



## PENERAPAN ALGORITMA DIJKSTRA DAN FLOYD-WARSHALL UNTUK MENENTUKAN RUTE TERPENDEK TEMPAT WISATA DI BATANG

Leni Marlina<sup>✉</sup>, Amin Suyitno, Mashuri

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia  
Gedung D7 Lt. 1, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*  
Diterima Februari 2017  
Disetujui Maret 2017  
Dipublikasikan Mei 2017

*Keywords:*  
Dijkstra;  
Floyd-Warshall;  
Rute Terpendek.

### Abstrak

Fasilitas petunjuk arah menuju tempat-tempat wisata di Batang sangat minim, sehingga para wisatawan kesulitan mencari rute yang efisien menuju tempat-tempat wisata tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan penyelesaian dari penerapan algoritma Dijkstra dan Floyd-Warshall dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang. Langkah-langkah dari penelitian meliputi (1) membuat graf berbobot rute tempat wisata di Batang, (2) menemukan penyelesaian dari penerapan algoritma Dijkstra, (3) menemukan penyelesaian dari penerapan algoritma Floyd-Warshall, (4) menentukan rute terpendek yang direkomendasikan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh 27 rute terpendek di mana 25 rute adalah sama dan terdapat 2 rute yang berbeda. Rute yang berbeda tersebut yaitu (1) rute terpendek dari Terminal Banyuputih ke Tubing Pandansari dan (2) rute terpendek dari Terminal Banyuputih ke Bandar Ecopark.

### Abstract

*Facilities for directions headed to tourist attractions in Batang was very minimal, so that the tourists having trouble to look for an efficient route toward these tourist attractions. The purpose of this research was to find the completion of the implementation of Dijkstra's and Floyd-Warshall algorithm in determining the shortest route from the station/terminal in Batang headed to tourist attractions in Batang. Steps of the research were (1) creating a weighted graph of tourist attractions route in Batang, (2) finding the completion of the implementation of Dijkstra's algorithm, (3) finding the completion of the implementation of Floyd-Warshall algorithm, (4) determining the shortest routes were recommended. Based on the results it was obtained 27 shortest routes where 25 routes were the same and there were 2 different routes. These different routes were (1) the shortest route from Terminal Banyuputih to Tubing Pandansari and (2) the shortest route from Terminal Banyuputih to Bandar Ecopark.*

### How to Cite

Marlina L., Suyitno A., & Mashuri. (2017). Penerapan Algoritma Dijkstra dan Floyd-Warshall untuk Menentukan Rute Terpendek Tempat Wisata di Batang. *Unnes Journal of Mathematics*, 6(1): 36-47.

## PENDAHULUAN

Matematika adalah cabang ilmu pengetahuan yang sangat penting dan sangat berperan dalam perkembangan dunia. Selain itu, matematika juga seringkali dibutuhkan untuk menunjang eksistensi ilmu-ilmu lain seperti fisika, kimia, astronomi, biologi, ekonomi, dan lain sebagainya. Tidak heran mengapa matematika dijuluki "*mathematics is a queen, but also a servant*", matematika sebagai ratu ilmu, tetapi juga sekaligus pelayan ilmu-ilmu lain. Matematika dikatakan sebagai ratu ilmu karena matematika dapat tumbuh dan berkembang untuk dirinya sendiri sebagai suatu ilmu tanpa adanya bantuan dari ilmu lain (Bell, 1952).

Teori graf mengalami perkembangan yang sangat pesat. Faktor yang mempercepat perkembangan ini adalah kemajuan teknologi komputer. Penggunaannya yaitu di dalam masalah optimasi skala besar yang dapat dimodelkan dalam bentuk graf dan dipecahkan melalui algoritma yang diberikan oleh teori graf (Kreyszig, 1993).

Hasil penelitian Mardlootillah *et al.* (2015) menunjukkan bahwa simulasi algoritma Dijkstra menggunakan *Visual Basic* dapat diimplementasikan pada permasalahan sehari-hari dalam menangani masalah rute terpendek.

Salah satu persoalan yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah pencarian rute terpendek (*shortest route*). Persoalan ini bisa dimodelkan ke dalam suatu graf berbobot dengan nilai pada masing-masing sisi yang mewakili persoalan yang akan dipecahkan. Kata "terpendek" pada kata "rute terpendek" ini tidak hanya diartikan sebagai jarak secara fisik, namun hal itu tergantung dari tipe permasalahan yang akan dipecahkan. Bisa jadi kata tersebut memiliki makna tingkat aksesibilitas suatu titik dalam graf dari titik lain (Novandi, 2007).

Menurut Faro & Giordano (2016), penentuan rute terpendek dari kota A ke kota B tidak hanya ditentukan oleh jarak saja. Akan tetapi mempertimbangkan kondisi lalu lintas yang sebenarnya sehingga tidak hanya tentang rute terpendek tetapi juga tentang alternatif untuk menghindari kemacetan lalu lintas.

