

PENERAPAN ALGORITMA DIJKSTRA DALAM PENCARIAN RUTE TERPENDEK WISATA RELIGI

Kiswara Agung Santoso¹; Zakiyatul Afifah²; Ikhsanul Halikin³

^{1,2,3} Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember 68121, Indonesia

Email: Kiswara.fmipa@unej.ac.id (Corresponding Author)

Received: 8 Juni 2023

Accepted: 4 Desember 2023

Published: 30 Desember 2023

Abstrak

Ziarah ke makam Waliyullah dan penyebar agama Islam menjadi wisata spiritual atau religi umat Islam di Jawa dan bahkan hampir seluruh umat Islam di Indonesia. Hal ini membuka peluang bagi biro perjalanan untuk membantu para peziarah dalam perjalanan wisata religi. Salah satu biro perjalanan yang menawarkan paket wisata religi adalah PT Mitra Jaya Group yang beroperasi di daerah Banyuwangi Jawa Timur. Banyak biro perjalanan berupaya meningkatkan daya saing, agar bertahan dalam persaingan antar biro perjalanan utamanya dalam meningkatkan pelayanan dan pengelolaan keuangan. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menetapkan rute terpendek wisata religi agar jarak yang ditempuh lebih minimum dimana sebelumnya rute dipilih tidak berdasarkan kajian yang tepat. Pada paper ini dilakukan pencarian rute terpendek yang dilakukan dengan menerapkan algoritma Dijkstra. Penerapan algoritma Dijkstra ini dapat memberikan keuntungan terkait jarak terpendek rute wisata religi dari PT Mitra Jaya Group. Dari hasil Analisa, total jarak terpendek yang didapatkan sebesar 2768,8 kilometer. Hasil jarak rute terpendek tersebut lebih kecil dibandingkan jarak sebelum menggunakan algoritma Dijkstra yaitu sebesar 3005,6 kilometer. Selisihnya sebesar 236,8 kilometer dan mengalami penghematan jarak sebesar 7,87 %

Kata kunci: Rute Terpendek, Algoritma Dijkstra, Ziarah Makam.

Abstract

Pilgrimages to the graves of Waliyullah and the spreaders of Islam have become spiritual or religious tourism for Muslims in Java and even almost all Muslims in Indonesia. This opens up opportunities for travel agents to help pilgrims on religious tourism trips. One travel agency that offers religious tour packages is PT Mitra Jaya Group which operates in the Banyuwangi area, East Java. Many travel agencies are trying to increase their competitiveness, to survive competition between travel agencies, especially in improving services and financial management. One way that can be done is to determine the shortest route for religious tourism so that the distance traveled is minimal, where previously the route chosen was not based on proper research. In this paper, the search for the shortest route is carried out by applying the Dijkstra algorithm. The application of the Dijkstra algorithm can provide benefits regarding the shortest distance to religious tourism routes from PT Mitra Jaya Group. From the analysis results, the total shortest distance obtained was 2768.8 kilometers. The resulting shortest route distance is smaller than the distance before using the Dijkstra algorithm, namely 3005.6 kilometers. The difference is 236.8 kilometers and there is a distance saving of 7.87

Keywords: Shortest Route, Dijkstra's Algorithm, Grave Pilgrimage



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2019 by author.

