

PENERAPAN PEWARNAAN GRAF DALAM MENENTUKAN JUMLAH HARI MINIMUM PADA PENJADWALAN KUNJUNGAN DESTINASI WISATA POPULER DI SUMATERA BARAT

Diva Indriani

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

e-mail: divaindriani02@gmail.com

Yeza Tri Cahyani

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

e-mail: yezatricahyani@gmail.com*

Abstrak

Sumatera Barat memiliki banyak destinasi wisata populer yang tersebar di berbagai wilayah sehingga wisatawan sering mengalami kesulitan dalam menyusun jadwal perjalanan yang efisien. Penelitian ini bertujuan menerapkan metode pewarnaan graf untuk menentukan jumlah hari minimum kunjungan destinasi wisata di Sumatera Barat. Destinasi wisata direpresentasikan sebagai simpul, sedangkan hubungan antar destinasi yang memiliki waktu tempuh lebih dari dua jam direpresentasikan sebagai sisi. Data penelitian terdiri atas 13 destinasi wisata populer di Sumatera Barat. Hasil pewarnaan graf menunjukkan bahwa graf memiliki bilangan kromatik sebesar 4, yang berarti seluruh destinasi wisata dapat dikelompokkan ke dalam empat hari kunjungan. Dengan demikian, metode pewarnaan graf dapat digunakan sebagai alternatif dalam penyusunan jadwal perjalanan wisata yang lebih efektif dan efisien.

Kata Kunci: pewarnaan graf, bilangan kromatik, penjadwalan wisata, teori graf, Sumatera Barat

Abstract

West Sumatra has many popular tourist destinations spread across different regions, making it difficult for tourists to arrange an efficient travel schedule. This study aims to apply graph coloring to determine the minimum number of days required to visit tourist destinations in West Sumatra. Tourist destinations are represented as vertices, while destinations with travel times exceeding two hours are connected by edges. The research data consist of 13 popular tourist destinations in West Sumatra. The graph coloring results show that the graph has a chromatic number of 4, indicating that all destinations can be grouped into four travel-day schedules. Therefore, graph coloring can be used as an alternative method for creating more effective and efficient tourism itineraries.

Keywords: graph coloring, chromatic number, tourism scheduling, graph theory, West Sumatra

PENDAHULUAN

Sektor pariwisata memiliki peranan penting dalam mendukung pertumbuhan perekonomian daerah serta menjadi sarana pengenalan potensi alam, budaya, sejarah, dan religi kepada masyarakat luas. Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu daerah di Indonesia yang memiliki potensi wisata yang beragam dengan dukungan akses transportasi melalui Bandara Internasional Minangkabau sebagai pintu masuk utama wisatawan. Berbagai destinasi wisata populer seperti Jam Gadang, Pantai Air Manis, Danau Singkarak, Lembah Harau, Istana Basa Pagaruyung, Lubang Jepang, Kelok Sembilan, dan Mandeh menjadi daya tarik utama wisatawan domestik maupun mancanegara. Berdasarkan data Dinas Pariwisata Sumatera Barat, jumlah kunjungan wisatawan pada tahun 2023 mencapai 11,24 juta kunjungan dan melampaui target pemerintah daerah. Tingginya jumlah kunjungan tersebut menunjukkan bahwa sektor pariwisata memiliki kontribusi penting terhadap perkembangan daerah Sumatera Barat.

Banyaknya destinasi wisata yang tersebar di berbagai wilayah menyebabkan wisatawan sering mengalami kesulitan dalam menyusun jadwal perjalanan yang efisien. Jarak antar destinasi yang cukup berjauhan serta keterbatasan waktu perjalanan menyebabkan tidak semua tempat wisata dapat dikunjungi dalam satu hari. Sebagai contoh, Jam Gadang dan Lubang Jepang yang berada di Kota Bukittinggi memungkinkan untuk dikunjungi pada hari yang sama karena lokasinya berdekatan. Selain itu, Kelok Sembilan dan Lembah Harau juga dapat dikelompokkan dalam satu hari kunjungan karena berada di wilayah yang relatif dekat. Sebaliknya, penggabungan destinasi yang berjauhan dalam satu hari perjalanan akan menyebabkan waktu tempuh menjadi lebih panjang dan kurang efisien. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang dapat membantu wisatawan menentukan pengelompokan destinasi wisata secara efektif dan efisien.

Permasalahan penjadwalan kunjungan wisata dapat diselesaikan menggunakan konsep Teori Graf. Graf merupakan representasi matematis yang terdiri atas simpul (*vertex*) dan sisi (*edge*) yang menggambarkan hubungan antarobjek. Dalam penelitian ini, simpul merepresentasikan destinasi wisata, sedangkan sisi menunjukkan hubungan antar destinasi yang tidak direkomendasikan untuk dikunjungi pada hari yang sama berdasarkan jarak atau waktu tempuh perjalanan. Salah satu konsep dalam Teori Graf yang dapat digunakan adalah pewarnaan graf (*graph coloring*), yaitu pemberian warna pada simpul-simpul graf dengan syarat dua simpul yang bertetangga tidak memiliki warna yang

sama. Setiap warna merepresentasikan satu hari kunjungan wisata, sedangkan jumlah warna minimum atau bilangan kromatik menunjukkan jumlah hari minimum yang dibutuhkan untuk mengunjungi seluruh destinasi wisata yang dipilih.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode pewarnaan graf efektif digunakan dalam menyelesaikan permasalahan pengelompokan objek dan optimasi penjadwalan. Penelitian Aryanto dan Siahaan (2022) menunjukkan bahwa penerapan pewarnaan graf mampu menghasilkan pengelompokan destinasi wisata yang lebih efisien berdasarkan jarak antarlokasi dan jenis wisata. Selain itu, Widiyatni dkk. (2020) juga menunjukkan bahwa metode pewarnaan graf dapat membantu pengguna dalam menentukan pilihan objek secara lebih efektif. Namun, penerapan pewarnaan graf untuk menentukan jumlah hari minimum kunjungan destinasi wisata populer di Sumatera Barat masih terbatas.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan pewarnaan graf dalam menentukan jumlah hari minimum pada penjadwalan kunjungan destinasi wisata populer di Sumatera Barat. Penelitian ini diharapkan dapat membantu wisatawan dalam menyusun jadwal perjalanan yang lebih efektif, efisien, dan terstruktur serta menjadi salah satu penerapan konsep Teori Graf dalam bidang pariwisata.

KAJIAN TEORI

TEORI GRAF

Teori Graf merupakan salah satu cabang matematika diskrit yang mempelajari hubungan antarobjek melalui representasi berupa simpul (*vertex*) dan sisi (*edge*). Graf digunakan untuk memodelkan berbagai permasalahan yang melibatkan keterhubungan antarobjek, seperti jaringan transportasi, penjadwalan, alokasi sumber daya, dan optimasi rute perjalanan.

Secara formal, graf didefinisikan sebagai pasangan himpunan $G = (V, E)$ dengan: V merupakan himpunan simpul (*vertex*) yang menyatakan objek, dan E merupakan himpunan sisi (*edge*) yang menyatakan hubungan antar simpul. Apabila terdapat dua simpul yang dihubungkan oleh suatu sisi, maka kedua simpul tersebut dikatakan bertetangga (*adjacent*). Selain itu, dalam teori graf dikenal istilah derajat simpul (*degree*), yaitu banyaknya sisi yang terhubung pada suatu simpul. Derajat simpul digunakan untuk menunjukkan banyaknya hubungan yang dimiliki suatu simpul terhadap simpul lainnya dalam graf.

Graf merupakan model matematis yang efektif untuk merepresentasikan hubungan antarobjek secara sistematis sehingga memudahkan proses analisis dan penyelesaian berbagai permasalahan optimasi dan pengelompokan objek. Oleh karena itu, teori graf banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti sistem penjadwalan, jaringan komputer, pengalokasian sumber daya, dan optimasi lintasan (Nurmala, 2023).