Masalah pencarian rute terpendek ini sangat rumit, apalagi jika yang dicari tersebut dalam skala besar, sehingga diperlukan pemecahan masalah dengan suatu algoritma. Beberapa algoritma yang dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan rute terpendek yaitu algoritma Dijkstra, Bellman-Ford, Floyd-Warshall, Breadth First Search, A-Star, dan sebagainya. Pada permasalahan mencari rute terpendek ini, penulis menggunakan algoritma Dijkstra dan Floyd-Warshall.

Algoritma Dijkstra ditemukan oleh seorang ilmuwan komputer berkebangsaan Belanda bernama Edsger Dijkstra. Cara kerja algoritma ini menggunakan prinsip *greedy*, di mana pada setiap langkah dipilih sisi dengan bobot minimum yang menghubungkan sebuah titik yang sudah terpilih dengan titik lain yang belum terpilih. Algoritma Dijkstra membutuhkan parameter tempat asal dan tempat tujuan. Hasil akhir dari algoritma ini adalah panjang rute terpendek dari tempat asal ke tempat tujuan beserta rutenya (Munir, 2010).

Algoritma Floyd-Warshall bekerja berdasarkan formulasi *dynamic programming*, di mana setiap langkahnya akan menghitung bobot terkecil dari semua rute yang menghubungkan sebuah pasang titik, dan melakukannya sekaligus untuk semua pasangan titik. Dengan kata lain pada saat perhitungan rute terpendek, terlebih dahulu menghitung semua kemungkinan rute yang akan dilalui. Kemudian baru mencari rute terpendek dengan cara membandingkan tiap pasang rute dan dicari rute yang lebih pendek (Pandey, 2008).

Algoritma Dijkstra adalah algoritma yang sangat terkenal untuk memecahkan masalah rute terpendek. Ketika diterapkan pada situasi nyata, meskipun rute terpendek dapat dihitung dengan algoritma Dijkstra, hasil yang diperoleh tidak selalu menjadi salah satu yang dipilih. Dalam situasi lalu-lintas misalnya, pengemudi mungkin tidak tahu tepat rute terpendek untuk diikuti. Bahkan yang lebih menarik adalah kenyataan bahwa meskipun pengemudi tahu rute terpendek, dia mungkin lebih suka memilih rute yang berbeda (Galan-Garcia *et al.*, 2014).

Hasil penelitian Peyer *et al.* (2009) menunjukkan bahwa algoritma Dijkstra dapat digeneralisasikan untuk menemukan rute terpendek pada graf berarah dengan panjang sisi non-negatif. Seperti pelabelan suatu titik, label subgraf dari partisi grafik yang diberikan. Waktu berjalan dapat dicapai lebih baik jika jumlah subgraf yang terlibat lebih kecil dibandingkan dengan urutan graf asli dan jika masalah rute terpendek dibatasi untuk subgraf maka hasilnya akan lebih mudah dihitung.

Algoritma Floyd-Warshall adalah algoritma yang banyak digunakan untuk menghitung rute terpendek antara semua titik dalam graf berarah yang berbobot. Hali ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan siklus negatif (Hougardy, 2010).

Menurut Aini & Salehipour (2012), pada jaringan dengan siklus di mana setidaknya ada satu siklus, algoritma Floyd-Warshall adalah salah satu algoritma yang paling banyak digunakan. Algoritma ini digunakan untuk menentukan rute biaya antara setiap pasang titik.

Kabupaten Batang mempunyai banyak jenis wisata, dari wisata alam, wisata agro, wisata rekreasi dan pertunjukan, dan tempat wisata rekreasi lain. Sehingga kabupaten Batang mempunyai potensi yang sangat besar dan sangat strategis untuk dikembangkan sebagai daerah wisata. Pemerintah Daerah Kabupaten Batang memberikan informasi sebagai penuntun wisatawan untuk menuju tempat wisata tertentu. Akan tetapi tidak bisa terjangkau secara detail karena sifatnya hanya sebagai petunjuk jalan, belum bisa mengarahkan ke suatu lokasi tertentu. Minimnya fasilitas petunjuk arah ini menjadikan para wisatawan kesulitan untuk mencari tempat wisata. Untuk menuju ke tempat wisata tersebut, ada beberapa rute yang bisa ditempuh. Wisatawan pasti menginginkan rute yang paling efisien untuk menuju tempat wisata tujuan sehingga dapat menghemat waktu dan biaya. Pencarian rute yang paling efisien untuk menuju tempat wisata ini menuntut wisatawan untuk membuat keputusan rute mana yang diambil dari beberapa pilihan rute yang ada.

Dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan pengambilan keputusan,

dalam ilmu matematika diperlukan suatu teknik pemecahan masalah yaitu riset operasi. Riset operasi mencakup banyak permasalahan di antaranya yaitu pemrograman linear, dualitas dan sensitivitas, analisis jaringan, perencanaan dan pengendalian proyek, pemrograman dinamis, teori permainan, pemrograman bilangan bulat, pemrograman tak linear, teori probabilitas, teori antrian, dan lain sebagainya.

Penentuan rute yang paling efisien untuk menuju tempat wisata ini termasuk ke dalam permasalahan analisis jaringan. Analisis jaringan ini terbagi menjadi tiga macam permasalahan yaitu permasalahan rute terpendek (*shortest route*), pohon rentang minimal (*minimum spanning tree*), dan aliran maksimum (*maximum flow*). Karena yang dicari adalah rute yang paling efisien maka permasalahan yang digunakan yaitu permasalahan rute terpendek.

Permasalahan rute terpendek yaitu menemukan rute terpendek antara dua atau beberapa titik lebih yang berhubungan. Permasalahan mencari rute terpendek merupakan salah satu permasalahan optimasi. Permasalahan ini biasanya direpresentasikan dalam bentuk graf. Graf yang digunakan dalam pencarian rute terpendek adalah graf berbobot (*weighted graph*), yaitu graf yang setiap sisinya diberikan suatu nilai atau bobot. Bobot pada sisi graf ini merepresentasikan permasalahan yang akan dipecahkan.

Peralatan yang paling sering digunakan dalam mencari rute terpendek adalah peta atau *google map*. Peta atau *google map* dapat mengestimasi rute yang optimal dengan menghitung jarak dan waktu tempuh normal. Karena merupakan estimasi, maka dengan cara tersebut belum tentu rute yang dipilih merupakan rute yang optimal karena terdapat faktor lain seperti tingkat kemacetan atau kondisi jalan. Terjadinya kemacetan di berbagai tempat menyebabkan waktu tempuh semakin lama. Sehingga untuk menentukan rute yang optimal selain melihat jarak dan waktu tempuh normal, perlu diperhatikan pula faktor lain seperti tingkat kemacetan atau kondisi jalan.

Permasalahan dalam penelitian ini meliputi (1) bagaimana bentuk graf dari rute tempat wisata di Batang, (2) bagaimana

penyelesaian dari penerapan algoritma Dijkstra dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang, (3) bagaimana penyelesaian dari penerapan algoritma Floyd-Warshall dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang, dan (4) bagaimana rute terpendek yang direkomendasikan.

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) membuat bentuk graf dari rute tempat wisata di Batang, (2) menemukan penyelesaian dari penerapan algoritma Dijkstra dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang, (3) menemukan penyelesaian dari penerapan algoritma Floyd-Warshall dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang, dan (4) menentukan rute terpendek yang direkomendasikan.

**METODE**

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi pustaka, pengumpulan data, cara pemecahan masalah, dan penarikan kesimpulan. Studi pustaka menjelaskan tentang sumber yang relevan yang digunakan untuk mengumpulkan informasi yang diperlakukan dalam penelitian. Studi pustaka dengan mengumpulkan sumber pustaka yang dapat berupa buku, teks, makalah dan sebagainya. Setelah sumber pustaka terkumpul dilanjutkan dengan penelaahan sumber pustaka tersebut. Pada akhirnya sumber pustaka itu dijadikan landasan untuk menganalisis permasalahan.

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Kabupaten Batang yaitu data tempat wisata unggulan dan peta wisata Kabupaten Batang serta mengambil data sekunder yang diperoleh dari Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informatika Kabupaten Batang yaitu peta jaringan jalan, data kapasitas jalan, volume lalu lintas, dan kepadatan lalu lintas di Kabupaten Batang.

Langkah-langkah yang digunakan dalam pemecahan masalah adalah sebagai berikut: (1) membuat graf berbobot rute tempat wisata di Batang, (2) menemukan penyelesaian dari penerapan algoritma Dijkstra dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang, (3) menemukan penyelesaian dari penerapan algoritma Floyd-Warshall dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang, dan (4) menentukan rute terpendek yang direkomendasikan.