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan penduduk beragama Islam terbesar di dunia. Penduduk beragama Islam yang ada di Indonesia menyumbang sekitar 13,1 % dari keseluruhan umat beragama Islam di dunia. Umat Islam di Indonesia sekitar 87,2 % atau sebesar 229,62 juta jiwa dari jumlah penduduk Indonesia yaitu 269,6 juta jiwa dan Pencapaian tersebut tidak luput dari proses penyebarannya dari abad ke-12/13 oleh para pedagang muslim, Ulama, Waliyullah, raja-raja dan lain-lainnya (Kemenag, 2020). Waliyullah atau Wali Allah merupakan tokoh yang mempunyai ilmu agama yang tinggi dan memiliki karomah atau keajaiban. Adanya peran Waliyullah, Ulama dan raja-raja dalam penyebaran Islam di Indonesia menghasilkan budaya atau kebiasaan ziarah. Ziarah merupakan bagian dari wisata religi yaitu kegiatan wisata dengan mengunjungi tempat yang memiliki makna khusus bagi umat beragama, seperti makam Ulama dan tempat ibadah. Ziarah ke makam waliyullah dan penyebar agama Islam menjadi wisata spiritual atau religi umat Islam di Jawa dan bahkan hampir seluruh umat Islam di Indonesia. Hal ini membuka peluang bagi biro perjalanan untuk membantu para peziarah dalam perjalanan wisata religi. Salah satu biro perjalanan yang menawarkan paket wisata religi adalah PT Mitra Jaya Group.

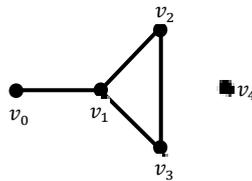
Menurut Data BPS pada tahun 2019 di Jawa Timur ada sebanyak 1.461 biro perjalanan dan agen wisata yang beroperasi. Banyaknya biro perjalanan meningkatkan daya saing, agar bertahan dalam persaingan antar biro perjalanan PT Mitra Jaya Group sebagai biro perjalanan yang berdiri sejak 2015 bisa meningkatkan pelayanan dan pengelolaan keuangan. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menetapkan rute terpendek wisata religi yang sebelumnya dipilih tidak berdasarkan rute terpendek, agar jarak yang ditempuh lebih minimum. Hasil rute terpendek yang didapatkan akan meminimumkan jarak perjalanan dan penggunaan bahan bakar. Rute terpendek atau *shortest path* merupakan rute yang memiliki nilai terkecil. Rute terpendek dapat dicari menggunakan graf (Lopes & Oliveira, 2014). Graf adalah pasangan himpunan tak kosong $(V(G), E(G))$, dengan $V(G)$ ialah himpunan titik (*vertex*) tak kosong di graf G dan $E(G)$ ialah himpunan sisi (*edge*) (Sumarno et al., 2015). Graf yang digunakan dalam pencarian rute terpendek adalah graf berarah dan berbobot yaitu graf yang memiliki arah dan nilai di setiap sisinya (Maulana et al., 2018). Permasalahan rute terpendek tersebut dapat dicari dengan beberapa macam algoritma, diantaranya algoritma Floyd Warshall, Bellman-Ford, dan Dijkstra. Menurut pengujian yang dilakukan (Kiswara et al., 2022) algoritma Floyd Warshall membutuhkan waktu paling lama dan algoritma Dijkstra yang memiliki waktu lebih cepat diantara ketiga algoritma tersebut dalam membentuk rute pengiriman paket.

(Santoso et al., 2020) mendapatkan rute tercepat dalam menerapkan algoritma Dijkstra untuk pendistribusian bahan bakar minyak di Pontianak didapatkan hasil kecepatan minimum totalnya yaitu sebesar 27 menit dengan rute terpendeknya yaitu 12.768 meter. Menurut (Komarullah et al., 2022) penerapan algoritma Dijkstra dapat menghemat waktu pengiriman dengan rute terpendek yang diperoleh dari Karawang ke Purwakarta yaitu sebesar 42,9 kilometer. Berdasarkan penelitian sebelumnya, peneliti memutuskan untuk menerapkan algoritma Dijkstra dalam pencarian rute terpendek wisata religi di PT Mitra Jaya Group. Pencarian rute terpendek ini memiliki titik awal dan titik akhir di PT Mitra Jaya Group



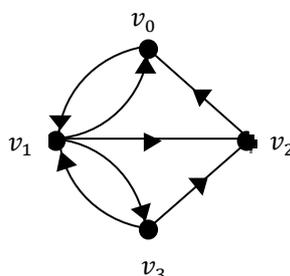
dengan titik lokasi wisata religi sebanyak 24 titik. Penelitian pencarian rute terpendek ini terbatas pada penentuan urutan lokasi yang dikunjungi. Jalan yang digunakan adalah jalan yang biasanya dilewati oleh pihak biro perjalanan yaitu jalan utama dan jalan *tax on location* atau Tol.

