

**PENENTUAN RUTE TERPENDEK OBJEK WISATA DI KABUPATEN
MAGELANG MENGGUNAKAN ALGORITMA FLOYD-WARSHALL DAN
ALGORITMA BELLMAN-FORD**

***DETERMINING THE SHORTEST ROUTE TO TOURIST ATTRACTIONS IN
MAGELANG REGENCY USING THE FLOYD-WARSHALL ALGORITHM AND THE
BELLMAN-FORD ALGORITHM***

Silvia Indriana Ayu, Prodi Matematika FMIPA UNY
Himmawati Puji Lestari*, Prodi Matematika FMIPA UNY
*e-mail: himmawati@uny.ac.id

Abstrak

Kabupaten Magelang merupakan daerah tujuan wisata dengan persebaran objek wisata yang luas sehingga menyulitkan wisatawan dalam menentukan rute perjalanan terutama dalam konsep perjalanan singkat (*one day trip*). Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan jaringan objek wisata ke dalam bentuk graf berbobot, menentukan rute terpendek menggunakan Algoritma Floyd-Warshall dan Bellman-Ford, membandingkan kedua algoritma berdasarkan minimisasi jarak tempuh, serta mengelompokkan rute menjadi paket wisata berdasarkan kesamaan lintasan. Penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif deskriptif ini menggunakan pemodelan graf berbobot dan analisis algoritma *shortest path*. Data diperoleh dari Dinas Pariwisata Kabupaten Magelang dan *Google Maps* yang terdiri atas 25 objek wisata, 4 titik masuk, dan 9 persimpangan yang direpresentasikan menjadi 38 simpul dengan jarak sebagai sisi. Analisis dilakukan menggunakan Algoritma Floyd-Warshall dan Bellman-Ford, serta divisualisasikan menggunakan QGIS dan diolah menggunakan Python. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan objek wisata di Kabupaten Magelang berhasil dimodelkan sebagai graf berbobot dengan 38 simpul yang mencakup 25 objek wisata, 4 titik masuk, dan 9 simpul persimpangan. Penerapan Algoritma Floyd-Warshall menghasilkan rute terpendek untuk seluruh pasangan simpul, sedangkan Algoritma Bellman-Ford menghasilkan rute terpendek dari titik masuk ke seluruh simpul lainnya. Kedua algoritma menghasilkan nilai jarak minimum yang sama sebanyak 100 rute terpendek, namun berbeda pada aspek mekanisme perhitungan. Rute tersebut dikelompokkan menjadi paket wisata *one day trip* berdasarkan kesamaan lintasan, yaitu 6 paket dari utara, 6 paket dari timur, 5 paket dari selatan, dan 5 paket dari barat.

Kata kunci: Algoritma Bellman-Ford, Algoritma Floyd-Warshall, Graf, Rute Terpendek

Abstract

Magelang Regency is a tourist destination with a wide distribution of attractions, making it difficult for tourists to determine efficient travel routes, especially for one-day trips. This study aims to model the tourism network as a weighted graph, determine the shortest routes using the Floyd-Warshall and Bellman-Ford algorithms, compare both algorithms based on distance minimization, and group the routes into tour packages based on path similarity. This applied study uses a descriptive quantitative approach with weighted graph modeling and shortest path analysis. Data were obtained from the Magelang Regency Tourism Office and Google Maps, consisting of 25 attractions, 4 entry points, and 9 intersections represented as 38 nodes with distances as edges. The analysis was conducted using the Floyd-Warshall and Bellman-Ford algorithms and visualized using QGIS and Python. The results show that the network was modeled as a weighted graph with 38 nodes. The Floyd-Warshall algorithm determines shortest routes for all node pairs, while Bellman-Ford

determines routes from entry points to other nodes. Both algorithms produce 100 shortest routes with the same distance values, but differ in computational mechanisms. These routes are grouped into one-day tour packages based on path similarity: 6 from the north, 6 from the east, 5 from the south, and 5 from the west.

Keywords: *Bellman-Ford Algorithm, Floyd-Warshall Algorithm, Graph, Shortest Route*

PENDAHULUAN

Kabupaten Magelang merupakan salah satu wilayah di Provinsi Jawa Tengah dengan luas wilayah sekitar 112.998 hektar (Badan Pusat Statistik Magelang Kabupaten Magelang, 2025a). Secara administratif, wilayah ini berbatasan dengan Kabupaten Temanggung dan Semarang di sebelah utara, Kabupaten Semarang dan Boyolali di sebelah timur, Kabupaten Purworejo dan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta di sebelah selatan, serta Kabupaten Temanggung dan Wonosobo di sebelah barat (Kabupaten Magelang, 2024).

Kondisi geografis tersebut menjadikan Kabupaten Magelang memiliki potensi pariwisata yang besar dengan persebaran objek wisata yang luas dan beragam. Keberadaan destinasi unggulan seperti Candi Borobudur, serta objek wisata lain seperti Punthuk Setumbu, Air Terjun Kedung Kayang, dan Ketep Pass menjadikan wilayah ini memiliki daya tarik tinggi bagi wisatawan domestik maupun mancanegara.

Tingginya daya tarik tersebut tercermin dari jumlah kunjungan wisatawan yang besar. Berdasarkan data Dinas Pariwisata, Kepemudaan, dan Olahraga Kabupaten Magelang, jumlah kunjungan wisatawan pada tahun 2025 mencapai 3.478.348 wisatawan domestik dan 297.495 wisatawan mancanegara. Selain itu, pada periode libur Natal dan Tahun Baru (Nataru) 2025 tercatat sekitar 225.000 wisatawan berkunjung ke berbagai destinasi wisata di Kabupaten Magelang (Suryani, 2025).

Meskipun jumlah kunjungan wisatawan tergolong tinggi, pola kunjungan wisata di Kabupaten Magelang umumnya bersifat singkat, yaitu wisatawan datang dan kembali pada hari yang sama tanpa menginap (*one day trip*) (Iryani, 2025). Hal ini didukung oleh data rata-rata lama menginap wisatawan yang berkisar antara 1,19 hingga 1,27 malam (Badan Pusat Statistik Magelang Kabupaten Magelang, 2025b).

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa wisatawan memiliki keterbatasan waktu sehingga diperlukan perencanaan perjalanan yang tepat agar dapat mengunjungi beberapa destinasi dalam satu kali perjalanan. Penentuan rute dalam penelitian ini didasarkan pada jarak tempuh karena waktu tempuh bersifat dinamis, sehingga permasalahan yang muncul adalah penentuan rute optimal dengan jarak minimum yang dapat diselesaikan melalui pendekatan matematis.

Pendekatan yang dapat digunakan untuk memodelkan permasalahan tersebut adalah teori graf. Teori graf merupakan cabang matematika diskrit yang merepresentasikan hubungan antar objek dalam bentuk graf $G = (V, E)$ dengan V sebagai himpunan simpul (*vertex*) dan E sebagai himpunan sisi (*edge*) yang menghubungkan pasangan simpul (Chartrand et al., 2016). Dalam penelitian ini, objek wisata direpresentasikan sebagai simpul, sedangkan hubungan antar lokasi direpresentasikan sebagai sisi dengan bobot berupa jarak tempuh sehingga membentuk graf berbobot.

Berdasarkan model tersebut, permasalahan penentuan rute terpendek dikenal sebagai *Shortest Path Problem*. *Shortest Path Problem* merupakan permasalahan untuk menentukan lintasan dengan bobot minimum antara dua simpul atau lebih dalam suatu graf (Winston, 2004). Panjang lintasan ditentukan berdasarkan jumlah bobot sisi yang dilalui, sehingga lintasan terpendek adalah lintasan dengan total bobot paling kecil (Rosen, 2012). Permasalahan ini dapat diselesaikan menggunakan berbagai algoritma, seperti Algoritma Dijkstra, Algoritma Bellman-Ford, dan Algoritma Floyd-Warshall. Dalam penelitian ini digunakan Algoritma Floyd-Warshall dan Algoritma Bellman-Ford untuk menentukan rute terpendek berdasarkan minimisasi jarak tempuh.