Penarikan kesimpulan didasarkan pada studi pustaka dan pemecahan masalah. Simpulan yang diperoleh merupakan hasil analisis dari penelitian. Setelah itu dilakukan pemberian saran atas masalah yang terjadi.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Permasalahan menemukan penyelesaian dari penerapan algoritma Dijkstra dan Floyd-Warshall dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang dapat diselesaikan dengan merepresentasikan masalah tersebut ke dalam graf berbobot. Graf berbobot membutuhkan tiga data utama yaitu titik, sisi, dan bobot sisi pada graf tersebut. Tabel titik, sisi dan bobot sisi dijelaskan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Tabel titik yang merepresentasikan stasiun/terminal di Batang, persimpangan jalan, dan tempat-tempat wisata di Batang

No	Nama Tempat	Titik
1.	Pantai Sigandu	$v_1$
2.	Batang Dolphins Center	$v_2$
3.	Pantai Ujung Negro	$v_3$
4.	Stasiun Batang Baru	$v_6$
5.	Tubing Pandansari	$v_{11}$
6.	Terminal Banyuputih	$v_{17}$
7.	Curug Gombang	$v_{19}$
8.	Bandar Ecopark	$v_{21}$
9.	Terminal Limpung	$v_{24}$
10.	Wisata Agro Selopajang Timur	$v_{27}$
11.	Agrowisata Teh Pagilaran	$v_{29}$
12.	Pemandian Air Hangat Sangubanyu	$v_{32}$
13.	Persimpangan Jalan	$v_4, v_5, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{12}, v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}, v_{18}, v_{20}, v_{22}, v_{23}, v_{25}, v_{26}, v_{28}, v_{30}, v_{31}$

Tabel 2. Tabel sisi yang merepresentasikan jalan yang dilalui wisatawan dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang

No	Sisi	Nama Jalan	Keterangan
1.	$v_1 v_2$	Jl. Pantai Sigandu-Ujung Negoro	Ruas jalan kolektor
2.	$v_1 v_5$	Jl. Sultan Agung	Ruas jalan kolektor
3.	$v_2 v_3$	Jl. Pantai Sigandu-Ujung Negoro	Ruas jalan kolektor
4.	$v_3 v_8$	Jl. Bakalan-Ujung Negoro	Ruas jalan kolektor
5.	$v_4 v_5$	Jl. Az Mochamad	Ruas jalan lokal
6.	$v_4 v_6$	Jl. Jend Sudirman	Ruas jalan arteri
7.	$v_5 v_6$	Jl. Sultan Agung	Ruas jalan kolektor
8.	$v_5 v_8$	Jl. Az Mochamad	Ruas jalan lokal
9.	$v_6 v_7$	Jl. Kyai Surgi	Ruas jalan kolektor
10.	$v_6 v_9$	Jl. Raya Kandeman	Ruas jalan arteri
11.	$v_6 v_{10}$	Jl. Cepokokuning-Lawangaji	Ruas jalan kolektor
12.	$v_7 v_{10}$	Jl. Pemuda	Ruas jalan arteri
13.	$v_7 v_{11}$	Jl. Slamet Riyadi	Ruas jalan arteri
14.	$v_8 v_9$	Jl. Bakalan-Ujung Negoro	Ruas jalan kolektor
15.	$v_9 v_{13}$	Jl. Pucanggading-Simpur	Ruas jalan lokal
16.	$v_9 v_{14}$	Jl. Raya Tulis	Ruas jalan arteri
17.	$v_{10} v_{12}$	Jl. Batang-Wonotunggal	Ruas jalan arteri
18.	$v_{11} v_{12}$	Jl. Wonotunggal-Bandar	Ruas jalan arteri
19.	$v_{12} v_{13}$	Jl. Wonotunggal-Bandar	Ruas jalan arteri
20.	$v_{13} v_{21}$	Jl. Wonotunggal-Bandar	Ruas jalan arteri
21.	$v_{14} v_{15}$	Jl. Raya Subah	Ruas jalan arteri
22.	$v_{14} v_{21}$	Jl. Bandar-Simbang	Ruas jalan kolektor
23.	$v_{15} v_{16}$	Jl. Raya Subah	Ruas jalan arteri
24.	$v_{15} v_{19}$	Jl. Subah-Pecalungan	Ruas jalan kolektor
25.	$v_{16} v_{17}$	Jl. Raya Banyuputih	Ruas jalan arteri
26.	$v_{16} v_{24}$	Jl. Limpung-Bawang	Ruas jalan kolektor
27.	$v_{17} v_{18}$	Jl. Raya Banyuputih	Ruas jalan arteri
28.	$v_{17} v_{24}$	Jl. Terminal Limpung-Sempu	Ruas jalan kolektor
29.	$v_{18} v_{20}$	Jl. Tersono-Timbang	Ruas jalan kolektor
30.	$v_{19} v_{23}$	Jl. Subah-Pecalungan	Ruas jalan kolektor
31.	$v_{20} v_{24}$	Jl. Limpung-Kalangsono	Ruas jalan kolektor
32.	$v_{20} v_{25}$	Jl. Tersono-Timbang	Ruas jalan kolektor
33.	$v_{21} v_{22}$	Jl. Bandar-Limpung	Ruas jalan kolektor
34.	$v_{21} v_{26}$	Jl. Bandar-Blado	Ruas jalan arteri
35.	$v_{22} v_{23}$	Jl. Bandar-Limpung	Ruas jalan kolektor
36.	$v_{22} v_{26}$	Jl. Blado-Kalipancur	Ruas jalan lokal