Suatu graf G merupakan pasangan himpunan tak kosong $(V(G), E(G))$, dengan $V(G)$ ialah himpunan titik (*vertex*) tak kosong di graf G dan $E(G)$ ialah himpunan sisi (*edge*). Banyaknya sisi pada graf disebut dengan ukuran (*size*). Sedangkan banyaknya titik pada graf G disebut dengan ordo (*order*). Dua sisi atau lebih yang menghubungkan sepasang titik yang sama disebut sisi ganda. Sisi yang berawal dan berakhir pada titik yang sama disebut dengan gelang (*loop*).



Gambar 1. Contoh graf G
(Sumber (Santoso et al., 2019))

Graf yang digunakan dalam penelitian ini adalah graf berarah dan berbobot. graf berarah (*digraph* atau *directed graph*) G yang merupakan pasangan himpunan $(V(G), A(G))$, dengan $V(G)$ adalah himpunan titik (*vertex*) dari G dan $A(G)$ adalah himpunan sisi berarah yang disebut busur (*arc*) dari G (Santoso et al., 2022). Graf berbobot merupakan graf yang setiap sisinya memiliki bobot atau nilai. Nilai dari setiap sisinya merepresentasikan hubungan antara titik-titik yang dihubungkan. Penerapan bobot graf dapat berupa sebuah biaya perjalanan, jarak antar dua kota, ongkos produksi dan lain-lainnya. Sebuah graf G dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks keterhubungan atau matriks ketetanggaan (Chu, 2007). Misalkan graf G adalah graf dengan n titik, maka matriks ketetanggaan graf G berupa matriks persegi berordo $n \times n$. Matriks ketetanggaan graf G dinotasikan dengan $M(G)$ (m_{ij}). Elemen m_{ij} menyatakan banyaknya sisi yang menghubungkan titik ke- i dan titik ke- j . Gambar 2.3 merupakan graf G dengan matriks ketetanggaannya.



Gambar 2. Graf G berarah untuk representasi bentuk matriks ketetanggaan
(Sumber : (Prihandini et al., 2019))

Matriks ketetanggaan graf G :

$$M(G) = \begin{matrix} & v_0 & v_1 & v_2 & v_3 \\ \begin{matrix} v_0 \\ v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Rute terpendek dalam graf merupakan salah satu solusi yang dicari dalam persoalan optimasi. Graf yang digunakan dalam pencarian rute terpendek adalah graf berarah dan berbobot (*weighted graph*) yaitu graf yang setiap sisinya memiliki nilai atau bobot (Bilangan, 2004). Algoritma Dijkstra ditemukan oleh Edsger W. Dijkstra dan sebuah algoritma yang penerapannya yaitu dengan mengambil sisi yang bobotnya terkecil dan memasukkannya ke dalam himpunan solusi. Menurut (Santoso et al., 2019) algoritma Dijkstra pada suatu graf berbobot dapat dinyatakan dengan matriks ketetanggaan $(M) = [m_{ij}]$, yang dalam hal ini:

$$m_{ij} = \begin{cases} d(v_i, v_j), & \text{jarak antar titik } i \text{ ke titik } j \\ \infty, & \text{tidak aja jarak dari titik } i \text{ ke titik } j \end{cases} \quad (1)$$

Selain matriks ketetanggaan (M) , kolom $S = [s_i]$ juga digunakan dalam algoritma Dijkstra, yang dalam hal ini:

$$s_i = \begin{cases} 1, & \text{titik } i \text{ terpilih sebagai lintasan} \\ 0, & \text{titik } i \text{ tidak terpilih sebagai lintasan} \end{cases} \quad (2)$$

serta kolom $D = [d_i]$, yang dalam hal ini d_i merupakan panjang lintasan dari titik awal v_0 ke titik i . Langkah - langkah mencari rute terpendek menggunakan algoritma Dijkstra sebagai berikut:

- Mentukan titik awal (v_0) pada graf.
- Memberikan nilai bobot (jarak) pada graf, untuk v_0 bernilai 0 sedangkan titik lain tak hingga (∞).
- Memilih sisi berbobot minimum dan mengambil titik lain yang terhubung dengan titik yang sudah terpilih. Membandingkan jarak lintasan yang terpilih dengan yang sebelumnya dipilih, apabila didapat lebih kecil dari sebelumnya maka catat jaraknya.
- Menandai titik yang telah dilalui sebagai "titik telah dipilih" dan diberi nilai 1, titik yang telah dipilih tidak perlu dicek lagi.
- Mengulangi langkah dari b hingga memperoleh jarak optimum.

Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kualitatif. Dalam pendekatan kualitatif, data diperoleh dari berbagai catatan, dokumen pribadi, naskah, memo, catatan lapangan, atau dokumen pendukung berupa dokumen resmi lainnya. Sehingga, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian menggunakan pendekatan kualitatif ini adalah untuk menggambarkan realita empirik dibalik fenomena secara mendalam, rinci dan tuntas. Pendekatan kualitatif diterapkan untuk melihat kecocokan antara realita empirik dengan teori-teori yang berlaku dengan menggunakan metode deskriptif. Untuk mencapai tujuan tersebut, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:



1. Melakukan pengumpulan data

Pengambilan data dilakukan di PT Mitra Jaya Group yang beralamatkan di Dusun Sumber Suko, Sukorejo, Kecamatan Siliragung, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Data primer diperoleh melalui wawancara kepada kepala PT Mitra Jaya Group dan berupa paket wisata religi dengan titik lokasi yang menjadi tujuannya. Sedangkan data sekunder didapatkan dengan menghitung jarak antar titik lokasi pada data primer menggunakan *Goggle Maps* dengan kilometer (km) sebagai satuan jaraknya.

Tabel 1. Data Lokasi Penelitian

No	Titik	Lokasi	Zona Kota
1	v_0	PT Mitra Jaya Group (titik awal dan titik akhir)	Banyuwangi
2	v_1	Makam Kh. Abdul Hamid	Pasuruan
3	v_2	Makam Syekh Kholil Al-Bangkalani	Bangkalan
4	v_3	Makam Sunan Ampel /Raden Rahmat	Surabaya
5	v_4	Makam Sunan Giri/Raden Paku	Gresik
6	v_5	Makam Sunan Gresik/Maulana Malik Ibrahim	Gresik
7	v_6	Makam Syekh Maulana Ishaq	Lamongan
8	v_7	Makam Sunan Drajat/Raden Qasim	Lamongan
9	v_8	Makam Syekh Ibrahim Asmoroqondi	Tuban
10	v_9	Makam Sunan Bonang/Raden Makhдум Ibrahim	Tuban
11	v_{10}	Makam Sunan Muria/Raden Umar Said	Kudus
12	v_{11}	Makam Sunan Kudus/Ja'far Shadiq	Kudus
13	v_{12}	Makam Sunan Kalijaga/Raden Syahid	Demak
14	v_{13}	Makam Raden Fatah	Demak
15.	v_{14}	Makam Sunan Gunung Jati/ Syarif Hidayatullah	Cirebon
16.	v_{15}	Makam Mbah Priok/ Habib Hasan bin Muhammad Al-Hadad	Jakarta
17.	v_{16}	Masjid Istiqlal	Jakarta
18.	v_{17}	Makam Sultan Maulana Hasanudin	Banten
19.	v_{18}	Makam Sunan Bayat/Ki Ageng Pandanaran	Klaten
20.	v_{19}	Makam Bung Karno/Ir. Soekarno	Blitar
21.	v_{20}	Masjid Tiban	Malang
22.	v_{21}	Makam Gus Dur/ Abdurrahman Wahid	Jombang
23.	v_{22}	Makam Syekh Jumaidil Kubro	Mojokerto
24.	v_{23}	Makam Sunan Bungkul/Ki Ageng Supo	Surabaya
25.	v_{24}	Warung Bakso Bu Sumi	Jember
26.	v_{25}	Bundaran Nusa Dua	Gempol
27.	v_{26}	Perempatan Talangagung	Malang
28.	v_{27}	Warung Rosone	Mojokerto
29.	v_{28}	Samsat Gresik	Gresik
30	v_{29}	Balai Desa Widorokandang	Pati