Algoritma Floyd-Warshall merupakan algoritma berbasis pemrograman dinamis yang digunakan untuk menentukan lintasan terpendek antar seluruh pasangan simpul (*all-pairs shortest path*) (Cormen et al., 2009). Algoritma ini menggunakan representasi matriks berukuran $n \times n$ dan melakukan pembaruan jarak secara iteratif dengan mempertimbangkan setiap simpul sebagai simpul perantara. Secara umum, langkah-langkah Algoritma Floyd-Warshall adalah sebagai berikut:

1. Langkah pertama adalah menginisialisasi matriks jarak awal $D^{(0)}$ berdasarkan bobot sisi graf, dengan nilai 0 pada diagonal dan ∞ untuk pasangan simpul yang tidak saling terhubung secara langsung.
2. Selanjutnya, dilakukan inisialisasi matriks *predecessor* $P^{(0)}$ yang digunakan untuk menyimpan informasi lintasan antar simpul.
3. Proses berikutnya adalah melakukan iterasi sebanyak n kali dengan mempertimbangkan setiap simpul sebagai simpul perantara. Pada setiap iterasi ke- k , jarak diperbarui menggunakan relasi:

$$D_{ij}^{(k)} = \min(D_{ij}^{(k-1)}, D_{ik}^{(k-1)} + D_{kj}^{(k-1)})$$

4. Hasil akhir dari proses ini adalah matriks jarak dan *predecessor* yang menunjukkan lintasan terpendek antar seluruh pasangan simpul.

Sementara itu, Algoritma Bellman-Ford digunakan untuk menentukan lintasan terpendek dari satu simpul asal ke seluruh simpul lainnya (*single-source shortest path*) melalui proses relaksasi sisi secara berulang (Cormen et al., 2009). Secara umum, tahapan algoritma ini adalah sebagai berikut:

1. Langkah pertama adalah menginisialisasi jarak dengan nilai 0 pada simpul asal dan ∞ pada simpul lainnya, serta inisialisasi *predecessor* untuk melacak lintasan.
2. Selanjutnya, dilakukan proses relaksasi terhadap seluruh sisi dalam graf sebanyak $|V| - 1$ kali dengan memperbarui jarak menggunakan relasi:

$$d(v) = \min(d(v), d(u) + w(u, v))$$

3. Setelah proses relaksasi selesai, dilakukan pemeriksaan untuk mendeteksi adanya siklus berbobot negatif.
4. Hasil akhir dari algoritma ini adalah jarak terpendek dan lintasan dari simpul asal ke seluruh simpul tujuan.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas penerapan algoritma lintasan terpendek dalam berbagai konteks. Penelitian oleh Putri & Lestari (2023) menunjukkan bahwa Algoritma Floyd-Warshall mampu menghasilkan rute optimal yang kemudian dapat dikelompokkan menjadi paket wisata berdasarkan kesamaan lintasan. Selanjutnya, penelitian

oleh Fitriani et al. (2022) menunjukkan bahwa Algoritma Bellman-Ford efektif dalam menentukan lintasan terpendek dari satu titik asal menuju seluruh tujuan pada jaringan wisata.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada penerapan salah satu algoritma atau belum secara spesifik melakukan analisis komparatif pada wilayah dengan karakteristik geografis dan persebaran objek wisata yang luas. Hingga saat ini, kajian yang membandingkan kedua algoritma tersebut dalam konteks penentuan rute terpendek objek wisata di Kabupaten Magelang masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui analisis komparatif berbasis minimisasi jarak tempuh.

Untuk mendukung analisis tersebut, diperlukan pemodelan jaringan jalan yang direpresentasikan secara spasial dan sistematis. Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) yaitu QGIS untuk memetakan lokasi objek wisata dan membentuk representasi graf berdasarkan jaringan jalan (Trenggana, 2018). Selain itu, bahasa pemrograman Python digunakan untuk mengimplementasikan Algoritma Floyd-Warshall dan Algoritma Bellman-Ford sehingga proses perhitungan lintasan terpendek dapat dilakukan secara efisien dan sistematis (Guntoro et al., 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) memodelkan jaringan objek wisata di Kabupaten Magelang ke dalam bentuk graf berbobot berdasarkan jarak antar lokasi, (2) menentukan rute terpendek menggunakan Algoritma Floyd-Warshall (3) menentukan rute terpendek menggunakan Algoritma Bellman-Ford, (4) membandingkan hasil kedua algoritma berdasarkan minimisasi jarak tempuh, serta (5) mengelompokkan rute terpendek menjadi paket wisata berdasarkan kesamaan lintasan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan penentuan rute terpendek secara matematis. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data, pemodelan graf, penerapan algoritma, serta analisis hasil perhitungan. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh dasar teoritis yang berkaitan dengan teori graf, konsep lintasan terpendek, serta prinsip kerja Algoritma Floyd-Warshall dan Algoritma Bellman-Ford.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang bersumber dari Dinas Pariwisata, Kepemudaan, dan Olahraga Kabupaten Magelang, Badan Pusat Statistik Kabupaten Magelang, serta *Google Maps*. Data objek wisata diperoleh dari instansi terkait, sedangkan data jarak antar lokasi diperoleh melalui *Google Maps* dan digunakan dalam pemodelan graf.

Berdasarkan data yang diperoleh, jaringan perjalanan antar objek wisata dimodelkan dalam bentuk graf berbobot (*weighted graph*). Dalam pemodelan ini, objek wisata direpresentasikan sebagai simpul (*node*), sedangkan hubungan antar lokasi direpresentasikan sebagai sisi (*edge*) dengan bobot berupa jarak antar lokasi. Selain objek wisata, titik awal perjalanan serta beberapa persimpangan jalan dimodelkan sebagai simpul tambahan untuk menggambarkan keterhubungan jaringan secara lebih realistis. Representasi graf ini kemudian disusun dalam bentuk matriks jarak sebagai input dalam proses perhitungan algoritma.

Untuk menyederhanakan permasalahan, digunakan beberapa asumsi yaitu: (1) objek wisata yang memiliki lokasi sangat berdekatan direpresentasikan sebagai satu simpul dalam graf, (2) jarak antar lokasi dinyatakan sebagai jarak garis lurus yang digunakan sebagai bobot sisi, (3) hubungan antar simpul bersifat dua arah dengan bobot yang sama sehingga graf merupakan graf tak berarah, dan (4) penambahan simpul persimpangan dilakukan untuk merepresentasikan jaringan jalan secara lebih realistis.

Selanjutnya, tahapan penelitian dilakukan secara sistematis sebagai berikut: (1) melakukan studi literatur terkait teori graf dan algoritma lintasan terpendek, (2) mengumpulkan data objek wisata dan jarak antar lokasi, (3) memodelkan data ke dalam bentuk graf berbobot dan matriks jarak, (4) menerapkan Algoritma Floyd-Warshall untuk menentukan lintasan terpendek antar seluruh pasangan simpul, (5) menerapkan Algoritma Bellman-Ford untuk menentukan lintasan terpendek dari titik awal ke seluruh simpul tujuan, (6) membandingkan hasil kedua algoritma berdasarkan minimisasi jarak tempuh yang dihasilkan, serta (7) melakukan interpretasi hasil dan penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Dalam penelitian ini, penentuan rute terpendek dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu Algoritma Floyd-Warshall dan Algoritma Bellman-Ford. Permasalahan rute terpendek dimodelkan ke dalam bentuk graf berbobot, di mana setiap lokasi direpresentasikan sebagai simpul (*node*) dan jarak antar lokasi dinyatakan sebagai bobot pada setiap sisi (*edge*).