No	Sisi	Nama Jalan	Keterangan
37.	$v_{23} v_{24}$	Jl. Bandar-Limpung	Ruas jalan kolektor
38.	$v_{23} v_{27}$	Jl. Selopajang-Selokarto	Ruas jalan lokal
39.	$v_{24} v_{25}$	Jl. Limpung-Tersono	Ruas jalan kolektor
40.	$v_{24} v_{28}$	Jl. Limpung-Bawang	Ruas jalan kolektor
41.	$v_{25} v_{32}$	Jl. Sangubanyu-Tersono	Ruas jalan kolektor
42.	$v_{26} v_{27}$	Jl. Blado-Reban	Ruas jalan kolektor
43.	$v_{26} v_{29}$	Jl. Blado-Pagilaran	Ruas jalan lokal
44.	$v_{27} v_{30}$	Jl. Blado-Reban	Ruas jalan kolektor
45.	$v_{28} v_{30}$	Jl. Sojomerto-Reban	Ruas jalan lokal
46.	$v_{28} v_{31}$	Jl. Limpung-Bawang	Ruas jalan kolektor
47.	$v_{29} v_{30}$	Jl. Wonorejo-Kalisari	Ruas jalan lokal
48.	$v_{30} v_{31}$	Jl. Reban-Bawang	Ruas jalan kolektor
49.	$v_{31} v_{32}$	Jl. Bawang-Sangubanyu	Ruas jalan kolektor

Tabel 3. Tabel bobot sisi yang merepresentasikan waktu perjalanan yang dibutuhkan dari suatu titik ke titik lain

No	Sisi	Panjang Jalan (meter)	Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Bobot Sisi (Waktu Perjalanan (menit))
1.	$v_1 v_2$	200	34,29	0,35
2.	$v_1 v_5$	2500	42,98	3,49
3.	$v_2 v_3$	5300	33,90	9,38
4.	$v_3 v_8$	4500	48,91	5,52
5.	$v_4 v_5$	1000	35,29	1,70
6.	$v_4 v_6$	3700	38,21	5,81
7.	$v_5 v_6$	3300	42,95	4,61
8.	$v_5 v_8$	3200	35,23	5,45
9.	$v_6 v_7$	3800	41,01	5,56
10.	$v_6 v_9$	4700	55,08	5,12
11.	$v_6 v_{10}$	5200	42,39	7,36
12.	$v_7 v_{10}$	4600	48,42	5,70
13.	$v_7 v_{11}$	10200	51,65	11,85
14.	$v_8 v_9$	1800	48,87	2,21
15.	$v_9 v_{13}$	10900	46,68	14,01
16.	$v_9 v_{14}$	4000	61,70	3,89
17.	$v_{10} v_{12}$	4100	54,19	4,54
18.	$v_{11} v_{12}$	3700	37,56	5,91
19.	$v_{12} v_{13}$	8300	37,58	13,25
20.	$v_{13} v_{21}$	2400	37,60	3,83
21.	$v_{14} v_{15}$	9100	69,11	7,90
22.	$v_{14} v_{21}$	10300	23,44	26,36
23.	$v_{15} v_{16}$	6800	69,04	5,91
24.	$v_{15} v_{19}$	5200	49,76	6,27
25.	$v_{16} v_{17}$	1400	73,04	1,15
26.	$v_{16} v_{24}$	5200	49,37	6,32
27.	$v_{17} v_{18}$	6300	73,11	5,17
28.	$v_{17} v_{24}$	5100	38,69	7,91
29.	$v_{18} v_{20}$	2000	50,85	2,36
30.	$v_{19} v_{23}$	4800	49,74	5,79

No	Sisi	Panjang Jalan (meter)	Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Bobot Sisi (Waktu Perjalanan (menit))
31.	$v_{20}v_{24}$	6500	45,14	8,64
32.	$v_{20}v_{25}$	7200	50,94	8,48
33.	$v_{21}v_{22}$	11000	57,69	11,44
34.	$v_{21}v_{26}$	6000	50,42	7,14
35.	$v_{22}v_{23}$	800	57,83	0,83
36.	$v_{22}v_{26}$	8000	37,15	12,92
37.	$v_{23}v_{24}$	8200	57,68	8,53
38.	$v_{23}v_{27}$	5800	35,69	9,75
39.	$v_{24}v_{25}$	7400	44,67	9,94
40.	$v_{24}v_{28}$	4800	49,32	5,84
41.	$v_{25}v_{32}$	9500	59,50	9,58
42.	$v_{26}v_{27}$	3400	52,44	3,89
43.	$v_{26}v_{29}$	6300	35,43	10,67
44.	$v_{27}v_{30}$	4100	52,45	4,69
45.	$v_{28}v_{30}$	5100	33,52	9,13
46.	$v_{28}v_{31}$	8500	49,32	10,34
47.	$v_{29}v_{30}$	5100	36,13	8,47
48.	$v_{30}v_{31}$	6200	52,77	7,05
49.	$v_{31}v_{32}$	8700	51,53	10,13

