

Bab I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan sarana yang digunakan untuk memindahkan manusia atau barang dari satu lokasi ke lokasi lain guna memenuhi berbagai kebutuhan. Sebagai salah satu fasilitas penting bagi suatu daerah, transportasi tidak hanya memudahkan aksesibilitas, tetapi juga berperan signifikan dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat di dalamnya. Menurut BPS, DKI Jakarta merupakan provinsi dengan kepadatan penduduk tertinggi di Indonesia dengan jumlah penduduk lebih dari 10 ribu juta jiwa pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik, 2021). Seiring bertumbuhnya populasi, jumlah kendaraan pribadi meningkat secara signifikan. Pada tahun tersebut tercatat sebanyak 11,5 juta unit kendaraan pribadi di Ibu Kota (Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta, 2024). Jumlah ini meningkat sebesar 3,04% dibandingkan tahun sebelumnya. Faktor tersebut merupakan salah satu penyebab kemacetan yang terjadi di DKI Jakarta.

Berdasarkan pernyataan Abdulkadir dalam bukunya *Commerce Transportation Law*, berbagai langkah perlu dilakukan pemerintah untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, termasuk melalui sektor transportasi yang berperan dalam pengembangan sarana guna mendukung produktivitas penduduk (Ratnawati, 2021). Transportasi umum menjadi alternatif penting untuk mengurangi ketergantungan masyarakat pada transportasi pribadi, yang dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan dan kualitas hidup, seperti polusi udara, polusi suara, kecelakaan, serta kemacetan lalu lintas (Ibrahim and Borhan, 2020).

Salah satu transportasi umum di Jakarta adalah MRT (*Mass Rapid Transit*). MRT Jakarta merupakan salah satu moda transportasi berbasis rel yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan mobilitas masyarakat di wilayah DKI Jakarta. Kehadiran MRT Jakarta tidak hanya menawarkan alternatif transportasi yang cepat dan nyaman, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan kemacetan serta emisi karbon di wilayah perkotaan (MRT Jakarta, 2020). Hingga saat ini, MRT Jakarta terus berkembang dengan rencana pembangunan fase kedua yang mencakup penambahan stasiun baru. Namun, dalam fase

konstruksi ini, data terkait jumlah penumpang dan pendapatan (*revenue*) pada stasiun-stasiun baru belum tersedia. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan prediktif untuk memperkirakan jumlah penumpang dan pendapatan pada stasiun-stasiun MRT fase kedua.

Memprediksi jumlah penumpang dan *revenue* pada fase kedua pembangunan MRT Jakarta menjadi sangat penting karena beberapa alasan (Padmanabhan and Nirmala, 2023). Pertama, prediksi pendapatan diperlukan untuk mengevaluasi kelayakan investasi pada fase pembangunan stasiun baru. Proyeksi ini akan memberikan gambaran awal mengenai potensi keberhasilan operasional dan membantu memastikan bahwa investasi yang dilakukan memberikan hasil yang sesuai dengan harapan. Kedua, data prediktif penting untuk merancang strategi operasional yang efisien. Dengan memanfaatkan informasi ini, MRT Jakarta dapat menghindari situasi *overcapacity* atau *undercapacity*, sehingga layanan tetap optimal dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Selain itu, prediksi ini juga dapat menjadi acuan untuk pengembangan kawasan di sekitar stasiun fase kedua, khususnya dalam mendukung konsep *Transit Oriented Development* (TOD) yang bertujuan meningkatkan nilai ekonomi dan daya tarik wilayah tersebut. Terakhir, data estimasi yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki nilai strategis bagi MRT, investor, dan pemerintah dalam pengambilan keputusan jangka panjang, termasuk dalam perencanaan infrastruktur, pengembangan layanan, serta strategi pemasaran.

Salah satu metode yang relevan untuk menganalisis pola perpindahan penumpang antar stasiun dan mengatasi keterbatasan data pada stasiun-stasiun yang sedang dalam tahap konstruksi penelitian ini memanfaatkan pendekatan berbasis data dengan kombinasi Analisis rantai Markov dan *clustering* (Van Dongen, 2008)(Gavira-Durón et al., 2021a). Rantai Markov merupakan proses stokastik yang dapat digunakan untuk memodelkan probabilitas perpindahan penumpang dari satu stasiun ke stasiun lainnya (Gardner et al., 2021). Analisis rantai Markov digunakan untuk memodelkan pola perpindahan penumpang antar stasiun berdasarkan probabilitas transisi. Pendekatan ini memungkinkan analisis mendalam terkait dinamika mobilitas penumpang di dalam jaringan MRT Jakarta, terutama dalam konteks *multi-state* transitions antar stasiun.

