

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Transportasi memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung kehidupan masyarakat perkotaan, khususnya di kota besar seperti Kota Medan. Data Badan Pusat Statistik Kota Medan (2025) menunjukkan jumlah penduduk Kota Medan pada tahun 2024 mencapai 2.486.283 jiwa dengan tingkat kepadatan sebesar 8.817 jiwa/km². Pesatnya pertumbuhan penduduk dan kendaraan di Kota Medan dalam beberapa tahun terakhir telah menimbulkan tekanan signifikan terhadap sistem transportasi kota. Dampaknya, masalah seperti kemacetan lalu lintas, peningkatan emisi kendaraan, serta keterbatasan dalam akses layanan transportasi publik menjadi tantangan yang terus berulang. Dalam konteks ini, sistem transportasi umum perlu dikembangkan dan disesuaikan agar mampu menjawab dinamika mobilitas masyarakat yang semakin kompleks dan beragam (Khoiria & Ivanna, 2024).

Upaya dalam mengatasi permasalahan tersebut sekaligus mendorong transisi menuju transportasi yang berkelanjutan melalui Peraturan Presiden (Perpres) No. 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) untuk Transportasi Jalan, yang kemudian diperbarui dengan Perpres No. 79 Tahun 2023. Kebijakan ini bertujuan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca, meningkatkan efisiensi dan ketahanan energi, mengurangi ketergantungan bahan bakar fosil, serta mendorong pengembangan industri otomotif dalam negeri.

Kota Medan menjadi salah satu dari delapan kota yang mendapatkan mandat untuk menjalankan program ini melalui kerja sama antara Pemerintah Kota Medan dengan PT. Kalista Soter Hastia. Bus listrik dipilih karena tidak menghasilkan emisi gas buang dan mendukung upaya pencapaian sistem transportasi berkelanjutan. Selain aspek lingkungan, pengoperasian bus listrik juga diarahkan untuk meningkatkan efektivitas layanan transportasi umum dalam

menghadapi tingginya tuntutan mobilitas masyarakat perkotaan (Siboro & Ginting, 2025).

Namun, efektivitas pengoperasian bus listrik tidak hanya ditentukan oleh aspek teknologi ramah lingkungan, tetapi juga oleh pengaturan operasional khususnya frekuensi perjalanan. frekuensi perjalanan didefinisikan sebagai jumlah perjalanan (*trip*) kendaraan untuk menempuh suatu rute dalam satuan waktu tertentu (Lesmini *et al.*, 2018). Jumlah perjalanan yang dijalankan akan berpengaruh langsung terhadap waktu kedatangan antarbus (*headway*) dan waktu tunggu penumpang. Semakin banyak jumlah perjalanan yang tersedia, maka waktu tunggu penumpang makin singkat dan kinerja layanan bus listrik meningkat (Gloria *et al.*, 2025).

Penentuan jumlah perjalanan bus listrik di Kota Medan saat ini masih didasarkan pada ketentuan nilai kontrak yang mempertimbangkan keterbatasan jarak tempuh kendaraan, jumlah bus yang tersedia, serta jarak tempuh dan waktu tempuh pada masing-masing koridor. Namun dalam praktiknya, pengaturan frekuensi perjalanan tersebut belum sepenuhnya mempertimbangkan variasi permintaan penumpang pada jam sibuk dan non-sibuk. Kondisi ini berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian antara tingkat pelayanan dengan kebutuhan aktual penumpang yang terlihat dari meningkatnya waktu tunggu pada jam sibuk serta rendahnya pemanfaatan armada pada periode tertentu. Situasi tersebut sejalan dengan temuan oleh (Kost *et al.*, 2025) yang menegaskan bahwa keterbatasan jarak tempuh akibat kapasitas baterai, jumlah armada yang tersedia, serta ketidakpastian waktu tempuh di lalu lintas campuran merupakan faktor krusial dalam penjadwalan bus listrik. Hal ini dapat meningkatkan variasi *headway* dan pada akhirnya memperpanjang waktu tunggu penumpang terutama pada jam sibuk.

Ketidaksesuaian antara pengaturan jumlah perjalanan yang bersifat kontraktual dengan pola permintaan penumpang di lapangan menunjukkan perlunya evaluasi terhadap sistem layanan yang berlaku saat ini. Oleh karena itu, pendekatan berbasis data dan metode analisis kuantitatif diperlukan untuk mengevaluasi serta mengusulkan perbaikan terhadap pengaturan frekuensi perjalanan agar lebih efisien. Metode *Linear Goal Programming* dipilih karena mampu menangani permasalahan multi-tujuan secara simultan dan

mempertimbangkan berbagai batasan teknis yang relevan dalam sistem transportasi.

Beberapa penelitian terdahulu juga telah menggunakan pendekatan *Linear Goal Programming* dalam optimasi transportasi. Seperti yang dilakukan oleh (Sağbaşı & Polat, 2022) yang bertujuan mengoptimalkan jumlah dan frekuensi perjalanan bus kota di Çorlu, Tekirdağ, dengan metode *Linear Goal Programming*. Model optimasi ini mempertimbangkan data permintaan penumpang, kapasitas bus, dan parameter operasional lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi model ini mampu mengurangi jumlah perjalanan harian bus sebesar 15-20%, sehingga terjadi penurunan biaya bahan bakar dan biaya perawatan secara signifikan tanpa menurunkan kualitas layanan transportasi umum.