Berdasarkan hasil rute terpendek dari penerapan algoritma Dijkstra dan Floyd-Warshall dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang, diperoleh 27 rute terpendek di mana 25 rute adalah sama dan terdapat 2 rute yang berbeda. Rute yang berbeda tersebut yaitu (1) rute terpendek dari Terminal Banyuputih ke Tubing Pandansari dan (2) rute terpendek dari Terminal Banyuputih ke Bandar Ecopark. Perbandingan hasil rute terpendek yang diperoleh dapat dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel perbandingan hasil rute terpendek yang diperoleh dari penerapan Algoritma Dijkstra dan Floyd-warshall

Rute Terpendek	Rute Terpendek (Waktu Perjalanan, Panjang Jalan)	
	Algoritma Dijkstra	Algoritma Floyd-Warshall
Terminal Banyuputih	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_6 \rightarrow v_7 \rightarrow v_{11}$	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{22} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{12} \rightarrow v_{11}$
Tubing Pandansari	(41,38 menit dengan panjang jalan 40 km)	(51,26 menit dengan panjang jalan 41 km)
Terminal Banyuputih	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{22} \rightarrow v_{21}$	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{27} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{21}$
Bandar Ecopark	(28,27 menit dengan panjang jalan 26,6 km)	(36,78 menit dengan panjang jalan 30 km)

Perbedaan hasil rute terpendek yang diperoleh dari penerapan algoritma Dijkstra dan algoritma Floyd-Warshall disebabkan perbedaan dalam pengambilan rute yang dipengaruhi beberapa faktor yang berbeda dari kedua algoritma. Perbedaan faktor dari kedua algoritma dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Tabel Perbedaan Algoritma Dijkstra dan Floyd-Warshall

Faktor Pembeda	Algoritma Dijkstra	Algoritma Floyd-Warshall
Prinsip	Greedy Setiap langkah dipilih sisi dengan bobot minimum yang menghubungkan sebuah titik yang sudah terpilih dengan titik lain yang belum terpilih.	Dinamis Setiap langkahnya menghitung bobot terkecil dari semua rute yang menghubungkan sebuah pasang titik, dan melakukannya sekaligus untuk semua pasangan titik.
Jenis	Rute terpendek dari simpul tertentu ke semua simpul yang lain.	Rute terpendek antara semua pasangan simpul.
Kerumitan	Cukup Rumit Pemecahan masalah dengan memandang bobot minimum yang diperoleh pada setiap langkahnya sebagai bagian dari himpunan solusi dan proses diulang hingga diperoleh rute terpendek ke tujuan.	Rumit Pemecahan masalah dengan memandang solusi yang akan diperoleh sebagai keputusan yang saling terkait yang berasal dari tahap sebelumnya untuk memilih rute terpendek dari beberapa rute yang telah dihasilkan.
Kecepatan	Sangat Cepat Membutuhkan waktu $O( V ^2)$	Cepat Membutuhkan waktu $O( V ^3)$
Solusi	Tidak memikirkan konsekuensi Hanya memberikan solusi terbaik yang diambil pada setiap langkah, mengambil rute yang memiliki bobot minimum yang menghubungkan sebuah simpul yang sudah terpilih dengan simpul yang belum terpilih.	Memikirkan konsekuensi Memberikan solusi yang memiliki pemikiran terhadap konsekuensi yang ditimbulkan dari pengambilan keputusan pada suatu tahap untuk mengurangi keputusan yang tidak mengarah ke solusi.

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat rute yang melewati semua titik yang sama dengan rute lain sehingga rute menuju suatu tempat wisata merupakan bagian dari rute

menuju tempat wisata lain. Rute tersebut dijelaskan pada Tabel 6.

Tabel 6. Tabel rute menuju suatu tempat wisata yang merupakan bagian dari rute menuju tempat wisata lain

Stasiun/ Terminal	Rute Terpendek Tempat Wisata yang dilewati	Rute Terpendek Tempat Wisata Tujuan
Stasiun Batang Baru	Pantai Sigandu ( $v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ )	Batang Dolphins Center ( $v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ )
	Bandar Ecopark ( $v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21}$ )	Wisata Agro Selopajang Timur ( $v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{27}$ )
	Bandar Ecopark ( $v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21}$ )	Agrowisata Teh Pagilaran ( $v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{29}$ )
Terminal Banyuputih	Pantai Sigandu ( $v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ )	Batang Dolphins Center ( $v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ )
Terminal Limpung	Pantai Sigandu ( $v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ )	Batang Dolphins Center ( $v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ )

Dengan demikian tempat wisata tersebut bisa menjadi tempat wisata yang dikelompokkan atau paket wisata dengan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke beberapa tempat wisata di Batang dengan satu kali perjalanan. Paket wisata tersebut dijelaskan pada Tabel 7.

**SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang penerapan algoritma Dijkstra dan Floyd-Warshall dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang, dapat ditarik kesimpulan

sebagai berikut: (1) rute tempat wisata di Batang dapat direpresentasikan sebagai graf berbobot pada Gambar 1, (2) penyelesaian dari penerapan algoritma Dijkstra dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang dijelaskan pada Tabel 8, (3) penyelesaian dari penerapan algoritma Floyd-Warshall dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang dijelaskan pada Tabel 9, dan (4) rute yang direkomendasikan dijelaskan pada Tabel 10.

Tabel 7. Tabel Paket Wisata di Batang

Stasiun/ Terminal	Paket Wisata	Tempat Wisata	Rute Terpendek
Stasiun Batang Baru	1A	1. Pantai Sigandu	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$
	1B	1. Bandar Ecopark 2. Wisata Agro Selopajang Timur	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{27}$
	1C	1. Bandar Ecopark 2. Agrowisata Teh Pagilaran	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{29}$
Terminal Banyuputih	2A	1. Pantai Sigandu 2. Batang Dolphins Center	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$
Terminal Limpung	3A	1. Pantai Sigandu 2. Batang Dolphins Center	$v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$



Tabel 8. Tabel hasil penerapan Algoritma Dijkstra dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang

Stasiun/ Terminal/ Tempat Wisata	Stasiun Batang Baru	Terminal Banyuputih	Terminal Limpung
Pantai Sigandu	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ (8,10 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ (30 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ (35,17 menit)
Batang Dolphins Center	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ (8,45 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ (30,35 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ (35,52 menit)
Pantai Ujung Negoro	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_3$ (12,85 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_3$ (26,58 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_3$ (31,75 menit)
Tubing Pandansari	$v_6 \rightarrow v_7 \rightarrow v_{11}$ (17,41 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{22} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{12} \rightarrow v_{11}$ (51,26 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{22} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{12} \rightarrow v_{11}$ (43,79 menit)
Curug Gombang	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{14} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{19}$ (23,18 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{19}$ (13,33 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{19}$ (14,32 menit)
Bandar Ecopark	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21}$ (22,96 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{27} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{21}$ (36,78 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{22} \rightarrow v_{21}$ (20,80 menit)
Wisata Agro Selopajang Timur	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{27}$ (33,99 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{27}$ (25,75 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{27}$ (18,28 menit)
Agrowisata Teh Pagilaran	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{29}$ (40,77 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{28} \rightarrow v_{30} \rightarrow v_{29}$ (30,91 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{28} \rightarrow v_{30} \rightarrow v_{29}$ (23,44 menit)
Pemandian Air Hangat Sangubanyu	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{14} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{25} \rightarrow v_{32}$ (48,67 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{18} \rightarrow v_{20} \rightarrow v_{25} \rightarrow v_{32}$ (25,59 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{25} \rightarrow v_{32}$ (19,52 menit)

Tabel 9. Tabel hasil penerapan Algoritma Floyd-warshall dalam menentukan rute terpendek dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang

Stasiun/ Terminal/ Tempat Wisata	Stasiun Batang Baru	Terminal Banyuputih	Terminal Limpung
Pantai Sigandu	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ (8,10 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ (30 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ (35,17 menit)
Batang Dolphins Center	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ (8,45 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ (30,35 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ (35,52 menit)
Pantai Ujung Negoro	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_3$ (12,85 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_3$ (26,58 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_3$ (31,75 menit)
Tubing Pandansari	$v_6 \rightarrow v_7 \rightarrow v_{11}$ (17,41 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{22} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{12} \rightarrow v_{11}$ (51,26 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{22} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{12} \rightarrow v_{11}$ (43,79 menit)
Curug Gombang	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{14} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{19}$ (23,18 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{19}$ (13,33 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{19}$ (14,32 menit)
Bandar Ecopark	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21}$ (22,96 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{27} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{21}$ (36,78 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{22} \rightarrow v_{21}$ (20,80 menit)
Wisata Agro Selopajang Timur	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{27}$ (33,99 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{27}$ (25,75 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{27}$ (18,28 menit)
Agrowisata Teh Pagilaran	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{29}$ (40,77 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{28} \rightarrow v_{30} \rightarrow v_{29}$ (30,91 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{28} \rightarrow v_{30} \rightarrow v_{29}$ (23,44 menit)
Pemandian Air Hangat Sangubanyu	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{14} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{25} \rightarrow v_{32}$ (48,67 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{18} \rightarrow v_{20} \rightarrow v_{25} \rightarrow v_{32}$ (25,59 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{25} \rightarrow v_{32}$ (19,52 menit)

