

Kelompok 3

OPTIMASI RUTE LOGISTIK AMAZON BERBASIS MATEMATIKA DISKRIT



OUR TEAM



Trisha Granis Wahningyun

L0224012

Nadhifa Sakha Tri Yasmin

L0224036

Kayla Maharani Muzaki

L0224050

LATAR BELAKANG MASALAH

Dalam era industri 4.0 dan peningkatan transaksi e-commerce, layanan pengiriman dituntut semakin cepat dan tepat waktu. Tantangan besar di lapangan adalah ketidakpastian kondisi seperti kemacetan lalu lintas dan cuaca ekstrem yang dapat mengubah waktu tempuh secara signifikan.

Banyak metode konvensional masih menggunakan pendekatan statis, seolah-olah jarak antar titik tetap dan kecepatan kendaraan konstan. Padahal, rute terpendek secara geografis tidak selalu menjadi rute tercepat ketika ada hambatan lingkungan. Akibatnya dapat muncul keterlambatan, biaya operasional meningkat, dan kepuasan pelanggan menurun.





RUMUSAN MASALAH

Bagaimana memodelkan jaringan pengiriman menggunakan graf berbobot dinamis?

Bagaimana mengoptimalkan pemilihan kurir yang sesuai dengan karakteristik pesanan?

Bagaimana menerapkan logika predikat untuk menyesuaikan estimasi waktu akibat cuaca dan lalu lintas?

TUJUAN DAN MANFAAT

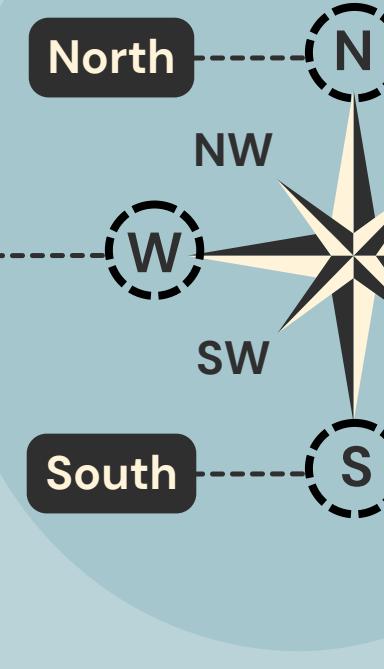


Manfaatnya bersifat teoretis dan praktis. Secara teoretis, proyek ini menunjukkan penerapan Matematika Diskrit (graf, logika, himpunan) pada kasus logistik modern. Secara praktis, model ini dapat membantu mengurangi keterlambatan dan meningkatkan efisiensi operasional layanan pengiriman.

Tujuan Penelitian:

- 1** Membangun model graf berbobot dinamis untuk rute pengiriman
- 2** Membangun model graf berbobot dinamis untuk rute pengiriman
- 3** Menyediakan sistem rekomendasi kurir optimal



A compass rose diagram in the top right corner. It features a large circle with a north arrow pointing upwards. Four main cardinal directions are labeled: 'North' at the top, 'South' at the bottom, 'West' on the left, and 'East' on the right. Between each cardinal direction, there are two intercardinal directions: 'NW' (North-West) between North and West, 'SW' (South-West) between West and South, 'SE' (South-East) between South and East, and 'NE' (North-East) between North and East.

North

NW

West

SW

South

S

DASAR TEORI

Pada teori graf, objek (lokasi) direpresentasikan sebagai simpul (vertex) dan hubungan antarlokasi sebagai sisi (edge). Dalam graf berbobot, setiap sisi memiliki bobot yang dapat merepresentasikan jarak, biaya, atau waktu tempuh sesuai konteks masalah.

Untuk menangani ketidakpastian lingkungan, proyek ini menggunakan logika predikat. Logika predikat memungkinkan aturan yang eksplisit (IF–THEN) sebagai mekanisme inferensi untuk mengkalibrasi bobot waktu pada graf berdasarkan kondisi cuaca, lalu lintas, dan jenis kendaraan.

A cartoon illustration of a delivery person on the left side of the slide. The character is wearing a green cap and a green jacket over a white shirt. They are holding a brown compass rose in their right hand. A small orange backpack is visible on their back. The character is looking towards the right side of the slide.

Selain itu, teori himpunan digunakan untuk mengelompokkan dan menyaring kandidat kurir sesuai kriteria tertentu. Dengan demikian, keputusan penugasan kurir dapat dibuat lebih objektif melalui operasi himpunan (misalnya irisan).