2. Menerapkan Algoritma Dijkstra

Penerapan Algoritma Dijkstra dalam menemukan ruter terpendek perjalanan wisata religi dijelaskan sebagai berikut:

- a. Representasikan data menjadi sebuah graf berarah dan berbobot. Setiap lokasi wisata dan belokan jalan yang akan dilalui oleh kendaraan direpresentasikan



menjadi titik, sedangkan jarak antar belokan direpresentasikan sebagai bobot sisi graf.

- b. Dibuat matriks ketetanggaan (adjacent) berdasarkan bentuk graf yang didapat pada poin 1 berdasarkan formula (1)
- c. Penerapan perhitungan dilakukan untuk menghitung jarak dari setiap titik ke semua titik yang lainnya.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

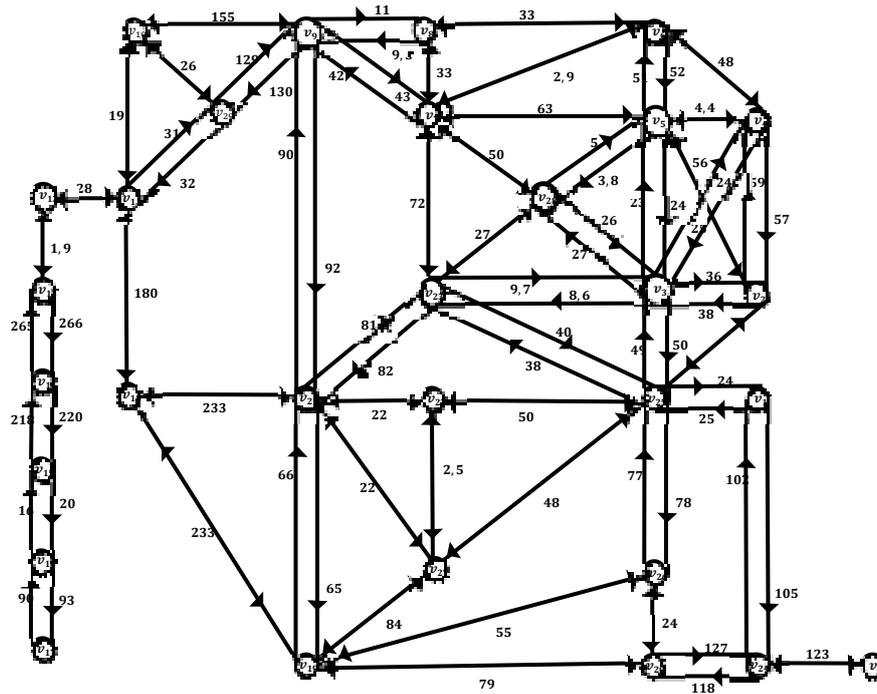
1. Representasi Data menjadi Sebuah Graf

Data primer dari penelitian ini berupa lokasi wisata religi sebanyak 24 titik (titik v_0 sampai titik v_{23}) dengan tambahan 6 titik kemungkinan beberapa jalan dari tikungan untuk mencapai titik lokasi wisata religi (titik v_{24} sampai titik v_{29}). Sehingga jumlah titik yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 30 titik (titik v_0 sampai titik v_{29}) dan titik-titik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Titik lokasi pada data primer
(Sumber: *Goggle Earth*, 2023)

Titik lokasi pada data primer direpresentasikan menjadi sebuah graf berarah dan berbobot seperti pada Gambar 5. Titik v_0 sampai titik v_{29} pada data sebagai titik graf dan jarak antar titik sebagai bobot atau nilai sisi graf. Beberapa jarak dari titik v_i ke v_j dan titik v_j ke v_i berbeda, sehingga direpresentasikan menjadi dua sisi yang menghubungkan dua titik yang sama dengan arah dan nilai yang berbeda.