Sementara itu, metode *clustering* digunakan untuk mengelompokkan stasiun-stasiun baru berdasarkan karakteristik demografis wilayah di sekitarnya yang merujuk pada wilayah administratif dalam radius geografis yang didefinisikan sebagai satu kecamatan. Algoritma ini membagi data menjadi beberapa kluster yang merepresentasikan kelompok dengan karakteristik serupa (Suyal and Sharma, 2024), seperti tingkat kepadatan penduduk dan pendapatan rata-rata. Dengan kombinasi kedua metode ini, penelitian ini bertujuan menghasilkan estimasi jumlah penumpang dan pendapatan yang dapat mendukung pengambilan keputusan pada fase kedua pembangunan.

Keberhasilan MRT Jakarta dalam mempertahankan posisinya sebagai moda transportasi andalan di tengah persaingan dengan moda lain seperti TransJakarta, KRL Commuter Line, dan LRT Jabodebek menjadi tantangan tersendiri. Kemampuan untuk memproyeksikan pendapatan secara akurat sangat penting untuk mendukung perencanaan keuangan dan pengembangan layanan MRT. Penelitian terkait proyeksi jumlah penumpang dan pendapatan pada moda transportasi publik masih relatif jarang ditemukan dalam literatur akademik (Whitfield and Duffy, 2013), sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan kajian di bidang transportasi perkotaan.

Dengan pendekatan berbasis data yang memadukan Analisis rantai Markov dan algoritma *clustering*, penelitian ini tidak hanya memberikan wawasan bagi MRT Jakarta, tetapi juga menjadi acuan bagi pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya dalam merancang kebijakan transportasi yang lebih efektif dan berbasis bukti. Estimasi jumlah penumpang dan pendapatan yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat mendukung keberlanjutan operasional MRT Jakarta sekaligus memberikan manfaat jangka panjang bagi pengembangan infrastruktur transportasi di Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengelompokan stasiun MRT fase 2A dapat diidentifikasi berdasarkan analisis *clustering*?
2. Bagaimana analisis probabilitas transisi penumpang MRT fase 1 dengan menggunakan model rantai Markov?
3. Bagaimana estimasi jumlah penumpang dan pendapatan MRT fase 2A dapat memberikan panduan strategis untuk perencanaan bisnis dan pengelolaan operasional yang lebih baik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan yang ingin dicapai pada penulisan proposal Tugas Akhir.

1. Menggunakan metode *clustering* untuk mengidentifikasi karakteristik stasiun MRT fase 2A berdasarkan demografi di sekitarnya;
2. Menggunakan model rantai Markov untuk menganalisis pola transisi penumpang antar-stasiun yang sudah beroperasi dan memproyeksikan pola tersebut untuk stasiun-stasiun baru;

3. Mengestimasi jumlah penumpang dan pendapatan MRT fase 2A guna memberikan panduan strategis untuk perencanaan bisnis dan pengelolaan operasional yang lebih baik.

1.4 Batasan dan Asumsi Penelitian

Asumsi dari tulisan ini adalah

1. Diasumsikan tidak ada perubahan rencana pembangunan pada fase 2A MRT Jakarta, yang melibatkan tujuh stasiun baru di Lokasi yang telah ditentukan;
2. Tarif MRT fase 1 diasumsikan masih berlaku dan digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini;
3. Data yang digunakan dalam analisis merupakan data yang diambil dari periode Januari 2023 hingga Desember 2023;
4. Data yang digunakan untuk analisis diasumsikan mencerminkan kondisi nyata dan relevan dengan perencanaan operasional fase 2A;
5. Analisis pendapatan hanya difokuskan pada revenue yang diperoleh dari hasil penjualan tiket dimana tarif tiket mengacu pada peraturan pemerintah daerah yang berlaku tanpa memperhatikan subsidi pemerintah dan pajak yang berlaku pada penjualan tiket.
6. Jumlah penumpang yang dihitung adalah individu yang melakukan *tap in* mesin reader pada stasiun keberangkatan dan *tap out* pada stasiun tujuan.