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi daftar lokasi sebagai simpul serta jarak antar lokasi yang saling terhubung. Daftar lokasi yang digunakan sebagai simpul terdiri atas objek wisata, titik masuk wilayah, serta persimpangan jalan yang disajikan pada Tabel 1. Adapun data jarak antar lokasi sebagai bobot sisi yang diperoleh dari *Google Maps* disajikan pada Tabel 2 dalam satuan kilometer.

Tabel 1. Daftar Simpul

No.	Nama Objek Wisata	Simpul
1.	Candi Borobudur	v_1
2.	Masjid Agung Jawa Tengah	v_2
3.	Wisata Gunung Telomoyo	v_3
4.	Kawasan Umbul Banyuroso	v_4
5.	Negeri Khayangan	v_5
6.	Ketep Pass	v_6
7.	Banyu Langit Agro Park	v_7
8.	Gunung Andong	v_8
9.	Borobudur Land	v_9
10.	Gunung Merbabu via Swanting	v_{10}
11.	Silancur Highland	v_{11}
12.	Nepal Van Java	v_{12}
13.	Kebun Inggit Strawberry Banyuroto	v_{13}
14.	Punthuk Setumbu	v_{14}
15.	Taman Rekreasi Mendut	v_{15}

16.	Candi Pawon - Mendut	v_{16}
17.	Air Terjun Kedung Kayang	v_{17}
18.	Objek Wisata Alam Jurang Jero	v_{18}
19.	Candi Selogriyo	v_{19}
20.	Air Terjun Sumuran Seloprojo	v_{20}
21.	Mangli Sky View	v_{21}
22.	Pemandian Air Hangat Candi Umbul	v_{22}
23.	Taman Wisata Air Kalibening	v_{23}
24.	Talang Londo	v_{24}
25.	Gunung Sumbing	v_{25}
26.	Titik masuk dari arah Temanggung (U)	v_{26}
27.	Titik masuk dari arah Boyolali (T)	v_{27}
28.	Titik masuk dari arah Purworejo/DI Yogyakarta (S)	v_{28}
29.	Titik masuk dari arah Wonosobo (B)	v_{29}
30.	Persimpangan Jalan Wonosobo - Magelang	v_{30}
31.	Persimpangan Jalan Raya Kaliangkrik	v_{31}
32.	Persimpangan Jalan Kyai Arof	v_{32}
33.	Persimpangan Jalan Raya Bandongan	v_{33}
34.	Persimpangan Jalan Raya Grabag - Magelang	v_{34}
35.	Persimpangan Jalan Magelang - Salatiga	v_{35}
36.	Persimpangan Jalan Grabag - Kopeng	v_{36}
37.	Persimpangan Jalan Underpass Cangkuk	v_{37}
38.	Persimpangan Jalan Salaman - Bener	v_{38}

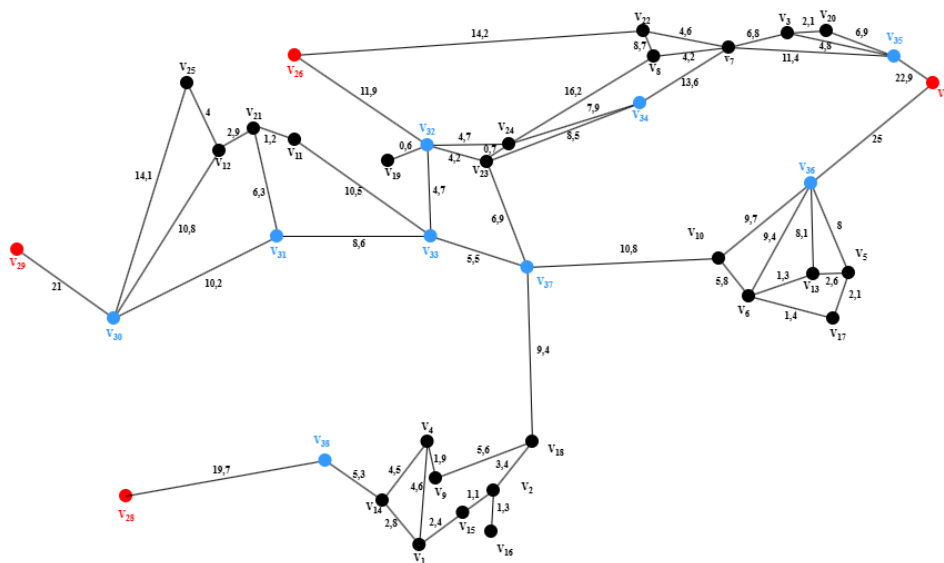
Tabel 2. Jarak Antar Simpul (Bobot Sisi Graf)

No.	Sisi	Jarak (km)	No.	Sisi	Jarak (km)
1.	$v_1 - v_4$	4,6	29.	$v_{11} - v_{33}$	10,5
2.	$v_1 - v_{14}$	2,8	30.	$v_{12} - v_{21}$	2,9
3.	$v_1 - v_{15}$	2,4	31.	$v_{12} - v_{25}$	4
4.	$v_2 - v_{15}$	1,1	32.	$v_{12} - v_{30}$	10,8
5.	$v_2 - v_{16}$	1,3	33.	$v_{13} - v_{36}$	8,1
6.	$v_2 - v_{18}$	3,4	34.	$v_{14} - v_{38}$	5,3
7.	$v_3 - v_7$	6,8	35.	$v_{18} - v_{37}$	9,4
8.	$v_3 - v_{20}$	2,1	36.	$v_{19} - v_{32}$	0,6
9.	$v_3 - v_{35}$	4,8	37.	$v_{20} - v_{35}$	6,9
10.	$v_4 - v_9$	1,9	38.	$v_{21} - v_{31}$	6,3
11.	$v_4 - v_{14}$	4,5	39.	$v_{22} - v_{26}$	14,2
12.	$v_5 - v_{13}$	2,6	40.	$v_{23} - v_{24}$	0,7
13.	$v_5 - v_{17}$	2,1	41.	$v_{23} - v_{32}$	4,2
14.	$v_5 - v_{36}$	8	42.	$v_{23} - v_{34}$	8,5
15.	$v_6 - v_{10}$	5,8	43.	$v_{23} - v_{37}$	6,9
16.	$v_6 - v_{13}$	1,3	44.	$v_{24} - v_{32}$	4,7
17.	$v_6 - v_{17}$	1,4	45.	$v_{24} - v_{34}$	7,9
18.	$v_6 - v_{36}$	9,4	46.	$v_{25} - v_{30}$	14,1
19.	$v_7 - v_8$	4,2	47.	$v_{26} - v_{32}$	11,9
20.	$v_7 - v_{22}$	4,6	48.	$v_{27} - v_{35}$	22,9

21.	$v_7 - v_{34}$	13,6	49.	$v_{27} - v_{36}$	25
22.	$v_7 - v_{35}$	11,4	50.	$v_{28} - v_{38}$	19,7
23.	$v_8 - v_{22}$	8,7	51.	$v_{29} - v_{30}$	21
24.	$v_8 - v_{24}$	16,2	52.	$v_{30} - v_{31}$	10,2
25.	$v_9 - v_{18}$	5,6	53.	$v_{31} - v_{33}$	8,6
26.	$v_{10} - v_{36}$	9,7	54.	$v_{32} - v_{33}$	4,7
27.	$v_{10} - v_{37}$	10,8	55.	$v_{33} - v_{37}$	5,5
28.	$v_{11} - v_{21}$	1,2			

Berdasarkan data pada Tabel 1 dan Tabel 2, selanjutnya dibuat pemodelan graf berbobot yang merepresentasikan jaringan lokasi dan jalur pada wilayah penelitian. Dalam graf tersebut, simpul merepresentasikan objek wisata, titik masuk wilayah, serta persimpangan jalan, sedangkan sisi merepresentasikan jalur penghubung antar simpul dengan bobot berupa jarak tempuh. Representasi graf berbobot dari data tersebut disajikan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1, simpul yang ditandai dengan titik hitam menunjukkan objek wisata, titik merah menunjukkan titik awal perjalanan, dan titik biru menunjukkan persimpangan jalan.