Gambar 5. Representasi graf rute wisata religi

2. Penerapan Algoritma Dijkstra

Data yang digunakan pada penelitian ini diolah secara manual menggunakan algoritma Dijkstra. Graf pada Gambar 4 direpresentasikan menjadi matriks ketetanggaan $M = [m_{ij}]$. Hasil rute terpendek tersebut ditampilkan dalam 30 tabel. Penentuan rute terpendek untuk Paket Walisongo *Plus* dengan syarat titik awal dan titik akhirnya PT Mitra Jaya Group (v_0) dan semua titik lokasi (titik v_0 sampai titik v_{23}) harus dilewati dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil rute terpendek wisata religi

Rute terpendek Yang dipilih	Lintasan	Jarak
v_0 ke v_{23}	$v_0, v_{24}, v_1, v_{25}, v_{23}$	291
v_{23} ke v_2	v_{23}, v_3, v_2	45,7
v_2 ke v_4	v_2, v_4	59
v_4 ke v_5	v_4, v_5	4,4
v_5 ke v_6	v_5, v_6	51
v_6 ke v_7	v_6, v_7	2,9
v_7 ke v_8	v_7, v_8	33
v_8 ke v_{10}	v_8, v_9, v_{10}	164,5
v_{10} ke v_{17}	$v_{10}, v_{11}, v_{12}, v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}, v_{17}$	647,9
v_{17} ke v_{18}	$v_{17}, v_{16}, v_{15}, v_{14}, v_{13}, v_{12}, v_{11}, v_{18}$	798,9
v_{18} ke v_{22}	v_{18}, v_{21}, v_{22}	255
v_{22} ke v_{27}	v_{22}, v_{27}	2,5
v_{27} ke v_{19}	v_{27}, v_{19}	84
v_{19} ke v_{20}	v_{19}, v_{20}	79
v_{20} ke v_0	v_{20}, v_{24}, v_0	250
Total Jarak		2768,8



Hasil jarak rute terpendek tersebut lebih kecil dibandingkan jarak sebelum menggunakan algoritma Dijkstra yaitu sebesar 3005,6 kilometer dengan rute seperti pada Tabel 3. Selisihnya sebesar 236,8 kilometer dan mengalami penghematan jarak sebesar 7,87 %.

Tabel 3. Perbandingan sebelum dan sesudah menggunakan algoritma Dijkstra

Perbandingan	Lintasan	Jarak
Sebelum menggunakan algoritma Dijkstra	$v_0, v_{24}, v_1, v_{25}, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{11}, v_{12}, v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}, v_{17}, v_{16}, v_{15}, v_{14}, v_{13}, v_{12}, v_{11}, v_{18}, v_{19}, v_{20}, v_{26}, v_{19}, v_{27}, v_{21}, v_{22}, v_{21}, v_{23}, v_{25}, v_1, v_{24}, v_0$	3005,6
Sesudah menggunakan algoritma Dijkstra	$v_0, v_{24}, v_1, v_{25}, v_{23}, v_3, v_2, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{11}, v_{12}, v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}, v_{17}, v_{16}, v_{15}, v_{14}, v_{13}, v_{12}, v_{11}, v_{18}, v_{21}, v_{22}, v_{27}, v_{19}, v_{20}, v_{24}, v_0$	2768,8