Berdasarkan arah sisinya, graf dibedakan menjadi dua jenis, yaitu graf berarah (*directed graph*) dan graf tak berarah (*undirected graph*). Graf berarah merupakan graf yang setiap sisinya memiliki arah tertentu, sedangkan graf tak berarah merupakan graf yang sisi-sisinya tidak memiliki arah.

Selain itu, berdasarkan keberadaan gelang (*loop*) dan sisi ganda (*multiple edge*), graf dibedakan menjadi graf sederhana (*simple graph*) dan graf tak sederhana. Graf sederhana adalah graf yang tidak memiliki gelang maupun sisi ganda, sedangkan graf tak sederhana merupakan graf yang dapat memiliki gelang atau lebih dari satu sisi yang menghubungkan pasangan simpul yang sama.

Pewarnaan Graf

Pewarnaan graf (*graph coloring*) merupakan konsep dalam Teori Graf yang digunakan untuk memberikan warna pada simpul graf dengan aturan bahwa dua simpul yang bertetangga tidak boleh memiliki warna yang sama (Nurmala, 2023). Dalam penelitian ini digunakan pewarnaan simpul (*vertex coloring*), dimana simpul merepresentasikan destinasi wisata populer di Sumatera Barat, sedangkan sisi menunjukkan hubungan antar destinasi wisata, seperti kedekatan lokasi atau waktu tempuh perjalanan.

Warna pada simpul menggambarkan kelompok atau hari kunjungan wisata. Destinasi wisata yang memiliki warna sama dapat dikunjungi pada hari yang sama karena tidak memiliki konflik, sedangkan destinasi yang bertetangga harus memiliki warna berbeda. Tujuan utama pewarnaan graf adalah menentukan jumlah warna minimum atau bilangan kromatik untuk memperoleh pengelompokan destinasi wisata yang lebih efektif dan efisien.

Pewarnaan graf banyak diterapkan pada permasalahan optimasi dan penjadwalan, seperti penjadwalan ujian, pengalokasian frekuensi radio, dan pengaturan jaringan komputer (Aryanto & Siahaan, 2022). Dalam penelitian ini, pewarnaan graf digunakan untuk menentukan pengelompokan destinasi wisata dan jumlah hari minimum kunjungan wisata di Sumatera Barat.

Bilangan Kromatik

Bilangan kromatik (*chromatic number*) merupakan jumlah minimum warna yang diperlukan untuk mewarnai seluruh simpul pada suatu graf sehingga tidak terdapat dua simpul bertetangga yang memiliki warna sama. Bilangan kromatik dilambangkan dengan $\chi(G)$, dengan G menyatakan suatu graf. Jika suatu graf dapat diwarnai menggunakan k warna dan tidak dapat diwarnai dengan jumlah warna yang lebih sedikit, maka bilangan kromatik graf tersebut dinyatakan sebagai $\chi(G) = k$.

Bilangan kromatik menunjukkan jumlah minimum kelompok yang dapat dibentuk berdasarkan hubungan konflik antar simpul. Semakin besar nilai bilangan kromatik suatu graf, maka semakin kompleks hubungan antar simpul sehingga semakin banyak warna yang dibutuhkan. Dalam penelitian ini, bilangan kromatik digunakan untuk menentukan jumlah minimum kelompok atau hari kunjungan destinasi wisata di Sumatera Barat berdasarkan hubungan antar destinasi wisata yang direpresentasikan dalam bentuk graf.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif yang menggunakan konsep Teori Graf, khususnya pewarnaan simpul (*vertex coloring*), untuk menentukan jumlah hari minimum kunjungan destinasi wisata populer di Sumatera Barat. Objek penelitian terdiri atas 13 destinasi wisata populer yang tersebar di beberapa kabupaten dan kota di Sumatera Barat, yaitu Kawasan Wisata Mandeh, Pantai Air Manis, Air Terjun Lembah Anai, Istana Basa Pagaruyung, Danau Atas Alahan Panjang, Jam Gadang, Lubang Jepang, Danau Singkarak, Kelok Sembilan, Lembah Harau, Pantai Cerocok Painan, Kebun Teh Alahan Panjang, dan Pantai Padang. Data destinasi wisata diperoleh dari data kunjungan wisatawan Badan Pusat Statistik Sumatera Barat dan berbagai referensi wisata yang merekomendasikan destinasi populer di wilayah tersebut. Informasi waktu tempuh dan jarak antar destinasi diperoleh melalui Google Maps sebagai sumber data utama dalam pembentukan hubungan antar destinasi.