Tabel 10. Tabel rute yang direkomendasikan dari stasiun/terminal di Batang menuju ke tempat wisata di Batang

Stasiun/ Terminal/ Tempat Wisata	Stasiun Batang Baru	Terminal Banyuputih	Terminal Limpung
Pantai Sigandu	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ (8,10 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ (30 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1$ (35,17 menit)
Batang Dolphins Center	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ (8,45 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ (30,35 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$ (35,52 menit)
Pantai Ujung Negro	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_3$ (12,85 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_3$ (26,58 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{14} \rightarrow v_9 \rightarrow v_8 \rightarrow v_3$ (31,75 menit)
Tubing Pandansari	$v_6 \rightarrow v_7 \rightarrow v_{11}$ (17,41 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{22} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{12} \rightarrow v_{11}$ (51,26 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{22} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{12} \rightarrow v_{11}$ (43,79 menit)
Curug Gombang	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{14} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{19}$ (23,18 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{19}$ (13,33 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{19}$ (14,32 menit)
Bandar Ecopark	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21}$ (22,96 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{27} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{21}$ (36,78 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{22} \rightarrow v_{21}$ (20,80 menit)
Wisata Agro Selopajang Timur	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{27}$ (33,99 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{27}$ (25,75 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{23} \rightarrow v_{27}$ (18,28 menit)
Agrowisata Teh Pagilaran	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{13} \rightarrow v_{21} \rightarrow v_{26} \rightarrow v_{29}$ (40,77 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{28} \rightarrow v_{30} \rightarrow v_{29}$ (30,91 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{28} \rightarrow v_{30} \rightarrow v_{29}$ (23,44 menit)
Pemandian Air Hangat Sangubanyu	$v_6 \rightarrow v_9 \rightarrow v_{14} \rightarrow v_{15} \rightarrow v_{16} \rightarrow v_{24} \rightarrow v_{25} \rightarrow v_{32}$ (48,67 menit)	$v_{17} \rightarrow v_{18} \rightarrow v_{20} \rightarrow v_{25} \rightarrow v_{32}$ (25,59 menit)	$v_{24} \rightarrow v_{25} \rightarrow v_{32}$ (19,52 menit)

## DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A., & Salehipour, A. (2012). Speeding Up The Floyd-Warshall Algorithm for The Cycled Shortest Path Problem. Iran: Elsevier Ltd. *Journal of Applied Mathematics Letters*, 25(2012), 1-5. Doi:10.1016/j.aml.2011.06.008.
- Bell, E. T. (1952). *Mathematics: Queen and Servant of Science*. London: G. Bell & Sons, Ltd.
- Faro, A., & Giordano, D. (2016). Algorithm to Find Shortest and Alternative Path in Free Flow and Congested Traffic Regimes. Italy: Elsevier B.V. *Journal of Electrical, Electronics and Computer Engineering*, 73(2016), 1-29. Doi:10.1016/j.trc.2016.09.009.
- Galan-Garcia, J. L., Aguilera-Venegas, G., Galan-Garcia, M. A., & Rodriguez-Cielos, P. (2014). A New Probabilistic of Dijkstra's Algorithm to Simulate More Realistic Traffic Flow in A Smart City. Spain: Elsevier Inc. *Journal of Applied Mathematics and Computation*, 30(2014), 86-96. Doi:10.1016/j.aml.2014.11.076.
- Hougardy, S. (2010). The Floyd-Warshall Algorithm on Graph With Negative Cycles. Germany: Elsevier B. V. *Journal of Information Processing Letters*, 110(2010), 279-281. Doi:10.1016/j.ipl.2010.02.001.
- Kreyszig, E. (1993). *Matematika Teknik Lanjutan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Mardlootillah, H. I., Suyitno, A., & Arini, F. Y. (2015). Simulasi Algoritma Dijkstra dalam Menangani Masalah Lintasan Terpendek pada Graf Menggunakan Visual Basic. Indonesia: UNNES. *Journal of Mathematics*, 4(2) (2015). [<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm/article/view/9349>]
- Munir, R. (2010). *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika.
- Novandi, R. A. (2007). *Perbandingan Algoritma Dijkstra dan Algoritma Floyd-Warshall dalam Penentuan Rute Terpendek (Single Pair Shortest Path)*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Pandey, H. M. (2008). *Design Analysis and Algorithms*. University Science Press New Delhi. India.
- