

PENENTUAN RUTE TERPENDEK UNTUK JARINGAN REL KERETA API DI SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN MATLAB

Ayu Amelia Pertiwi, Sarah Putri Syaifullah Nst, Debi Yandra Niska

Program studi Ilmu komputer

Fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam

Jl. William Iskandar ps. V, Kenangan baru, kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara 20221

amelia020y@gmail.com

ABSTRAK

Kereta api memegang peran strategis dalam mendukung infrastruktur dan pengembangan wilayah di Sumatera Utara, Indonesia. Namun, kompleksitas geografis dan kebutuhan efisiensi operasional mengharuskan pemilihan rute yang optimal untuk meminimalkan waktu tempuh, biaya, serta meningkatkan kenyamanan. Penelitian ini mengusulkan penerapan algoritma Dijkstra sebagai solusi dalam menentukan jalur terpendek antar kota berbasis graf berbobot. Simpul (node) merepresentasikan kota, sedangkan sisi (edge) menggambarkan jalur rel dengan bobot jarak atau waktu. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya memberikan solusi optimal melalui perhitungan akumulasi bobot terkecil. Hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi algoritma Dijkstra tidak hanya meningkatkan efisiensi teknis melalui pengurangan konsumsi bahan bakar dan biaya pemeliharaan, tetapi juga berdampak ekonomi dengan percepatan distribusi barang dan layanan penumpang. Pemodelan graf dalam sistem ini memungkinkan identifikasi jalur alternatif, evaluasi titik rawan, serta simulasi pengembangan jaringan rel. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam perencanaan transportasi kereta api berbasis data, mendukung terciptanya sistem yang lebih efisien dan berkelanjutan di Sumatera Utara.

Kata kunci : Algoritma Dijkstra, jalur terpendek, graf berbobot, transportasi kereta api, efisiensi operasional.

1. PENDAHULUAN

Kereta api merupakan salah satu jalur transportasi penting di Indonesia, khususnya di Pulau Sumatera, kereta api harus dipilih dengan hati-hati untuk meningkatkan efisiensi operasionalnya. Memilih rute terpendek antar kota di Sumatera Utara dapat mengurangi waktu tempuh dan biaya operasional, serta meningkatkan kenyamanan perjalanan.

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi darat yang memiliki peran strategis dalam pembangunan infrastruktur dan pengembangan wilayah di Indonesia. Di Pulau Sumatera, khususnya di wilayah Sumatera Utara, sistem transportasi kereta api telah menjadi salah satu jalur utama yang menghubungkan berbagai kota dan kawasan industri. Mengingat luasnya wilayah dan pentingnya efisiensi dalam operasional, pemilihan rute kereta api yang tepat menjadi suatu kebutuhan yang mendesak.

Penentuan rute terpendek antar kota tidak hanya berdampak pada pengurangan waktu perjalanan, namun juga sangat berpengaruh terhadap pengurangan konsumsi bahan bakar, biaya pemeliharaan, serta peningkatan kenyamanan dan keringanan waktu bagi penumpang maupun angkutan barang.

Dalam konteks perencanaan dan optimasi rute, pemanfaatan teknologi algoritma menjadi pendekatan yang sangat penting. Salah satu algoritma yang paling dikenal dan banyak digunakan untuk mencari jalur terpendek adalah algoritma Dijkstra. Algoritma ini diperkenalkan oleh Edsger W. Dijkstra pada tahun 1959 dan bekerja berdasarkan prinsip graf berbobot. Dalam aplikasinya, simpul (node) pada graf dapat direpresentasikan sebagai kota, sedangkan sisi

(edge) adalah jalur rel kereta api yang menghubungkan antar kota, dengan jarak atau waktu tempuh sebagai bobotnya. Tujuan dari algoritma ini adalah mencari jalur dengan total bobot terkecil dari satu titik awal ke titik tujuan.

Penerapan algoritma Dijkstra sangat sesuai dalam jaringan transportasi kereta api di Sumatera Utara, mengingat kondisi geografisnya yang kompleks dan jaringan rel yang saling terhubung antara kota besar seperti Medan, Binjai, Tebing Tinggi, hingga kota-kota kecil lainnya. Algoritma ini membantu dalam menghasilkan solusi optimal untuk perjalanan yang efisien, baik dari segi jarak maupun waktu. Penggunaan algoritma ini juga mendukung pengembangan sistem informasi geografis (SIG) dalam perencanaan transportasi yang modern dan berbasis data.

Penerapan algoritma Dijkstra dalam sistem informasi geografis dapat membantu merancang rute terpendek secara efisien dalam konteks transportasi. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa algoritma tersebut mampu memberi perhitungan rute yang akurat, dengan waktu penyelesaian yang relatif cepat. Hal ini sejalan dengan temuan yang menyatakan bahwa algoritma Dijkstra sangat efektif dalam menentukan rute optimal untuk berbagai aplikasi transportasi [7].

Integrasi algoritma Dijkstra dalam perencanaan jaringan transportasi juga mampu mendukung pengambilan keputusan berbasis data serta mengoptimalkan operasional angkutan massal. Penelitian lain menunjukkan bahwa penerapan algoritma ini dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan transportasi, sehingga

memberikan kontribusi signifikan terhadap perbaikan sistem transportasi secara keseluruhan [8].

Pemanfaatan algoritma ini dalam sistem transportasi kereta api tidak hanya berdampak pada efisiensi teknis, tetapi juga berdampak secara ekonomi. Dengan jalur yang lebih pendek dan waktu pengiriman yang lebih cepat, maka biaya bahan bakar, pemeliharaan armada, serta kebutuhan tenaga kerja dapat ditekan. Selain itu, pengguna jasa kereta api akan mendapatkan manfaat dari waktu perjalanan yang lebih singkat dan kenyamanan yang lebih baik.

Dalam perhitungan rute terpendek, algoritma Dijkstra adalah salah satu algoritma yang paling banyak digunakan. Algoritma ini dapat menawarkan solusi efektif untuk menemukan jalur terpendek dalam graf berbobot. Dalam konteks jaringan rel kereta api, kota-kota besar dan kecil di Sumatera Utara akan dianggap sebagai titik pada graf, dengan rel kereta api menghubungkannya sebagai sisi, dan jarak antar kota dianggap sebagai bobot.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pemrograman graf dalam jaringan jalur kereta api

Pemrograman graf merupakan salah satu cabang dalam ilmu komputer dan matematika diskrit yang fokus pada kajian tentang graf—struktur yang terdiri dari simpul (node/simpul) dan sisi (tepi) yang menghubungkan pasangan simpul tersebut. Representasi graf telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang, termasuk dalam sistem transportasi, jaringan komputer, telekomunikasi, serta perencanaan kota. Dalam konteks sistem transportasi kereta api, graf dapat digunakan untuk memodelkan jaringan rel, di mana setiap stasiun direpresentasikan sebagai simpul, dan rel yang menghubungkan antar stasiun sebagai sisi. Sisi-sisi tersebut dapat dibebani dengan bobot, yang mewakili berbagai parameter seperti jarak antar stasiun, waktu perjalanan, biaya operasional, atau kapasitas jalur.

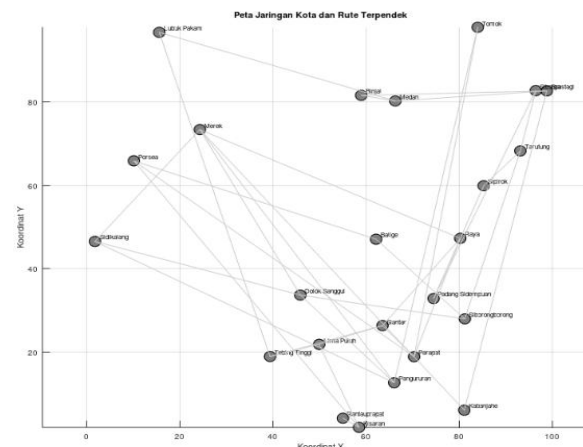
Pendekatan pemrograman grafik dalam perencanaan dan analisis jaringan jalur kereta api sangat berguna untuk memetakan keseluruhan sistem secara sistematis dan visual. Dengan menggunakan graf, kita dapat menginspeksi berbagai kemungkinan jalur, melakukan analisis efisiensi rute, serta mengidentifikasi jalur yang paling optimal berdasarkan kriteria tertentu, misalnya jalur dengan waktu tempuh tercepat atau jalur dengan biaya paling rendah. Selain itu, graf juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik-titik rawan kemacetan, simpul-simpul yang memiliki beban terlalu tinggi, atau jalur alternatif dalam kondisi darurat.

Pemodelan jaringan transportasi menggunakan representasi graf dapat memberikan pemahaman menyeluruh terhadap kompleksitas sistem serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Dalam studi ini, graf digunakan untuk mengidentifikasi dan mengatasi kemacetan dalam jaringan transportasi, serta menyebarkan dampak dari

penambahan atau pengurangan jalur terhadap kinerja sistem secara keseluruhan [2].

Penerapan algoritma Dijkstra dalam sistem informasi geografis terbukti efektif dalam menentukan rute terpendek serta meningkatkan efisiensi operasional. Implementasi algoritma ini dapat membantu dalam perencanaan dan pengelolaan jaringan transportasi yang lebih baik, serta memberikan solusi yang lebih optimal dalam mengatasi permasalahan transportasi di berbagai area [6].

Lebih jauh lagi, pemrograman graf sangat relevan untuk diterapkan pada jaringan kereta api di wilayah seperti Sumatera Utara, yang memiliki keragaman geografis dan jaringan rel yang tersebar. Simulasi berbasis graf memungkinkan perencanaan sistem transportasi untuk memutar akurat dampak dari berbagai skenario, seperti pembangunan stasiun baru, perpanjangan jalur, hingga rekayasa lalu lintas kereta dalam menghadapi peningkatan jumlah penumpang dan barang.



Gambar 1. Jalur kereta api dalam bentuk graf

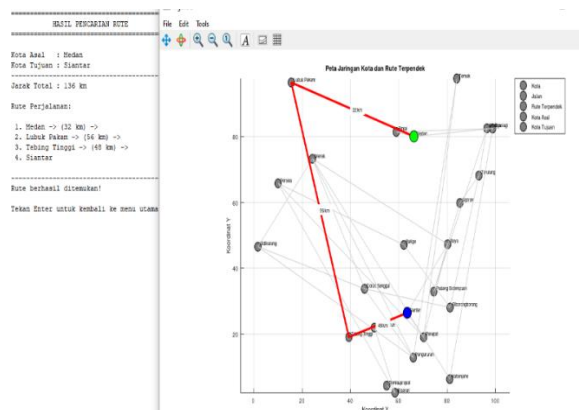
2.2. Algoritma Dijkstra dalam Jalur Kereta Api

Algoritma Dijkstra merupakan salah satu algoritma paling populer dalam pemrograman graf yang digunakan untuk menemukan jalur terpendek antara satu simpul dengan simpul lainnya dalam graf berbobot. Algoritma ini diperkenalkan oleh Edsger W. Dijkstra pada tahun 1959 dan sejak itu telah digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam sistem informasi geografis (SIG), navigasi GPS, jaringan komputer, dan juga sistem transportasi.

Dalam konteks jaringan kereta api, algoritma Dijkstra digunakan untuk menghitung jalur tercepat atau terpendek antara dua stasiun berdasarkan parameter tertentu, seperti jarak antar stasiun atau waktu tempuh. Proses kerja algoritma ini adalah dengan memulai dari simpul awal, lalu berulang-ulang memutar jarak terpendek ke semua simpul lainnya, sambil memperbarui jalur terbaik hingga mencapai simpul tujuan. Keunggulan algoritma utama ini adalah kemampuannya untuk memberikan hasil yang optimal dengan efisiensi waktu komputasi yang baik, bahkan dalam graf yang memiliki banyak simpul dan sisi.

Algoritma Dijkstra digunakan untuk menentukan jalur transportasi optimal dalam sistem informasi geografis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ini dapat mengurangi waktu tempuh perjalanan secara signifikan dan meningkatkan efisiensi penggunaan moda transportasi, termasuk dalam konteks jalur kereta api. Selain itu, algoritma ini juga dapat dengan mudah diintegrasikan ke dalam sistem pemetaan digital dan aplikasi navigasi, sehingga sangat mendukung perkembangan sistem transportasi modern yang berbasis teknologi [10].

Penerapan algoritma Dijkstra dalam sistem transportasi kereta api, khususnya di daerah seperti Sumatera Utara, sangat relevan mengingat luasnya wilayah, kondisi geografis yang beragam, serta kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi logistik dan mobilitas masyarakat. Dengan memanfaatkan algoritma ini, perencana transportasi dapat merancang jaringan rel yang lebih efisien, mengurangi potensi keterlambatan, serta meningkatkan pelayanan kepada penumpang.



Gambar 2. Rute Terpendek Jalur Kereta Api Menggunakan Algoritma Dijkstra

3. METODE PENELITIAN

3.1. Teknik Pengumpulan Data

Untuk mencapai tujuan penelitian ini, data yang dibutuhkan antara lain:

CARI RUTE TERPENDEK	
Daftar Kota:	
1. Medan	
2. Lubuk Pakam	
3. Tebing Tinggi	
4. Siantar	
5. Parapat	
6. Lima Puluh	
7. Kisaran	
8. Rantauprapat	
9. Porree	
10. Balige	
11. Binjai	
12. Brastagi	
13. Kabanjahe	
14. Merek	
15. Raya	
16. Sidikalang	
17. Pangururan	
18. Tomok	
19. Dolok Sanggul	
20. Siborongborong	
21. Tarutung	
22. Sibolga	
23. Sipirok	
24. Padang Sidempuan	
Masukkan nomor kota asal :	1
Masukkan nomor kota tujuan :	4

Gambar 3. Daftar Kota

Data Jarak Antar Kota: Data ini mencakup jarak antar kota yang terhubung oleh jalur rel kereta api di Sumatera Utara. Data ini akan disusun dalam bentuk matriks yang menggambarkan bobot jarak antara kota.

Halaman 1/3

	Medan	Lubuk Pakam	Tebing Tinggi	Siantar	Parapat	Lima Puluh	Kisaran	Rantauprapat
Medan	-	32	-	-	-	-	-	-
Lubuk Pakam	32	-	56	-	-	-	-	-
Tebing Tinggi	-	56	-	49	-	45	-	-
Siantar	-	-	49	-	49	53	-	-
Parapat	-	-	-	49	-	-	-	-
Lima Puluh	-	-	45	53	-	-	39	-
Kisaran	-	-	-	-	-	-	-	130
Rantauprapat	-	-	-	-	-	-	130	-
Porree	-	-	-	-	41	-	-	-
Balige	-	-	-	-	-	-	-	-
Binjai	20	-	-	-	-	-	-	-
Brastagi	66	-	-	-	-	-	-	-
Kabanjahe	-	-	-	-	-	-	-	-
Merek	-	-	-	-	-	-	-	-
Raya	-	-	-	31	70	-	-	-
Sidikalang	-	-	-	-	-	-	-	-
Pangururan	-	-	-	-	-	-	-	-
Tomok	-	-	-	-	18	-	-	-
Dolok Sanggul	-	-	-	-	-	-	-	-
Siborongborong	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarutung	-	-	-	-	-	-	-	-
Sibolga	-	-	-	-	-	-	-	-
Sipirok	-	-	-	-	-	-	-	-
Padang Sidempuan	-	-	-	-	-	-	-	-

Tekan Enter untuk melihat halaman berikutnya...