Penelitian diawali dengan pengumpulan data destinasi wisata serta estimasi waktu tempuh antar destinasi. Selanjutnya dilakukan pemodelan masalah ke dalam bentuk graf sederhana tak berarah (*simple undirected graph*). Setiap destinasi wisata direpresentasikan sebagai simpul (*vertex*), sedangkan hubungan antar destinasi

direpresentasikan sebagai sisi (edge). Sisi dibentuk apabila dua destinasi memiliki waktu tempuh lebih dari dua jam sehingga dianggap kurang efisien untuk dikunjungi dalam satu hari yang sama. Penentuan batas waktu tersebut didasarkan pada asumsi waktu wisata efektif selama delapan jam per hari dengan rata-rata durasi kunjungan dua jam pada setiap destinasi.

Setelah graf terbentuk, dilakukan penyusunan himpunan simpul, himpunan sisi, dan matriks ketetanggaan untuk menggambarkan hubungan antar destinasi wisata. Graf yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode pewarnaan graf. Pada proses ini setiap simpul diberikan warna dengan ketentuan bahwa dua simpul yang bertetangga tidak boleh memiliki warna yang sama. Simpul yang memperoleh warna sama menunjukkan destinasi wisata yang dapat dikunjungi pada hari yang sama tanpa menimbulkan konflik berdasarkan kriteria waktu tempuh yang telah ditetapkan.

Analisis data dilakukan melalui penentuan bilangan kromatik graf, yaitu jumlah minimum warna yang diperlukan untuk mewarnai seluruh simpul pada graf. Bilangan kromatik yang diperoleh kemudian diinterpretasikan sebagai jumlah hari minimum yang dibutuhkan untuk mengunjungi seluruh destinasi wisata dalam penelitian. Selain itu, hasil pewarnaan digunakan untuk mengelompokkan destinasi wisata ke dalam jadwal kunjungan harian yang lebih efektif dan efisien. Untuk mendukung visualisasi graf, penelitian ini menggunakan perangkat lunak draw.io (diagrams.net) dalam menggambarkan struktur graf yang terbentuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Memvisualisasikan ke dalam Graf

Berdasarkan data yang diperoleh dari visualisasi sebuah graf terhadap destinasi wisata populer di Sumatera Barat. Maka, visualisasi destinasi wisata diberikan simpul dengan v_i , $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13$ yang disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Destinasi Wisata

Simpul	Destinasi wisata
v_1	Kawasan Wisata Mandeh
v_2	Pantai Air manis

v_3	Air Terjun Lembah Anai
v_4	Istana Basa Pagaruyuang
v_5	Danau Atas Alahan Panjang
v_6	Jam Gadang
v_7	Lubang Jepang
v_8	Danau Singkarak
v_9	Kelok Sembilan
v_{10}	Lembah Harau
v_{11}	Pantai Cerocok Painan
v_{12}	Kebun Teh Alahan Panjang
v_{13}	Pantai Padang

Setelah penentuan simpul untuk bagian destinasi wisata, maka tahap selanjutnya adalah menentukan simpul-simpul yang saling terhubung dan bertetangga. Berikut merupakan simpul dan bertetangga yang disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Urutan destinasi wisata