Gambar 1. Graf Awal Objek Wisata Kabupaten Magelang

Selanjutnya, graf yang telah dibentuk direpresentasikan ke dalam bentuk matriks bobot sebagai dasar dalam proses perhitungan rute terpendek. Matriks ini digunakan sebagai input dalam penerapan kedua algoritma, yaitu Algoritma Floyd-Warshall dan Algoritma Bellman-Ford.

Pada Algoritma Floyd-Warshall, proses perhitungan dilakukan dengan cara memperbarui matriks jarak secara bertahap melalui proses sebanyak n iterasi untuk setiap simpul sebagai titik perantara. Proses ini menghasilkan matriks jarak akhir yang memuat jarak minimum untuk setiap pasangan simpul.

Sementara itu, pada Algoritma Bellman-Ford, perhitungan dilakukan dengan cara relaksasi sisi secara berulang hingga $|V| - 1$ iterasi dengan $|V|$ adalah jumlah simpul.

Algoritma ini digunakan untuk menentukan lintasan terpendek dari satu simpul sumber menuju simpul tujuan tertentu.

Berdasarkan penerapan kedua algoritma tersebut, diperoleh hasil rute terpendek dari masing-masing titik masuk menuju berbagai objek wisata. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kedua algoritma menghasilkan nilai jarak terpendek yang sama untuk setiap pasangan titik asal dan tujuan, namun urutan lintasan (rute) yang dilalui dapat berbeda. Rute terpendek yang dihasilkan dari kedua algoritma disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rute Terpendek Berdasarkan Algoritma Floyd-Warshall dan Algoritma Bellman-Ford

Titik Masuk Objek Wisata	Titik Masuk Utara	Titik Masuk Timur	Titik Masuk Selatan	Titik Masuk Barat
Candi Borobudur	$v_{26} - v_{32} -$ $v_{33} - v_{37} -$ $v_{18} - v_2 -$ $v_{15} - v_1$ (38,4 km)	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$ $- v_{37} - v_{18}$ $- v_2 - v_{15}$ $- v_1$ (61,8 km)	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$ $- v_1$ (27,8 km)	$v_{29} - v_{30}$ $- v_{31} - v_{33}$ $- v_{37} - v_{18}$ $- v_2 - v_{15}$ $- v_1$ (61,6 km)
Masjid Agung Jawa Tengah	$v_{26} - v_{32}$ $- v_{33} - v_{37}$ $- v_{18} - v_2$ (34,9 km)	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$ $- v_{37} - v_{18}$ $- v_2$ (58,3 km)	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$ $- v_1 - v_{15}$ $- v_2$ (31,3 km)	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$ $- v_{33} - v_{37}$ $- v_{18} - v_2$ (58,1 km)
Wisata Gunung Telomoyo	$v_{26} - v_{22} - v_7$ $- v_3$ (25,6 km)	$v_{27} - v_{35} - v_3$ (27,7 km)	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$ $- v_1 - v_{15}$ $- v_2 - v_{18}$ $- v_{37} - v_{23}$ $- v_{24} - v_8$ $- v_7 - v_3$ (78,9 km)	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$ $- v_{33} - v_{32}$ $- v_{24} - v_8$ $- v_7 - v_3$ (76,4 km)
Kawasan Umbul Banyuroso	$v_{26} - v_{32}$ $- v_{33} - v_{37}$ $- v_{18} - v_9$ $- v_4$ (39 km)	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$ $- v_{37} - v_{18}$ $- v_9 - v_4$ (62,4 km)	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$ $- v_4$ (29,5 km)	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$ $- v_{33} - v_{37}$ $- v_{18} - v_9$ $- v_4$ (62,2 km)
Negeri Khayangan	$v_{26} - v_{32}$ $- v_{33} - v_{37}$ $- v_{10} - v_6$ $- v_{17} - v_5$ (42,2 km)	$v_{27} - v_{36} - v_5$ (33 km)	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$ $- v_1 - v_{15}$ $- v_2 - v_{18}$ $- v_{37} - v_{10}$ $- v_6 - v_{17}$ $- v_5$ (64,2 km)	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$ $- v_{33} - v_{37}$ $- v_{10} - v_6$ $- v_{17} - v_5$ (65,4 km)

Ketep Pass	$v_{26} - v_{32}$	$v_{27} - v_{36} - v_6$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
	$- v_{33} - v_{37}$	$(34,4 \text{ km})$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{33} - v_{37}$
	$- v_{10} - v_6$		$- v_2 - v_{18}$	$- v_{10} - v_6$
	$(38,7 \text{ km})$		$- v_{37} - v_{10}$	$(61,9 \text{ km})$
			$- v_6$	
			$(60,7 \text{ km})$	
Banyu Langit Agro Park	$v_{26} - v_{22} - v_7$	$v_{27} - v_{35} - v_7$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
	$(18,8 \text{ km})$	$(34,3 \text{ km})$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{33} - v_{32}$
			$- v_2 - v_{18}$	$- v_{24} - v_8$
			$- v_{37} - v_{23}$	$- v_7$
			$- v_{24} - v_8$	$(69,6 \text{ km})$
			$- v_7$	
			$(72,1 \text{ km})$	
Gunung Andong	$v_{26} - v_{22} - v_8$	$v_{27} - v_{35} - v_7$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
	$(22,9 \text{ km})$	$- v_8$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{33} - v_{32}$
		$(38,5 \text{ km})$	$- v_2 - v_{18}$	$- v_{24} - v_8$
			$- v_{37} - v_{23}$	$(65,4 \text{ km})$
			$- v_{24} - v_8$	
			$(67,9 \text{ km})$	
Borobudur Land	$v_{26} - v_{32}$	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
	$- v_{33} - v_{37}$	$- v_{37} - v_{18}$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{33} - v_{37}$
	$- v_{18} - v_9$	$- v_9$	$- v_2 - v_{18}$	$- v_{18} - v_9$
	$(37,1 \text{ km})$	$(60,5 \text{ km})$	$- v_{37} - v_{23}$	$(60,3 \text{ km})$
			$- v_{24} - v_8$	
			$(67,9 \text{ km})$	
Gunung Merbabu Swanting via	$v_{26} - v_{32}$	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
	$- v_{33} - v_{37}$	$(34,7 \text{ km})$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{33} - v_{37}$
	$- v_{10}$		$- v_2 - v_{18}$	$- v_{10}$
	$(32,9 \text{ km})$		$- v_{37} - v_{10}$	$(56,1 \text{ km})$
			$(54,9 \text{ km})$	
Silancur Highland	$v_{26} - v_{32}$	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{12}$
	$- v_{33} - v_{11}$	$- v_{37} - v_{33}$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{21} - v_{11}$
	$(27,1 \text{ km})$	$- v_{11}$	$- v_2 - v_{18}$	$(35,9 \text{ km})$
		$(61,5 \text{ km})$	$- v_{37} - v_{33}$	
			$- v_{11}$	
			$(60,1 \text{ km})$	
Nepal Van Java	$v_{26} - v_{32}$	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{12}$
	$- v_{33} - v_{11}$	$- v_{37} - v_{33}$	$- v_1 - v_{15}$	$(31,8 \text{ km})$
	$- v_{21} - v_{12}$	$- v_{11} - v_{21}$	$- v_2 - v_{18}$	
	$(31,2 \text{ km})$	$- v_{12}$	$- v_{37} - v_{33}$	
		$(65,6 \text{ km})$	$- v_{11} - v_{21}$	
			$- v_{12}$	
			$(64,2 \text{ km})$	
Kebun Inggit Strawberry Banyuroto	$v_{26} - v_{32}$	$v_{27} - v_{36} - v_{13}$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
	$- v_{33} - v_{37}$	$(33,1 \text{ km})$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{33} - v_{37}$
	$- v_{10} - v_6$		$- v_2 - v_{18}$	$- v_{10} - v_6$
	$- v_{13}$		$- v_{37} - v_{10}$	$- v_{13}$
	(40 km)		$- v_6 - v_{13}$	$(63,2 \text{ km})$

