjadi lokasi dengan intensitas aktivitas yang jauh lebih rendah.
3. Hasil probabilitas langkah ke- $n$  ( $P^2$ ,  $P^3$ , dan  $P^{10}$ ) memperlihatkan bahwa sistem semakin stabil seiring bertambahnya langkah, dan setelah sekitar sepuluh langkah, probabilitas di semua state mendekati distribusi stasioner. Hal ini menunjukkan bahwa rantai Markov yang terbentuk bersifat ergodik.
4. Analisis graf transisi berbobot memperkuat temuan matematis bahwa mayoritas pergerakan mahasiswa bersifat berulang (self-loop), dengan pola perpindahan paling kuat terjadi antara Kelas  $\leftrightarrow$  Kosan. Lokasi seperti Perpustakaan memiliki mobilitas paling rendah dan hanya dikunjungi secara situasional.

#### **5.2 Saran**

1. Penelitian selanjutnya dapat menambah variasi lokasi agar pola mobilitas lebih lengkap.
2. Durasi pengumpulan data dapat diperpanjang untuk mendapatkan pola yang lebih stabil.
3. Pengamatan bisa menggunakan metode otomatis (misalnya GPS/Wi-Fi) untuk mengurangi bias data.
4. Model dapat dikombinasikan dengan metode lain seperti HMM atau analisis spasial agar hasil lebih komprehensif.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Maharani, S. Nurlaela, dan P. Navitas, “Identifikasi Pola Mobilitas pada Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember,” *Jurnal Penataan Ruang*, 2024.
- [2] M. Maruddin dan M. R. Kasim, “Analisis Sebaran Pergerakan Mahasiswa Kampus Universitas Muslim Indonesia Makassar,” *Region: Jurnal Pembangunan Wilayah & Perencanaan Partisipatif*, 2025.
- [3] A. Novianti, N. L. Humairoh, dan R. N. Harahap, “Analisis Peluang Naiknya Kasus COVID-19 Provinsi di Pulau Jawa dengan Pendekatan Rantai Markov,” *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, 2021.
- [4] A. P. Nabila, “Analisis Rantai Markov untuk Mengetahui Peluang Perpindahan Merek Kartu Seluler Pra Bayar GSM,” *Median: Jurnal Matematika dan Statistika*, 2024.
- [5] I. G., “Human mobility prediction with causal and spatial-constrained multi-task network,” *EPJ Data Science*, vol. 13, art. 22, 2024
- [6] H. Maruddin and S. Kasim, “Analisis Sebaran Pergerakan Mahasiswa Kampus Universitas Muslim Indonesia Makassar,” *Region: Jurnal Pembangunan Wilayah dan Perencanaan Partisipatif*, vol. 16, no. 2, pp. 100–112, 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.uns.ac.id/region/article/view/97117>
- [7] F. K. Rachman and A. D. Kurniawan, “Identifikasi Pola Mobilitas pada Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS),” *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, vol. 18, no. 2, pp. 115–126, 2024. [Online]. Available: <https://iptek.its.ac.id/index.php/jpr/article/view/21067>
- [8] S. M. Ross, “Introduction to Probability Models”, 12th ed. Amsterdam: Elsevier, 2019.
- [9] A. R. Humairoh, N. Novianti, and H. Harahap, “Pemodelan Sistem Dinamis Menggunakan Rantai Markov untuk Analisis Proses Transisi,” *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 9, no. 2, pp. 45–52, 2023.
- [10] P. Sadeghian, M. Han, J. Håkansson, and M. X. Zhao, “Human mobility prediction with causal and spatial-constrained multi-task network,” ‘EPJ Data Science’, vol. 13, art. 22, Mar. 2024.
- [11] “Trajectory Prediction in Campus Based on Markov Chains,” ‘Applied Sciences’, vol. 15, no. 4, art. 2188, 2025.



# Format Laporan Tugas Besar

## 1. Halaman Judul

- Judul laporan
- Nama mata kuliah
- Nama dan NIM
- Lambang ITERA
- Program studi dan fakultas
- Tahun pengerjaan laporan

## 2. Abstrak

- Ringkasan isi laporan dalam 150–250 kata
- Berisi tujuan, metode, hasil utama, dan kesimpulan singkat
- Ditulis dalam satu paragraf tanpa subjudul

## 3. Pendahuluan

- **Latar belakang:** alasan kenapa topik penting dikaji
- **Rumusan masalah:** pertanyaan penelitian yang ingin dijawab
- **Tujuan penelitian:** apa yang ingin dicapai
- **Manfaat penelitian:** nilai praktis atau akademis dari hasilnya

## 4. Tinjauan Pustaka / Landasan Teori

- Penjelasan teori, rumus, dan konsep dasar terkait topik
- Misal: teori Proses Poisson, Rantai Markov, Sistem Antrian, dll
- Referensi dari buku, jurnal, atau sumber akademik

## 5. Metodologi / Metode Penelitian

- Jenis data (primer/sekunder)
- Teknik pengumpulan data
- Variabel yang diamati
- Diagram Alir

## 6. Hasil dan Pembahasan

- **Deskripsi data:** tabel, grafik, ringkasan statistik

- **Hasil perhitungan atau simulasi:** menampilkan output analisis
- **Interpretasi hasil:** makna dari hasil dalam konteks kasus
- **Diskusi:** bandingkan dengan teori atau hasil penelitian lain

## 7. Kesimpulan dan Saran

- **Kesimpulan:** ringkasan dari temuan utama penelitian
- **Saran:** ide lanjutan atau perbaikan untuk penelitian berikutnya

## 8. Daftar Pustaka

Gunakan format yang konsisten, misalnya IEEE

- [1] D. C. Montgomery and G. C. Runger, *Applied Statistics and Probability for Engineers*, 6th ed. New York: Wiley, 2014