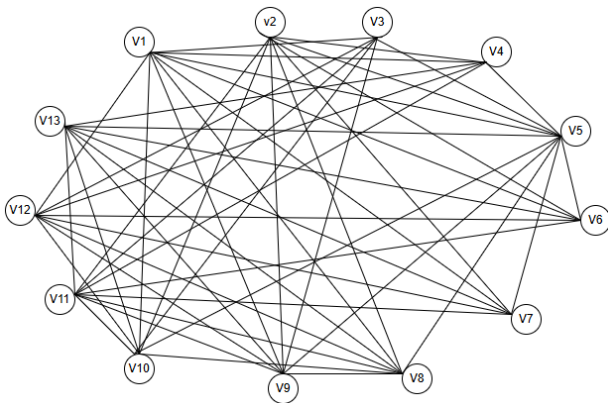
Simpul	Simpul Bertetangga	Derajat
v_1	$v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{12}$	9
v_2	$v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{11}$	8
v_3	$v_1, v_{12}, v_5, v_{11}, v_9, v_{10}$	6
v_4	$v_1, v_2, v_5, v_{11}, v_{12}, v_{13}$	6
v_5	$v_1, v_2, v_3, v_4, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{13}$	10
v_6	$v_1, v_2, v_5, v_{11}, v_{12}, v_{13}$	6
v_7	$v_1, v_2, v_5, v_{11}, v_{12}, v_{13}$	6
v_8	$v_1, v_2, v_5, v_9, v_{10}, v_{11}, v_{12}, v_{13}$	8
v_9	$v_1, v_2, v_3, v_5, v_8, v_{11}, v_{12}, v_{13}$	8
v_{10}	$v_1, v_2, v_3, v_5, v_8, v_{11}, v_{12}, v_{13}$	8
v_{11}	$v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{13}$	9
v_{12}	$v_1, v_3, v_4, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}$	8
v_{13}	$v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{11}$	8

Pada tabel 2 merupakan urutan simpul yang bertetangga. Sehingga diperoleh simpul graf sebagai berikut:



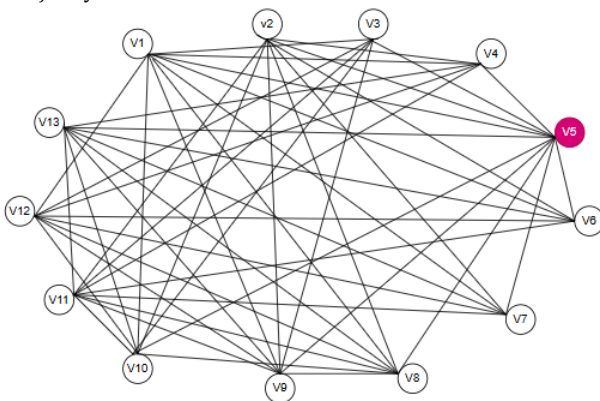
Gambar 1. Simpul Graf

Dari simpul graf pada gambar 1 di atas, langkah selanjutnya adalah menghubungkan simpul tersebut dengan garis terhadap simpul yang bertetangga.



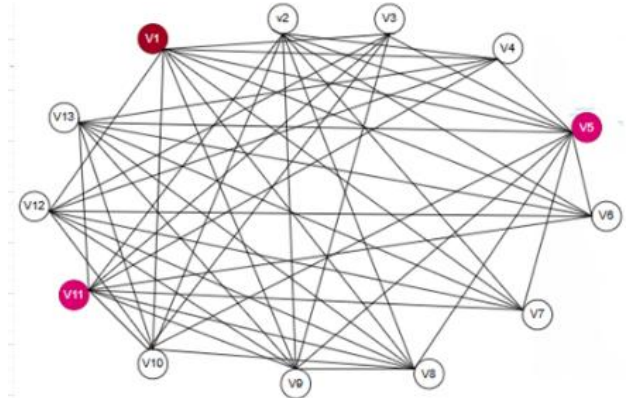
Gambar 2. Garis Simpul Bertetangga

Dalam pewarnaan graf langkah pertama yang dilakukan adalah memberi warna pink pada simpul yang berderajat tinggi yaitu simpul v_5 dengan derajatnya 10.



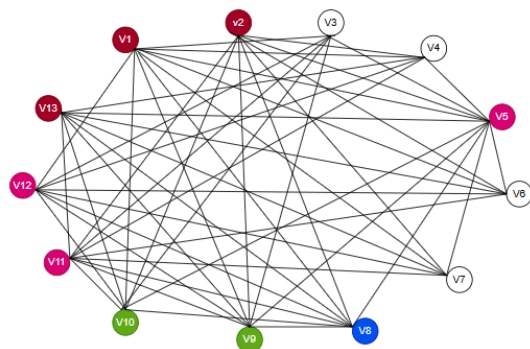
Gambar 3. Warna pada simpul v_5

Selanjutnya, memberi warna simpul yang memiliki derajat 9, setelah v_5 dan belum memiliki warna. Dalam hal ini v_1 bertetangga dengan v_5 sehingga diberi warna yang berbeda yaitu merah, kemudian v_{11} merupakan simpul yang tidak bertetangga dengan v_5 sehingga diberi warna yang sama yaitu pink.



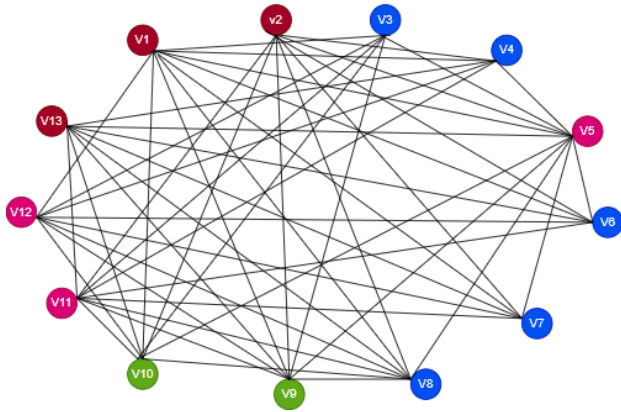
Gambar 4. Warna pada simpul v_1 dan v_{11}

Setelah simpul v_1, v_5 , dan v_{11} diberi warna tahap berikutnya yang dilakukan adalah sama seperti tahap sebelumnya, yaitu mencari simpul dengan derajat 8 berikutnya untuk diberi warna. Pada tahap ini simpul v_2 yang tidak bertetangga dengan v_1 sehingga diberi warna yang sama yaitu merah. Kemudian simpul dengan derajat tertinggi selanjutnya adalah v_8 akan diberi warna biru karena simpul initerhubung pada semua warna sehingga dibentuk warna baru. Lalu simpul v_9 dan v_{10} diberi warna hijau karena tidak bertetangga. Selanjutnya simpul v_{12} tidak bertetangga pada v_{11} maka diberi warna yang sama yaitu pink, selanjutnya pada simpul v_{13} tidak bertetangga dengan v_1 dan v_2 sehingga diberikan warna sama yaitu merah.



Gambar 5. Warna pada simpul $v_2, v_8, v_9, v_{10}, v_{12}$, dan v_{13}

Pada tahap berikutnya, simpul-simpul yang belum diberi warna akan diwarnai. Prosesnya tetap sama yaitu dengan melihat simpul yang memiliki derajat 6. Pada tahap ini, simpul berderajat 6 berada pada simpul $v3, v4, v6$ dan $v7$ saja karena tidak ada simpul yang tidak bertetangga dengan $v8$ diberi warna biru. Langkah ini sekaligus menjadi tahap terakhir dalam proses pewarnaan graf.



Gambar 6. Graf selesai diwarnai

Pada gambar 6 terlihat bahwa jumlah warna yang digunakan untuk pewarnaan adalah sebanyak 4 warn. Hal ini menunjukkan terdapat 4 hari kunjungan destinasi wisata populer di Sumatera Barat. Pada kunjungan destinasi ini, simpul-simpul dengan warna yang sama merepresentasikan destinasi dapat dikunjungi dihari yang sama. Berikut ini adalah hasil dari warna graf yang diperoleh yang merepresentasikan destinasi tersebut dikunjungi selama 4 hari yang disajikan dalam tabel 3 berikut.