				(62 km)	
		$v_{26} - v_{32}$	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$		$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
		$- v_{33} - v_{37}$	$- v_{37} - v_{18}$		$- v_{33} - v_{37}$
Punthuk		$- v_{18} - v_2$	$- v_2 - v_{15}$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$- v_{18} - v_2$
Setumbu		$- v_{15} - v_1$	$- v_1 - v_{14}$	(25 km)	$- v_{15} - v_1$
		$- v_{14}$	(64,6 km)		$- v_{14}$
		(41,2 km)			(64,4 km)
		$v_{26} - v_{32}$	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$		$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
		$- v_{33} - v_{37}$	$- v_{37} - v_{18}$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$- v_{33} - v_{37}$
Taman Rekreasi		$- v_{18} - v_2$	$- v_2 - v_{15}$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{18} - v_2$
Mendut		$- v_{15}$	(59,4 km)	(30,2 km)	$- v_{15}$
		(36 km)			(59,2 km)
		$v_{26} - v_{32}$	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
		$- v_{33} - v_{37}$	$- v_{37} - v_{18}$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{33} - v_{37}$
Candi Pawon -		$- v_{18} - v_2$	$- v_2 - v_{16}$	$- v_2 - v_{16}$	$- v_{18} - v_2$
Mendut		$- v_{16}$	(59,6 km)	(32,6 km)	$- v_{16}$
		(36,2 km)			(59,4 km)
		$v_{26} - v_{32}$		$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
		$- v_{33} - v_{37}$	$v_{27} - v_{36} - v_5$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{33} - v_{37}$
Air Terjun		$- v_{10} - v_6$	$- v_{17}$	$- v_2 - v_{18}$	$- v_{10} - v_6$
Kedung Kayang		$- v_{17}$	(35,1 km)	$- v_{37} - v_{10}$	$- v_{17}$
		(40,1 km)		$- v_6 - v_{17}$	(63,3 km)
				(62,1 km)	
		$v_{26} - v_{32}$	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
		$- v_{33} - v_{37}$	$- v_{37} - v_{18}$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{33} - v_{37}$
Objek Wisata		$- v_{18}$	(54,9 km)	$- v_2 - v_{18}$	$- v_{18}$
Alam Jurang		(31,5 km)		(34,7 km)	(54,7 km)
Jero					
			$v_{27} - v_{36} - v_{10}$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
		$v_{26} - v_{32} - v_{19}$	$- v_{37} - v_{33}$	$- v_1 - v_{15}$	$- v_{33} - v_{32}$
Candi Selogriyo		(12,5 km)	$- v_{32} - v_{19}$	$- v_2 - v_{18}$	$- v_{19}$
			(56,3 km)	$- v_{37} - v_{33}$	(45,1 km)
				$- v_{32} - v_{19}$	
				(54,9 km)	
				$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	
				$- v_1 - v_{15}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
				$- v_2 - v_{18}$	$- v_{33} - v_{32}$
Air Terjun		$v_{26} - v_{22} - v_7$	$v_{27} - v_{35}$	$- v_{37} - v_{23}$	$- v_{24} - v_8$
Sumuran		$- v_3 - v_{20}$	$- v_{20}$	$- v_{24} - v_8$	$- v_7 - v_3$
Seloprojo		(27,7 km)	(29,8 km)	$- v_7 - v_3$	$- v_{20}$
				$- v_{20}$	(78,5 km)
				(81 km)	
		$v_{26} - v_{32}$	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$	$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	
		$- v_{33} - v_{11}$	$- v_{37} - v_{33}$	$- v_1 - v_{15}$	$v_{29} - v_{30} - v_{12}$
Mangli Sky		$- v_{21}$	$- v_{11} - v_{21}$	$- v_2 - v_{18}$	$- v_{21}$
View		(28,3 km)	(62,7 km)	$- v_{37} - v_{33}$	(34,7 km)
				$- v_{11} - v_{21}$	

Pemandian Air Hangat Candi Umbul	$v_{26} - v_{22}$ (14,2 km)	$v_{27} - v_{35} - v_7$ $- v_{22}$ (38,9 km)	(61,3 km)	
			$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	
			$- v_1 - v_{15}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
			$- v_2 - v_{18}$	$- v_{33} - v_{32}$
			$- v_{37} - v_{23}$	$- v_{24} - v_8$
Taman Wisata Air Kalibening	$v_{26} - v_{32}$ $- v_{23}$ (16,1 km)	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$ $- v_{37} - v_{23}$ (52,4 km)	$- v_{24} - v_8$	$- v_{22}$
			$- v_{22}$	(74,1 km)
			(76,6 km)	
			$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	
			$- v_1 - v_{15}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
Talang Londo	$v_{26} - v_{32}$ $- v_{24}$ (16,6 km)	$v_{27} - v_{36} - v_{10}$ $- v_{37} - v_{23}$ $- v_{24}$ (53,1 km)	$- v_2 - v_{18}$	$- v_{33} - v_{32}$
			$- v_{37} - v_{23}$	$- v_{23}$
			(51 km)	(48,7 km)
			$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	
			$- v_1 - v_{15}$	$v_{29} - v_{30} - v_{31}$
Gunung Sumbing	$- v_{33} - v_{11}$ $- v_{21} - v_{12}$ $- v_{25}$ (35,2 km)	$- v_{37} - v_{33}$ $- v_{11} - v_{21}$ $- v_{12} - v_{25}$ (69,6 km)	$- v_2 - v_{18}$	$- v_{33} - v_{32}$
			$- v_{37} - v_{33}$	$- v_{24}$
			$- v_{11} - v_{21}$	(49,2 km)
			$- v_{12} - v_{25}$	
			(51,7 km)	
			$v_{28} - v_{38} - v_{14}$	
			$- v_1 - v_{15}$	
			$- v_2 - v_{18}$	
			$- v_{37} - v_{33}$	$v_{29} - v_{30} - v_{25}$
			$- v_{11} - v_{21}$	(35,1 km)
			$- v_{12} - v_{25}$	
			(68,2 km)	

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh rute terpendek dari setiap titik masuk menuju objek wisata menggunakan Algoritma Floyd-Warshall dan Algoritma Bellman-Ford. Hasil yang diperoleh dari kedua algoritma menunjukkan bahwa lintasan yang dihasilkan merupakan jalur dengan bobot minimum, sehingga sesuai dengan konsep dasar teori graf berbobot dalam menentukan lintasan terpendek.

Untuk mengetahui perbedaan kinerja kedua algoritma yang digunakan, dilakukan perbandingan berdasarkan beberapa aspek yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Algoritma Floyd-Warshall dan Algoritma Bellman-Ford

Aspek Perbandingan	Algoritma Floyd-Warshall	Algoritma Bellman-Ford
Jumlah Iterasi	38 iterasi (sesuai jumlah simpul)	37 iterasi untuk setiap simpul sumber
Bentuk Output	Matriks jarak $D^{(0)}$ dan matriks $predecessor P^{(0)}$ berordo 38×38	Tabel jarak $d(v)$ dan $predecessor$ tiap iterasi

Cakupan Hasil	Seluruh pasangan simpul	Berdasarkan simpul sumber tertentu ($v_{26}, v_{27}, v_{28}, v_{29}$)
Waktu Komputasi	Relatif lebih lama	Relatif lebih cepat tiap sumber
Jumlah Rute Terpendek	Menghasilkan 100 rute terpendek	Menghasilkan 100 rute terpendek

Berdasarkan Tabel 4, kedua algoritma menghasilkan rute terpendek dengan nilai jarak yang sama, yaitu sebanyak 100 rute tanpa perbedaan hasil. Hal ini menunjukkan bahwa kedua algoritma memiliki tingkat akurasi yang sama dalam menentukan rute terpendek.

Perbedaan utama terletak pada mekanisme perhitungan dan bentuk output yang dihasilkan. Algoritma Floyd-Warshall melakukan iterasi berdasarkan jumlah simpul dan menghasilkan matriks jarak serta *predecessor* untuk semua pasangan simpul. Sementara itu, Algoritma Bellman-Ford melakukan iterasi untuk setiap simpul sumber tertentu dan menghasilkan tabel jarak serta *predecessor* pada tiap iterasi.

Dari segi cakupan hasil, Algoritma Floyd-Warshall mencakup seluruh pasangan simpul, sedangkan Algoritma Bellman-Ford terbatas pada simpul sumber yang ditentukan. Selain itu, waktu komputasi Algoritma Floyd-Warshall relatif lebih lama dibandingkan Algoritma Bellman-Ford yang cenderung lebih singkat untuk pencarian dari satu sumber.

Dari seluruh rute yang diperoleh, terdapat beberapa lintasan yang memiliki kesamaan simpul yang dilalui. Hal ini menunjukkan bahwa dalam satu jalur perjalanan memungkinkan untuk mengunjungi lebih dari satu objek wisata yang berada pada lintasan yang sama atau searah. Kesamaan lintasan tersebut kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi pola rute yang terbentuk dalam jaringan graf.

Tabel 5. Pola Kesamaan Rute Berdasarkan Simpul

Kelompok Paket	Pola Simpul	Keterangan
U3, U4, U5; T4, T5; B1, B2	$v_{32} - v_{33} - v_{37} - v_{18}$	Jalur utama menuju Kawasan Borobudur dan sekitarnya
T2, T3	$v_{36} - v_{10} - v_6 - v_{17}$	Jalur menuju kawasan wisata alam dengan cakupan luas
U6; T6; B4	$v_{11} - v_{21} - v_{12}$	Jalur menuju kawasan dataran tinggi
S3; B5	$v_{23} - v_{24}$	Jalur wisata lokal
U1	v_{22}	Jalur wisata alam akses dekat (Utara)
T1	v_{35}	Jalur wisata alam akses dekat (Timur)

Berdasarkan pola kesamaan simpul yang ditunjukkan pada tabel tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa jalur utama yang menghubungkan kelompok objek wisata tertentu. Jalur-jalur tersebut mencerminkan adanya keterkaitan spasial antar destinasi yang dapat dimanfaatkan dalam penyusunan rute perjalanan yang lebih singkat.

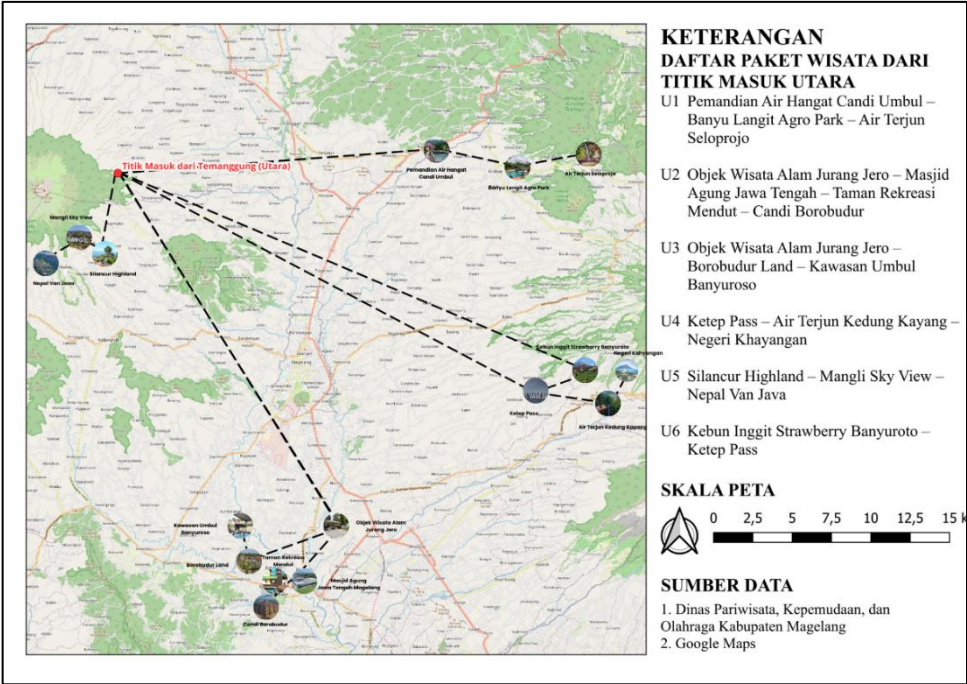
Selanjutnya, berdasarkan rute terpendek dan pola kesamaan lintasan yang telah diperoleh, dilakukan pengembangan rute menjadi paket wisata. Penyusunan paket wisata ini mempertimbangkan kedekatan antar objek wisata, kesamaan jalur yang dilalui, serta arah perjalanan yang relatif searah agar dapat ditempuh dalam satu kali perjalanan.

Tabel 6. Rekomendasi Paket Wisata *One Day Trip* Berdasarkan Titik Masuk Utara

Titik Masuk	Paket Wisata	Rute/Destinas
Utara	U1	Pemandian Air Hangat Candi Umbul – Banyu Langit Agro Park – Air Terjun Seloprojo
	U2	Objek Wisata Alam Jurang Jero – Masjid Agung Jawa Tengah – Taman Rekreasi Mendut – Candi Borobudur
	U3	Objek Wisata Alam Jurang Jero – Borobudur Land – Kawasan Umbul Banyuroso
	U4	Ketep Pass – Air Terjun Kedung Kayang – Negeri Khayangan
	U5	Silancur Highland – Mangli Sky View – Nepal Van Java
	U6	Kebun Inggit Strawberry Banyuroto – Ketep Pass

Tabel 6 menunjukkan rekomendasi paket wisata dari titik masuk utara dengan jumlah sebanyak 6 paket wisata. Paket-paket tersebut terbentuk dari beberapa jalur utama yang mengarah ke kawasan Borobudur, wisata alam, dan dataran tinggi. Kesamaan lintasan pada beberapa paket menunjukkan adanya simpul penghubung yang berperan sebagai jalur utama sebelum bercabang ke destinasi yang berbeda.

Untuk memberikan gambaran visual dari rute perjalanan yang dihasilkan, berikut disajikan peta rute wisata dari titik masuk utara.