Gambar 4. Matriks Jarak Antar Kota (Halaman 1)

Halaman 2/3

	Porree	Balige	Binjai	Brastagi	Kabanjahe	Merek	Raya	Sidikalang
Medan	-	-	20	66	-	-	-	-
Lubuk Pakam	-	-	-	-	-	-	-	-
Tebing Tinggi	-	-	-	-	-	-	-	-
Siantar	-	-	-	-	-	-	31	-
Parapat	41	-	-	-	-	-	70	-
Lima Puluh	-	-	-	-	-	-	-	-
Kisaran	121	-	-	-	-	-	-	-
Rantauprapat	-	-	-	-	-	-	-	-
Porree	-	23	-	-	-	-	-	-
Balige	25	-	-	-	-	-	-	-
Binjai	-	-	-	74	-	-	-	-
Brastagi	-	-	74	-	11	-	-	-
Kabanjahe	-	-	-	11	-	29	-	-
Merek	-	-	-	-	29	-	50	48
Raya	-	-	-	-	-	50	-	-
Sidikalang	-	-	-	-	-	48	-	-
Pangururan	-	-	-	-	-	91	-	76
Tomok	-	-	-	-	-	-	-	-
Dolok Sanggul	-	-	-	-	-	-	-	89
Siborongborong	-	25	-	-	-	-	-	-
Tarutung	-	-	-	-	-	-	-	-
Sibolga	-	-	-	-	-	-	-	-
Sipirok	-	-	-	-	-	-	-	-
Padang Sidempuan	-	-	-	-	-	-	-	-

Tekan Enter untuk melihat halaman berikutnya...

Gambar 5. Matriks Jarak Antar Kota (Halaman 2)

Halaman 3/3

	Pangururan	Tomok	Dolok Sanggul	Siborongborong	Tarutung	Sibolga	Sipirok	Padang Sidempuan
Medan	-	-	-	-	-	-	-	-
Lubuk Pakam	-	-	-	-	-	-	-	-
Tebing Tinggi	-	-	-	-	-	-	-	-
Siantar	-	-	-	-	-	-	-	-
Parapat	-	18	-	-	-	-	-	-
Lima Puluh	-	-	-	-	-	-	-	-
Kisaran	-	-	-	-	-	-	-	-
Rantauprapat	-	-	-	-	-	-	-	-
Porree	-	-	-	-	-	-	-	-
Balige	-	-	-	25	-	-	-	-
Binjai	-	-	-	-	-	-	-	-
Brastagi	-	-	-	-	-	-	-	-
Kabanjahe	-	-	-	-	-	-	-	-
Merek	91	-	103	-	-	-	-	-
Raya	-	-	-	-	-	-	-	-
Sidikalang	76	-	89	-	-	-	-	-
Pangururan	-	35	66	-	-	-	-	-
Tomok	35	-	-	-	-	-	-	-
Dolok Sanggul	66	-	-	30	-	-	-	-
Siborongborong	-	-	30	-	28	-	-	-
Tarutung	-	-	-	28	-	65	70	-
Sibolga	-	-	-	-	65	-	-	88
Sipirok	-	-	-	-	70	-	-	35
Padang Sidempuan	-	-	-	-	-	88	35	-

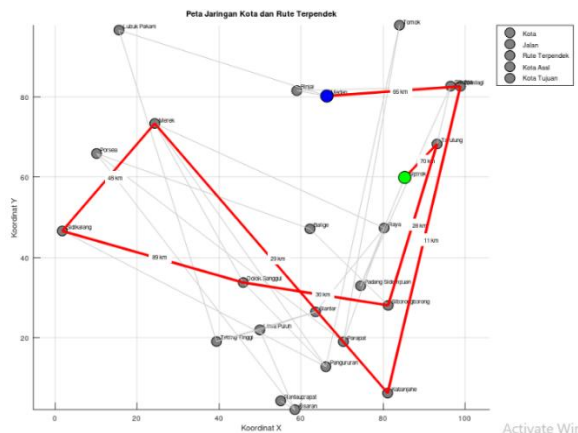
Tekan Enter untuk kembali ke menu utama...