Tabel 3. Mengunjungi destinasi

Warna	Simpul	Destinasi
Merah	$v1, v2, v13$	Mandeh, Pantai Air manis, Pantai Padang
Biru	$v3, v4, v7, v8, v6$	Air Terjun Lembah Anai, Istana Basa Pagaruyuang, Lubang Jepang, danau Singkarak, Bukit Tinggi

Hijau	$v9, v10$	Jam Gadang, Kelok Sembilan Lembah Harau
Pink	$v5, v11, v12$	Danau Atas Alahan Panjang, Pantai Cerocok Painan, Kebun Teh Alahan Panjang

Berdasarkan hasil pewarnaan tersebut diperoleh bilangan kromatik graf sebesar 4. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh destinasi wisata dapat dikelompokkan ke dalam 4 hari kunjungan tanpa melanggar batasan yang telah ditetapkan. Dengan demikian, jumlah hari minimum yang diperlukan untuk mengunjungi seluruh destinasi adalah 4 hari, di mana destinasi yang memiliki warna sama dapat dikunjungi pada hari yang sama.

PENUTUP

SIMPULAN

Penelitian ini menerapkan metode pewarnaan graf untuk mengelompokkan destinasi wisata di Sumatera Barat berdasarkan batasan kunjungan yang telah ditentukan. Setiap destinasi direpresentasikan sebagai simpul dan hubungan konflik antar destinasi direpresentasikan sebagai sisi pada graf. Hasil pewarnaan graf menunjukkan bahwa graf memiliki bilangan kromatik sebesar 4, yang berarti seluruh destinasi wisata dapat dikelompokkan ke dalam empat kelompok kunjungan. Dengan demikian, jumlah minimum hari yang diperlukan untuk mengunjungi seluruh destinasi wisata yang diteliti adalah 4 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa metode pewarnaan graf dapat digunakan sebagai alternatif dalam penyusunan jadwal perjalanan wisata yang lebih efisien.

Saran

Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model dengan menambahkan lebih banyak destinasi wisata serta mempertimbangkan faktor lain, seperti biaya transportasi, dan durasi kunjungan pada setiap destinasi. Selain itu, metode pewarnaan graf dapat

dikombinasikan dengan algoritma optimasi lainnya untuk menghasilkan penjadwalan perjalanan wisata yang lebih optimal dan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Nurmala, E. S. (2023). Penerapan pewarnaan graf untuk menentukan tujuan wisata kuliner Kota Bandung. *Jurnal Riset Matematika (JRM)*, 3(2), 149–156.
- Aryanto, F., & Siahaan, C. E. (2022). Implementasi algoritma Welch Powell dalam penentuan tempat wisata di Kota Jambi. *Multi Proximity: Jurnal Statistika Universitas Jambi*, 1(1), 21–38.
- Widiyatni, W., Rafida, V., Sibali, H. E., & Kusumawati, H. A. (2020). Penerapan pewarnaan graf untuk menentukan wisata kuliner di Samarinda. *Jurnal Ilmiah MATRIK*, 22(2), 177–186.
- Afriantini, Helmi, & Fran, F. (2019). PEWARNAAN SIMPUL, SISI, WILAYAH PADA GRAF DAN PENERAPANNYA. *Bimaster Ilmiah. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, 773-782.
- Dewi, N. R. (2020). Penerapan Pewarnaan Graf Terhadap Penyusunan Jadwal Seminar Proposal Skripsi di Prodi Pendidikan Matematika UIN Raden Intan Lampung. *Buana Matematika : Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika*, 103112.
- Meiliana, C. H., & Maryono, D. (2014). APLIKASI PEWARNAAN GRAF UNTUK OPTIMALISASI PENGATURAN TRAFFIC LIGHT DI SUKAHARJO. *JIPTEK*, 25-34.