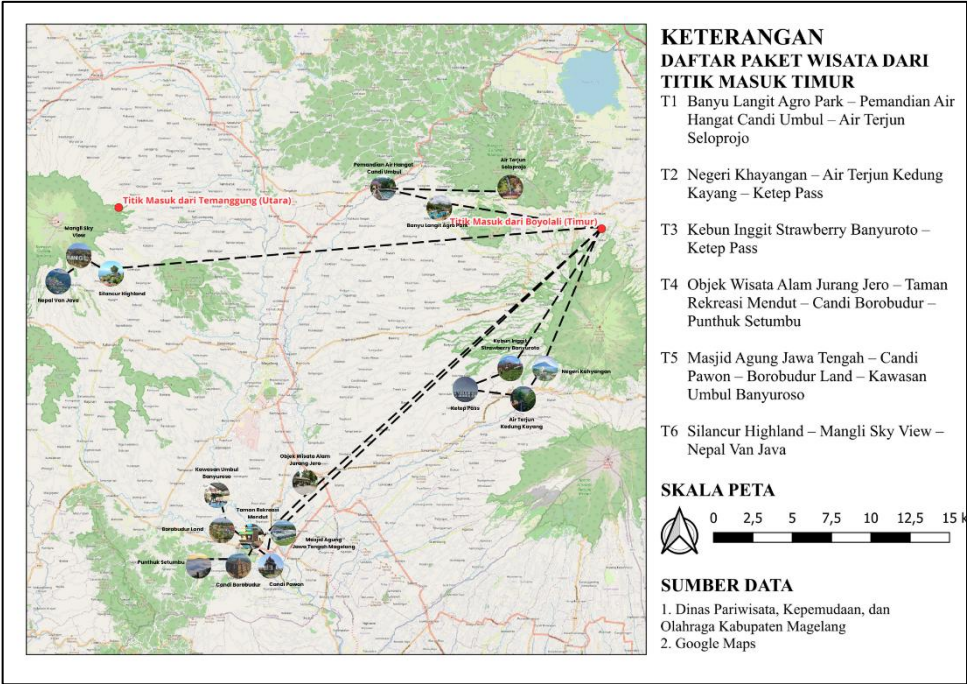
Gambar 2. Peta Paket Wisata dari Titik Masuk Utara

Tabel 7. Rekomendasi Paket Wisata *One Day Trip* Berdasarkan Titik Masuk Timur

Titik Masuk	Paket Wisata	Rute/Destinas
Timur	T1	Banyu Langit Agro Park – Pemandian Air Hangat Candi Umbul – Air Terjun Seloprojo
	T2	Negeri Khayangan – Air Terjun Kedung Kayang – Ketep Pass
	T3	Kebun Inggit Strawberry Banyuroto – Ketep Pass
	T4	Objek Wisata Alam Jurang Jero – Taman Rekreasi Mendut – Candi Borobudur – Punthuk Setumbu
	T5	Masjid Agung Jawa Tengah – Candi Pawon – Borobudur Land – Kawasan Umbul Banyuroso
	T6	Silancur Highland – Mangli Sky View – Nepal Van Java

Tabel 7 menunjukkan rekomendasi paket wisata dari titik masuk timur dengan jumlah sebanyak 6 paket wisata. Pola rute yang terbentuk memperlihatkan adanya kesamaan jalur awal yang kemudian berkembang ke beberapa kawasan, seperti pegunungan, kawasan Borobudur, dan dataran tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa titik masuk timur memiliki jalur penghubung yang cukup kompleks dengan beberapa percabangan utama.

Untuk memberikan gambaran visual dari rute perjalanan yang dihasilkan, berikut disajikan peta rute wisata dari titik masuk timur.



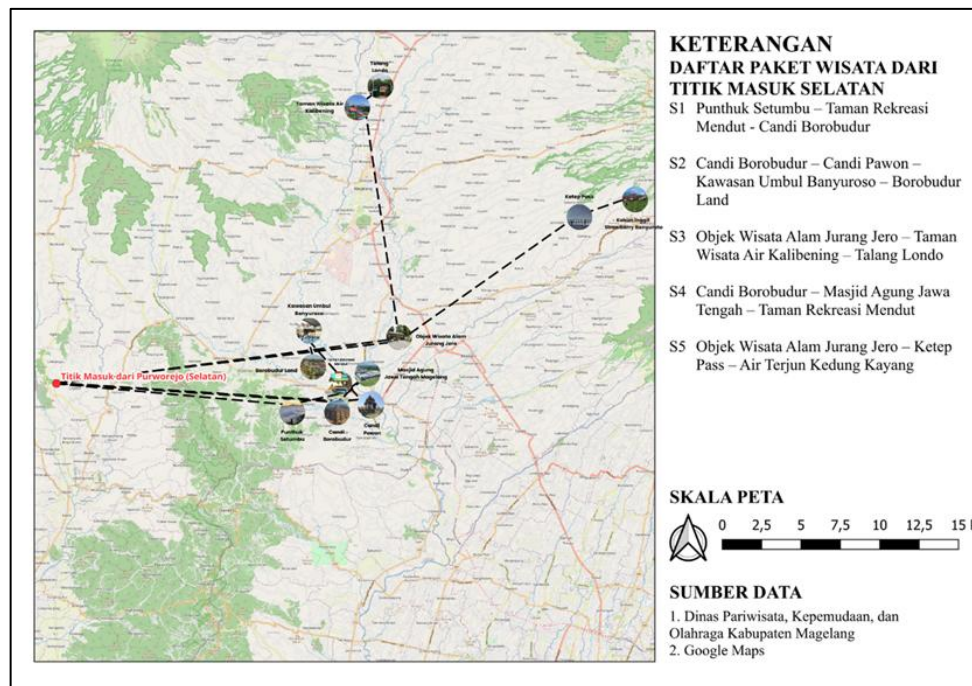
Gambar 3. Peta Paket Wisata dari Titik Masuk Timur

Tabel 8. Rekomendasi Paket Wisata *One Day Trip* Berdasarkan Titik Masuk Selatan

Titik Masuk	Paket Wisata	Rute/Destinas
Selatan	S1	Punthuk Setumbu – Taman Rekreasi Mendut – Candi Borobudur
	S2	Candi Borobudur – Candi Pawon – Kawasan Umbul Banyuroso – Borobudur Land
	S3	Objek Wisata Alam Jurang Jero – Taman Wisata Air Kalibening – Talang Londo
	S4	Candi Borobudur – Masjid Agung Jawa Tengah – Taman Rekreasi Mendut
	S5	Objek Wisata Alam Jurang Jero – Ketep Pass – Air Terjun Kedung Kayang

Tabel 8 menunjukkan rekomendasi paket wisata dari titik masuk selatan dengan jumlah sebanyak 5 paket wisata. Jumlah paket yang lebih sedikit menunjukkan bahwa jalur dari arah selatan cenderung lebih terfokus dan memiliki variasi lintasan yang terbatas. Sebagian besar rute mengarah langsung ke kawasan Borobudur dan sekitarnya tanpa banyak percabangan jalur.

Untuk memberikan gambaran visual dari rute perjalanan yang dihasilkan, berikut disajikan peta rute wisata dari titik masuk selatan.



Gambar 4. Peta Paket Wisata dari Titik Masuk Selatan

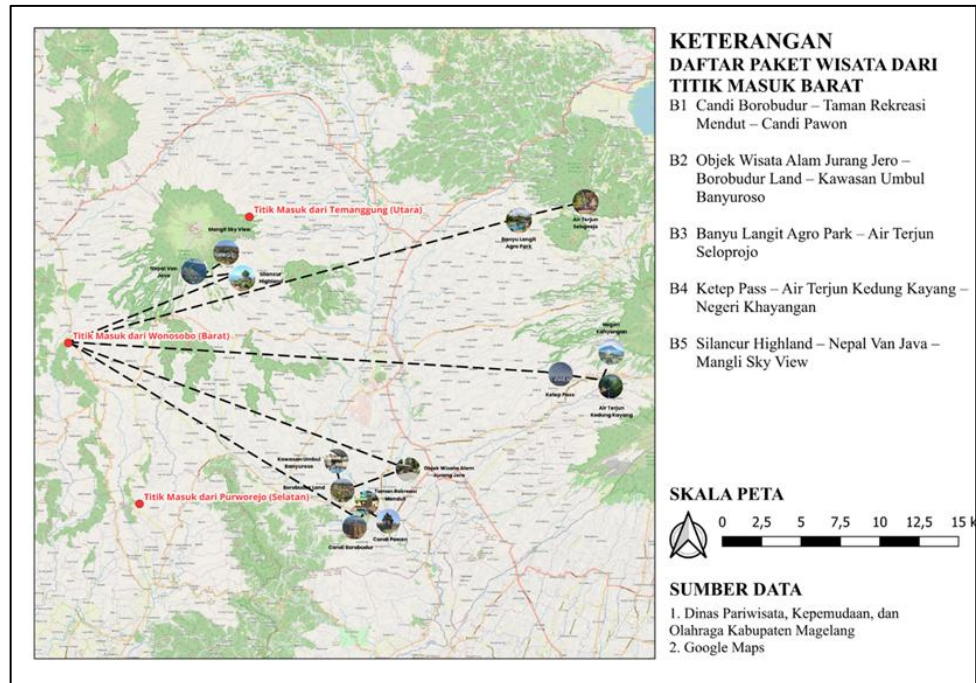
Tabel 9. Rekomendasi Paket Wisata *One Day Trip* Berdasarkan Titik Masuk Barat