METODOLOGI SISTEM

Alur sistem dimulai dari input data pengiriman yang mencakup koordinat lokasi toko dan tujuan, kondisi cuaca, kondisi lalu lintas, serta informasi kendaraan/agen. Data jarak dihitung menggunakan rumus Haversine untuk mendapatkan jarak geodesik (lebih sesuai untuk koordinat bumi).

Jarak tersebut menjadi bobot awal pada graf. Selanjutnya, sistem menerapkan rule-based system berbasis logika predikat untuk menambahkan penalti waktu sesuai kondisi cuaca dan lalu lintas, sehingga estimasi waktu menjadi adaptif. Pada tahap akhir, sistem melakukan seleksi kurir menggunakan operasi himpunan untuk merekomendasikan kurir yang paling sesuai.



IMPLEMENTASI GRAF BERBOBOT DINAMIS

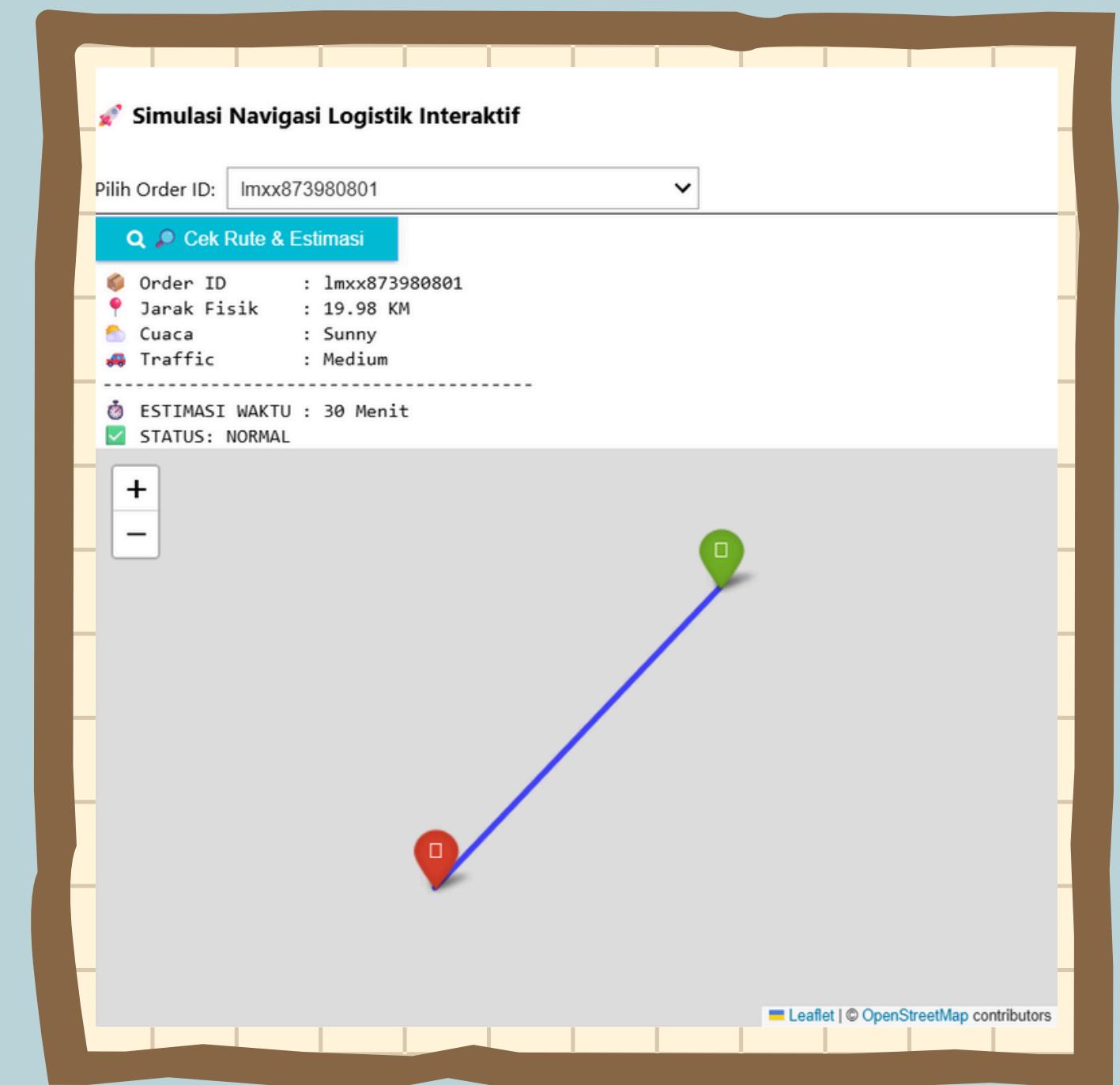
Dalam implementasi, graf didefinisikan sebagai $G = (V, E, W)$. Himpunan simpul (V) merepresentasikan koordinat geografis toko dan tujuan, sisi (E) merepresentasikan jalur penghubung, dan bobot (W) merepresentasikan jarak geodesik dalam kilometer.

Hasil perhitungan menunjukkan sistem berhasil memproses 43.594 record (setelah pembersihan dari 43.739), dengan rata-rata jarak pengiriman sekitar 10–20 km, jarak terpendek sekitar 1,5 km, dan jarak terjauh lebih dari 200 km. Temuan ini menggambarkan variasi skenario pengiriman yang perlu ditangani oleh model dinamis.

VISUALISASI GRAF SPASIAL

Graf pengiriman divisualisasikan menggunakan Folium dalam bentuk peta interaktif. Pada visualisasi ini, marker merah menunjukkan node awal (toko), marker hijau menunjukkan node akhir (tujuan), dan garis biru menunjukkan jalur pengiriman (edge) dengan tooltip jarak untuk memudahkan interpretasi rute.

Dari implementasi yang kamu buat, peta menampilkan popup “TOKO ASAL” pada marker merah dan “TUJUAN” pada marker hijau, serta polyline dengan tooltip “Jarak: 16.38 KM”. Ini membantu audiens membayangkan proses: dari titik berangkat, menuju titik tujuan, dengan jarak yang terukur secara jelas.



IMPLEMENTASI LOGIKA PREDIKAT

Agar estimasi waktu lebih realistik, sistem mendefinisikan predikat untuk kondisi eksternal, misalnya $P(x)$ menyatakan "cuaca buruk pada order x" dan $Q(x)$ menyatakan "lalu lintas padat pada order x". Selanjutnya, sistem menerapkan aturan inferensi (IF–THEN) untuk menentukan faktor penalti (delay factor) yang akan ditambahkan ke waktu dasar.

Contoh konsep aturan yang digunakan adalah kondisi cuaca badai dan lalu lintas macet yang memicu status delay tinggi. Dalam kesimpulan implementasi, aturan penalti diterapkan secara numerik, misalnya penalti 20 menit untuk cuaca buruk (badai/sandstorm), 10 menit untuk kabut/angin kencang, 30 menit untuk traffic jam, dan 15 menit untuk lalu lintas padat

ESTIMASI WAKTU PENGIRIMAN

Estimasi waktu dihitung dengan menggabungkan waktu dasar perjalanan dan penalti kondisi dinamis. Secara matematis, sistem menggunakan formula:

$$T_{estimasi} = \frac{d}{v} \times 60 + P_{cuaca} + P_{traffic}$$

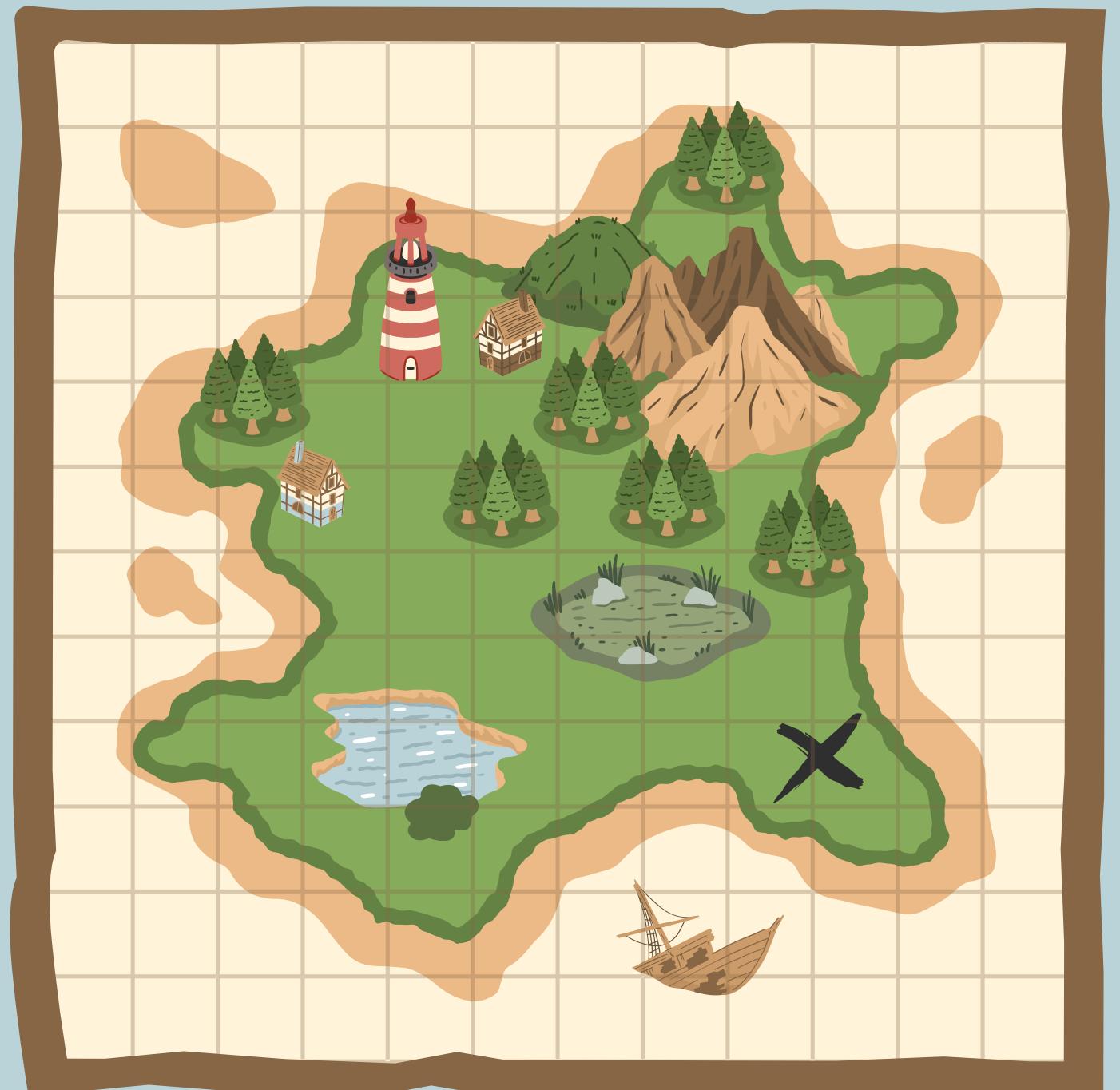
di mana d adalah jarak (km), v adalah kecepatan kendaraan (km/jam), P_cuaca adalah penalti cuaca (menit), dan P_traffic adalah penalti lalu lintas (menit).

Dengan formula ini, estimasi tidak hanya bergantung pada jarak, tetapi juga “konteks” perjalanan. Misalnya, pengiriman jarak dekat pun dapat menjadi lama jika penalti cuaca/traffic besar—hal yang sering terjadi pada kondisi lapangan.

TAMPILAN UI SISTEM

Pada makalah, disertakan gambaran tampilan UI sebagai rancangan awal aplikasi/website untuk memudahkan penggunaan sistem. Dalam konteks implementasi yang sudah dibuat, UI paling relevan adalah tampilan peta interaktif (Folium) yang memperlihatkan titik asal, titik tujuan, dan jalur pengiriman lengkap dengan jaraknya.

Secara fungsional, tampilan tersebut dapat dikembangkan untuk menampilkan input order (lokasi + kondisi), output estimasi waktu otomatis, dan hasil rekomendasi kurir. Elemen peta yang kamu buat juga sudah mendukung interaksi seperti label "TOKO ASAL/TUJUAN" dan tooltip jarak, sehingga audiens bisa membayangkan alur pengiriman secara visual.



KESIMPULAN

Proyek ini berhasil mengembangkan sistem navigasi logistik cerdas berbasis Matematika Diskrit yang mengintegrasikan Teori Graf, Logika Predikat, dan Teori Himpunan. Perhitungan jarak menggunakan Haversine mampu memproses 43.594 data dengan rentang jarak 1,5 km hingga >200 km, dan visualisasi graf menggunakan Folium memudahkan analisis serta monitoring operasional.

Selain itu, sistem prediksi dinamis berbasis logika predikat terbukti efektif: dengan rule-based system yang mempertimbangkan cuaca dan lalu lintas, model dinamis dilaporkan mampu mengurangi error prediksi hingga 65,7% dibanding model statis tradisional.

THANK YOU!