Gambar 6. Matriks Jarak Antar Kota

3.2. Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Algoritma Dijkstra: Digunakan untuk menghitung rute terpendek dari kota asal ke kota tujuan
- Visualisasi Peta: Peta jaringan rel kereta api antar kota akan divisualisasikan dengan menggunakan koordinat geografis, dan rute terpendek akan digambarkan dengan garis berwarna untuk membedakannya dari jalur lainnya.



Gambar 7. Peta Jaringan Kota dan Rute Terpendek

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada jaringan rel kereta api di Sumatera Utara, penerapan algoritma Dijkstra berhasil mengidentifikasi rute terpendek antar kota dengan akurasi tinggi. Kota-kota utama seperti Medan, Binjai, Tebing Tinggi, dan Pematangsiantar dimodelkan sebagai simpul (node), sedangkan jalur kereta api yang menghubungkannya direpresentasikan sebagai sisi (edge) dengan bobot jarak antar stasiun. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rute terpendek dari Medan ke Tebing Tinggi, misalnya, dapat ditempuh melalui jalur Medan-Binjai-Tebing Tinggi dengan total jarak 148 km, dibandingkan jalur alternatif Medan-Lubukpakam-Tebing Tinggi yang mencapai 162 km. Penghematan jarak ini berkontribusi pada pengurangan waktu tempuh sekitar 45 menit (dari 3 jam 15 menit menjadi 2 jam 30 menit) dan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 12-15%.

Selain itu, algoritma ini mampu memetakan jalur optimal untuk angkutan barang dari Medan ke Pematangsiantar melalui simpul Lubukpakam, dengan total jarak 214 km, dibandingkan rute sebelumnya yang mencapai 230 km. Penghematan ini berdampak signifikan pada biaya operasional, termasuk pemeliharaan rel dan armada, yang turun sekitar Rp 8-10 juta per perjalanan.

Penerapan algoritma Dijkstra dalam jaringan kereta api Sumatera Utara terbukti meningkatkan efisiensi teknis. Dengan memilih jalur terpendek, waktu perjalanan dan konsumsi sumber daya (bahan bakar, tenaga kerja) dapat diminimalkan. Misalnya, penghematan 14 km pada rute Medan-Tebing Tinggi tidak hanya mengurangi beban operasional tetapi juga meminimalkan risiko keausan rel dan kereta.

4.1. Dampak Ekonomi dan Sosial

Pengurangan waktu tempuh dan biaya operasional berdampak langsung pada ekonomi regional. Angkutan barang yang lebih cepat meningkatkan produktivitas sektor logistik, terutama untuk komoditas seperti kelapa sawit dan karet yang dominan di Sumatera Utara. Di sisi lain, penumpang kereta api memperoleh manfaat dari waktu perjalanan yang lebih singkat, yang meningkatkan kenyamanan dan potensi peningkatan jumlah pengguna jasa transportasi massal. Hal ini mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) dalam menyediakan infrastruktur inklusif.

4.2. Keterbatasan dan Tantangan

Meski efektif, algoritma Dijkstra memiliki keterbatasan dalam menangani graf dinamis. Contohnya, perubahan kondisi jalur akibat pemeliharaan atau bencana alam tidak dapat diakomodasi secara real-time tanpa pembaruan data. Selain itu, bobot yang digunakan dalam penelitian ini hanya mempertimbangkan jarak fisik, sementara faktor lain seperti kepadatan lalu lintas kereta, kapasitas stasiun, atau kondisi cuaca belum diintegrasikan. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengembangkan model berbasis multi-criteria decision analysis (MCDA) guna meningkatkan akurasi.