Titik Masuk	Paket Wisata	Rute/Destinas
Barat	B1	Candi Borobudur – Taman Rekreasi Mendut – Candi Pawon
	B2	Objek Wisata Alam Jurang Jero – Borobudur Land – Kawasan Umbul Banyuroso
	B3	Banyu Langit Agro Park – Air Terjun Seloprojo
	B4	Ketep Pass – Air Terjun Kedung Kayang – Negeri Khayangan
	B5	Silancur Highland – Nepal Van Java – Mangli Sky View

Tabel 9 menunjukkan rekomendasi paket wisata dari titik masuk barat dengan jumlah sebanyak 5 paket wisata. Rute yang terbentuk menunjukkan adanya jalur utama yang sama pada beberapa paket, yang kemudian bercabang menuju kawasan wisata alam dan dataran tinggi. Hal ini mencerminkan adanya kombinasi jalur terpusat dan variasi tujuan akhir.

Paket wisata yang disusun menunjukkan variasi rute perjalanan dari masing-masing titik masuk dengan jumlah dan jenis destinasi yang berbeda. Setiap paket wisata dirancang agar tetap realistis untuk dikunjungi dalam satu hari (*one day trip*) sehingga dapat menjadi alternatif rekomendasi perjalanan yang singkat bagi wisatawan.

Untuk memberikan gambaran visual dari rute perjalanan yang dihasilkan, berikut disajikan peta rute wisata dari titik masuk barat.



Gambar 5. Peta Paket Wisata dari Titik Masuk Barat

SIMPULAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemodelan jaringan objek wisata di Kabupaten Magelang berhasil direpresentasikan dalam bentuk graf berbobot yang terdiri dari 38 simpul yang mencakup 25 objek wisata, 4 titik masuk, dan 9 simpul persimpangan jalan. Sisi pada graf merepresentasikan jarak antar simpul berdasarkan jarak garis lurus antar lokasi.
2. Penerapan Algoritma Floyd-Warshall dalam penelitian ini mampu menentukan rute terpendek untuk seluruh pasangan simpul melalui proses sebanyak 38 iterasi, sehingga menghasilkan matriks jarak minimum yang mencakup seluruh jaringan objek wisata.
3. Penerapan Algoritma Bellman-Ford mampu menentukan rute terpendek dari simpul v_{26} , v_{27} , v_{28} , dan v_{29} yang merupakan simpul sumber ke simpul lainnya melalui proses relaksasi sisi sebanyak 37 iterasi, sehingga diperoleh lintasan terpendek dari setiap titik masuk menuju seluruh objek wisata.
4. Perbandingan kinerja kedua algoritma menunjukkan bahwa Algoritma Floyd-Warshall dan Bellman-Ford menghasilkan lintasan terpendek dengan nilai jarak yang sama, yaitu sebanyak 100 rute terpendek tanpa perbedaan hasil. Namun, keduanya memiliki perbedaan pada aspek proses komputasi, di mana Algoritma Floyd-Warshall bekerja untuk seluruh pasangan simpul melalui 38 iterasi, sedangkan Algoritma Bellman-Ford bekerja berdasarkan simpul sumber tertentu dengan 37 iterasi relaksasi. Selain itu, Algoritma Floyd-Warshall memiliki cakupan hasil yang lebih menyeluruh, sedangkan Algoritma Bellman-Ford lebih sesuai untuk pencarian rute dari satu titik awal. Dengan demikian, kedua algoritma memiliki keakuratan yang setara, tetapi berbeda dalam mekanisme dan cakupan perhitungan.
5. Pengelompokan rute terpendek menjadi paket wisata menunjukkan bahwa terdapat kesamaan lintasan pada beberapa rute yang ditunjukkan oleh simpul yang dilalui. Berdasarkan kesamaan tersebut, rute terpendek dapat dikelompokkan menjadi paket wisata *one day trip*, yaitu 6 paket dari titik masuk utara, 6 paket dari timur, 5 paket dari

selatan, dan 5 paket dari barat. Pola rute yang terbentuk menunjukkan adanya jalur utama menuju kawasan Borobudur dan sekitarnya, kawasan wisata alam, serta kawasan dataran tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada dosen pembimbing, Koordinator Program Studi Matematika, dan seluruh dosen Program Studi Matematika atas arahan dan bimbingan yang telah diberikan, serta kepada Dinas Pariwisata, Kepemudaan, dan Olahraga Kabupaten Magelang dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Magelang Kabupaten Magelang. (2025a). *Kabupaten Magelang Dalam Angka* (Vol. 47).
- Badan Pusat Statistik Magelang Kabupaten Magelang. (2025b). *Perkembangan Statistik Pariwisata Kabupaten Magelang Januari - Februari 2025*. 03, 1–8.
- Chartrand, G., Lesniak, L., & Zhang, P. (2016). *Graphs & Digraphs, Sixth Edition*.
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). *Introduction to Algorithms Third Edition* (3rd ed.).
- Fitriani, S., Notiragayu, Wamiliana, & Faisol, A. (2022). Penerapan Algoritma Bellman-Ford dalam Menentukan Rute Terpendek Objek Wisata Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Siger Matematika*, 03(02), 53–60.
- Guntoro, Ahmad, N., Manuhutu, M. A., Ali, I., Irwanto, Prabowo, S. D., Rahman, R. A., Maududie, A., Aljabar, A., Fahlevi, M. R., & Asianingrum, A. H. (2025). *Dasar-Dasar Pemrograman Python* (N. S. Wahyuni (ed.)). Widina Media Utama.
- Iryani, B. S. (2025). *Kota Magelang: Potensi Pariwisata Di Simpul Persinggahan*. Pilar Statistik Magelang. <https://pilarstatistik.magelangkota.go.id/artikel/kota-magelang-potensi-pariwisata-di-simpul-persinggahan>
- Kabupaten Magelang. (2024). *Peraturan Daerah Kabupaten Magelang Nomor 7 Tahun 2024 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Magelang Tahun 2024-2044*.
- Putri, L. K., & Lestari, H. P. (2023). Algoritma Floyd-Warshall Dan Penerapannya Pada Penentuan Rute Terpendek Objek Wisata Di Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Kajian Dan Terapan Matematika*, 9(1), 14–28. <https://doi.org/10.21831/jktm.v9i1.18361>
- Rosen, K. H. (2012). *Discrete Mathematics and Its Applications Seventh Edition*. Mc Graw Hill.
- Suryani, P. A. (2025). *Sepanjang Nataru, 225 Ribu Wisatawan Kunjungi Kabupaten Magelang*. PPID Kabupaten Magelang. <https://ppid.magelangkab.go.id/berita/sepanjang-nataru-225-ribu-wisatawan-kunjungi-kabupaten-magelang?>
- Trenggana, S. (2018). *Pengenalan Perangkat Lunak QGIS*. Badan Informasi Geospasial.
- Winston, W. L. (2004). *Operation Research* (4th ed.).