1.5 Manfaat Penelitian

Kontribusi dari tulisan ini adalah

1. Secara strategis, yaitu mendukung optimalisasi strategi pemasaran berbasis data untuk meningkatkan jumlah pengguna MRT serta memberikan acuan pengembangan kawasan berbasis *Transit Oriented Development* (TOD) di sekitar stasiun baru guna meningkatkan nilai ekonomi wilayah.
2. Secara perencanaan, yaitu menyediakan model peramalan berbasis probabilitas dan demografi yang dapat digunakan untuk mendukung perencanaan pembangunan MRT Jakarta pada fase berikutnya secara lebih terarah dan berbasis bukti.

3. Secara sosial, yaitu membantu meningkatkan aksesibilitas transportasi umum yang efisien, ramah lingkungan, dan terintegrasi, sekaligus mendorong pengurangan kemacetan, emisi karbon, serta memberikan manfaat sosial dan ekonomi bagi masyarakat di sekitar stasiun baru.
4. Secara akademis, yaitu menjadi referensi dalam pengembangan metode kombinasi Analisis rantai Markov dan algoritma *clustering*, memperkaya kajian akademik di bidang transportasi perkotaan, dan memberikan kontribusi bagi penelitian serupa di konteks wilayah lainnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal ini memberikan gambaran keseluruhan dari penelitian yang akan dilakukan dengan judul Estimasi Jumlah Penumpang dan *Revenue* pada Stasiun MRT Jakarta Fase Konstruksi 2A Berdasarkan Demografi di Sekitar Stasiun MRT. Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab utama, dengan rincian sebagai berikut:

1. BAB 1 Pendahuluan

Bab ini menjelaskan latar belakang pentingnya penelitian terkait estimasi jumlah penumpang dan pendapatan MRT Jakarta fase 2A, diikuti dengan rumusan masalah yang merangkum isu utama yang menjadi fokus penelitian. Selanjutnya, diuraikan tujuan penelitian untuk memberikan panduan strategis bagi MRT Jakarta, serta batasan dan asumsi yang digunakan untuk memperjelas ruang lingkup penelitian. Manfaat penelitian juga dipaparkan, baik untuk MRT Jakarta, masyarakat, maupun dunia akademik, dan diakhiri dengan sistematika penulisan untuk menjelaskan struktur laporan.

2. BAB 2 Kajian Pustaka

Bab ini mengulas berbagai teori dan penelitian terkait yang relevan dengan analisis pergerakan penumpang MRT. Pembahasan meliputi penelitian sebelumnya tentang rantai Markov, metode *clustering*, serta karakteristik perpindahan penumpang. Selain itu, dijelaskan juga operasional stasiun MRT, teori rantai Markov, dan teknik *clustering*, dengan penerapan pada algoritma *K*-Means sebagai pendekatan utama.

3. BAB 3 Metodologi Penelitian

Bab ini membahas tahapan perancangan model dan pengolahan data untuk penelitian. Dimulai dengan penjelasan sumber data dan analisis eksplorasi awal (EDA), dilanjutkan dengan pembangunan model rantai Markov untuk fase 1 MRT dan metode *clustering* untuk pengelompokan stasiun berdasarkan karakteristik demografis. Bab ini juga mencakup

modifikasi model untuk fase 2A MRT serta penyajian alur penelitian dalam bentuk flowchart.

4. **BAB 4 Hasil dan Pembahasan**

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang mencakup analisis pergerakan penumpang MRT fase 1 berdasarkan model rantai Markov, karakteristik stasiun baru pada fase 2A melalui metode *clustering*, serta proyeksi jumlah penumpang dan pendapatan di stasiun fase 2A. Hasil yang diperoleh dianalisis dan dibahas untuk mendukung tujuan penelitian.

5. **BAB 5 Kesimpulan dan Saran**

Bab ini merangkum temuan utama penelitian yang diperoleh dari analisis data dan model yang dikembangkan. Selain itu, disampaikan saran untuk penelitian selanjutnya dan implementasi hasil penelitian dalam mendukung pengembangan MRT Jakarta.