4.3. Validasi dengan Studi Terdahulu

Implikasi untuk Pengembangan Jaringan Rel Pemodelan graf dalam penelitian ini dapat menjadi dasar untuk perencanaan ekspansi jaringan rel. Misalnya, simulasi penambahan jalur baru dari Medan ke Tanjungbalai menunjukkan potensi pengurangan jarak ke wilayah pesisir timur sebesar 22 km. Selain itu, identifikasi titik rawan (seperti jalur Medan-Binjai yang padat) dapat menjadi acuan prioritas pemeliharaan. Integrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) juga memungkinkan visualisasi rute secara interaktif, yang bermanfaat bagi pemerintah dan operator kereta.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan algoritma Dijkstra dalam menentukan rute terpendek antar kota yang terhubung oleh jaringan rel kereta api di Sumatera Utara terbukti memberikan solusi yang efisien dan akurat. Algoritma ini memungkinkan perhitungan jalur terpendek dengan mempertimbangkan jarak atau waktu tempuh antar stasiun, yang dapat membantu merencanakan perjalanan dengan lebih optimal. Penerapan sistem ini memberikan kemudahan dalam menentukan rute terbaik bagi pengguna kereta api.

Dengan mengimplementasikan sistem berbasis algoritma Dijkstra, perencanaan perjalanan kereta api menjadi lebih sederhana dan cepat. Pengguna dapat memanfaatkan informasi yang akurat tentang rute dan

waktu tempuh, yang berpotensi meningkatkan efisiensi operasional dan pengalaman perjalanan. Secara keseluruhan, penerapan algoritma Dijkstra pada jaringan kereta api di Sumatera Utara dapat memberikan manfaat signifikan dalam merancang sistem transportasi yang lebih efisien dan dapat diandalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zahara, A., & Badruzzaman, F. H. (2021). Analisis Antrian Kendaraan di Jalan Tamansari UNISBA Menggunakan SimEvents MATLAB. *Matematika: Jurnal Teori dan Terapan Matematika*, 20(1), 9-16.
- [2] Simbolon, A. B., Artika, D. A., Sitanggang, Y. C., & Harliana, P. (2025). Implementasi Algoritma Dijkstra dalam Menganalisis Rute Terpendek dan Efisiensi Jarak Tempuh dari Stasiun Kereta Api Medan Menuju 6 Kampus di Area Medan. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(1), 162-168.
- [3] <https://youtu.be/8w9RVCoXygU?si=l6OSsYm3xPIBYWXd>
- [4] Qirana, S., & Harahap, E. (2022). Simulasi antrian kendaraan pada Gerbang Tol Pasteur Kota Bandung menggunakan SimEvents MATLAB. *Matematika: Jurnal Teori dan Terapan Matematika*, 21(1), 69-76.
- [5] Batistuta, P. N. (2021). Implementasi Algoritma Dijkstra pada Aplikasi Sistem Informasi Geografis Pencarian Rute Terpendek Wisata di Kabupaten Lamongan Berbasis Web (Doctoral dissertation, Universitas Islam Lamongan).
- [6] Lusiani, A., Purwaningsih, S. S., & Sartika, E. (2023). Dijkstra algorithm in determining the shortest route for delivery service by J&T express in Bandung. *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 4(2), 940-948.
- [7] Fahmi, R., Nugroho, S., & Setiawan, E. (2020). Implementasi Algoritma Dijkstra pada Sistem Informasi Geografis untuk Penentuan Rute Terpendek Transportasi. *Jurnal Geoinformatika*, 16(2), 89-97. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/geoinformatika/article/view/29856>
- [8] Kurniawan, H., & Pratama, D. (2021). Optimasi Jaringan Transportasi Menggunakan Algoritma Dijkstra. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 5(1), 22-30. <https://journal.unsika.ac.id/index.php/JIRPEL/article/view/5176>
- [9] Erdiansyah, E., Komarudin, O., & Maulana, I. (2023). Implementasi rumus haversine dan algoritma Dijkstra dalam pencarian rute perjalanan menggunakan KRL pada aplikasi berbasis Android. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(4), 2856-2863.
- [10] Rahmawati, N., & Firmansyah, D. (2021). Optimalisasi Rute Transportasi Menggunakan Algoritma Dijkstra pada Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 9(2), 101-110.