Kesimpulan

Rute terpendek yang didapatkan yaitu dari PT Mitra Jaya Group, ke Makam Kh. Abdul Hamid, ke Makam Sunan Bungkul, ke Makam Sunan Ampel, ke Makam Syekh Kholil Al-Bangkalani, ke Makam Sunan Giri, ke Makam Sunan Gresik, ke Makam Syekh Maulana Ishaq, ke Makam Sunan Drajat, ke Makam Syekh Ibrahim Asmoroqondi, ke Makam Sunan Bonang, ke Makam Sunan Muria, ke Makam Sunan Kudus, ke Makam Sunan Kalijaga, ke Makam Raden Fatah, ke Makam Sunan Gunung Jati, ke Makam Mbah Priok, ke Masjid Istiqlal, ke Makam Sultan Maulana Hasanudin, ke Makam Sunan Bayat, ke Makam Gus Dur, ke Makam Syekh Jumaidil Kubro, ke Makam Bung Karno, ke Masjid Tiban, dan kembali ke PT Mitra Jaya Group. Total jarak terpendek yang didapatkan sebesar 2768,8 kilometer. Hasil jarak rute terpendek tersebut lebih kecil dibandingkan jarak sebelum menggunakan algoritma Dijkstra yaitu sebesar 3005,6 kilometer. Selisihnya sebesar 236,8 kilometer dan mengalami penghematan jarak sebesar 7,87 %.

Referensi

- Bilangan, T. (2004). *Teori Bilangan (Number Theory) Departemen Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung*.
- Chu, S. (2007). COMPUTATIONAL INTELLIGENCE BASED ON THE BEHAVIOR OF. 3(1), 163-173.
- Kiswara Agung Santoso, Reggy Valentinnes Septa Jeniusa, & Kusbudiono Kusbudiono. (2022). DESAIN JARINGAN INTERNET INDIHOME DI PERUMAHAN MANGGAR PERMAI AMBULU MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS DAN KRUSKAL. *PROSIDING SENA-MAGESTIK*, 1(1), 405-417. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/prosiding/article/view/33530>
- Komarullah, H., Halikin, I., & Santoso, K. A. (2022). On the Minimum Span of Cone, Tadpole, and Barbell Graphs. *Advances in Computer Science Research*. <https://doi.org/10.2991/acsr.k.220202.009>
- Lopes, I., & Oliveira, P. (2014). Understanding information security culture: A survey in small and medium sized enterprises. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 275 AISC(VOLUME 1), 277-286. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05951-8_27/COVER



- Maulana, N. R., Wijaya, K., & Santoso, K. A. (2018). POLINOMIAL KROMATIK PADA GRAF KIPAS. *Majalah Ilmiah Matematika Dan Statistika*, 18(2), 55. <https://doi.org/10.19184/mims.v18i2.17248>
- Prihandini, R. M., Dafik, Agustin, I. H., Alfarisi, R., Adawiyah, R., & Santoso, K. A. (2019). On super $(a; D)$ - P2 B H- antimagic total labeling of disjoint union of comb product graphs. *Journal of Physics: Conference Series*, 1211(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1211/1/012012>
- Santoso, K. A., Agustin, I. H., & Prihandini, R. M. (2020). The modification of caesar cryptosystem based on binary vertices colouring. *Journal of Physics: Conference Series*, 1538(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1538/1/012006>
- Santoso, K. A., Dafik, Agustin, I. H., Prihandini, R. M., & Alfarisi, R. (2019). Vertex colouring using the adjacency matrix. *Journal of Physics: Conference Series*, 1211(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1211/1/012019>
- Santoso, K. A., Setiawan, B. A., & Kusbudiono, K. (2022). Application of Genetic Algorithm on Inclusive Labeling of a Graph. *InPrime: Indonesian Journal of Pure and Applied Mathematics*, 4(1), 24–32. <https://doi.org/10.15408/inprime.v4i1.24327>
- Sumarno, D. B., Dafik, D., & Santoso, K. A. (2015). Super (a, d) -Edge Antimagic Total Labeling of Connected Ferris Wheel Graph. *Jurnal ILMU DASAR*, 15(2), 123. <https://doi.org/10.19184/jid.v15i2.1051>