Penelitian lain oleh (Murat *et al.*, 2023) yang bertujuan menganalisis dan mengoptimalkan frekuensi perjalanan harian bus sekaligus memperhatikan aspek kenyamanan penumpang dan dampak terhadap jejak karbon. Penelitian ini menggunakan *Daily Bus Service Frequency Model* (DFMOD) berbasis *Linear Goal Programming*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa optimasi frekuensi perjalanan bus harian menghasilkan penurunan jumlah perjalanan harian bus sebesar 21,7% dan pengurangan total jarak tempuh armada serta jejak karbon sebesar 22,5%. Penelitian ini tidak hanya berdampak pada penghematan biaya operasional, tetapi juga dapat meningkatkan kenyamanan penumpang dan mendukung keberlanjutan sistem transportasi kota.

Selain itu, penelitian oleh (Tekin *et al.*, 2018) menunjukkan efektivitas *Linear Goal Programming* dalam mengoptimalkan frekuensi perjalanan bus. Dalam studi ini, model *Linear Goal Programming* mempertimbangkan tiga kendala utama, yaitu permintaan penumpang, kapasitas bus, dan jarak tempuh. Dengan memperhatikan ketiga kendala tersebut secara simultan, model mampu menentukan frekuensi perjalanan yang optimal pada berbagai rute bus, sehingga jumlah perjalanan dapat disesuaikan dengan tingkat kebutuhan layanan dan menghasilkan interval waktu antarbus yang lebih efisien.

Metode *Linear Goal Programming* telah terbukti berhasil dalam berbagai penelitian untuk mengoptimalkan sistem transportasi dalam hal mengurangi biaya operasional, meningkatkan kenyamanan penumpang, serta mendukung

keberlanjutan lingkungan. Metode ini juga dapat mempertimbangkan berbagai kendala sekaligus untuk menghasilkan solusi yang efektif. Namun, implementasi metode ini dalam pengoptimalan frekuensi perjalanan bus listrik khususnya di Kota Medan belum banyak dikaji, yaitu dalam menghadapi tantangan berupa pola permintaan penumpang yang tidak stabil. Oleh karena itu, peneliti tertarik melakukan penelitian yang berjudul “Implementasi *Linear Goal Programming* dalam Optimalisasi Frekuensi Perjalanan Bus Listrik di Kota Medan”.

Urgensi penelitian ini terletak pada perlunya evaluasi terhadap pengaturan frekuensi perjalanan bus listrik di Kota Medan yang saat ini belum sepenuhnya disesuaikan dengan kebutuhan aktual penumpang. Dengan menggunakan pendekatan *Linear Goal Programming*, penelitian ini bertujuan memberikan solusi optimal dalam menentukan jumlah perjalanan (*trip*) bus listrik untuk setiap koridor, sehingga dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan transportasi perkotaan yang efisien di Kota Medan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Frekuensi perjalanan bus listrik di Kota Medan saat ini belum disesuaikan dengan kebutuhan aktual penumpang di lapangan, melainkan didasarkan pada ketentuan nilai kontrak.
2. Waktu kedatangan antarbus (*headway*) yang lama pada waktu sibuk menyebabkan banyak penumpang yang menunggu di halte dan beberapa bus mengalami kelebihan kapasitas penumpang sedangkan pada waktu sepi beberapa bus beroperasi dalam keadaan kosong.
3. Pengoperasian bus listrik belum didukung oleh jadwal pemberhentian yang tetap di setiap halte, karena bus hanya berhenti jika terdapat penumpang yang menunggu. Hal ini menimbulkan ketidakpastian layanan bagi penumpang. Meskipun telah tersedia teknologi pelacakan armada secara *real-time*, sistem tersebut belum dimanfaatkan secara optimal untuk menyesuaikan frekuensi perjalanan dengan pola permintaan penumpang.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana penerapan metode *Linear Goal Programming* dapat digunakan untuk mengevaluasi frekuensi perjalanan bus listrik yang ada dengan menentukan frekuensi perjalanan yang optimal di Kota Medan?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengevaluasi frekuensi perjalanan bus listrik yang ada dengan menentukan frekuensi perjalanan yang optimal di Kota Medan menggunakan metode *Linear Goal Programming*.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini difokuskan pada evaluasi dan optimasi frekuensi perjalanan harian bus listrik di Kota Medan untuk masing-masing koridor.
2. Penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor-faktor eksternal seperti kemacetan, cuaca, kerusakan, dan keterlambatan tidak terduga.
3. Parameter permintaan penumpang dalam penelitian ini direpresentasikan oleh rata-rata jumlah penumpang harian pada setiap koridor selama bulan Desember 2024.
4. Model optimasi yang digunakan disesuaikan dengan sistem operasional bus listrik yang berlaku saat ini di Kota Medan.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Bagi instansi terkait, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam mengevaluasi frekuensi perjalanan harian bus listrik pada setiap koridor, serta menjadi dasar perencanaan layanan yang lebih efisien dan sesuai dengan kondisi di lapangan.
2. Bagi pembaca, penelitian ini diharapkan memberikan wawasan tentang pengoptimalan frekuensi perjalanan dengan metode *Linear Goal Programming*, serta dapat menjadi referensi bagi pembaca yang tertarik melakukan penelitian dengan kajian serupa di masa mendatang.

3. Bagi peneliti, penelitian ini memberikan kesempatan untuk mengembangkan pemahaman tentang penerapan metode *Linear Goal Programming* dalam evaluasi layanan transportasi publik.

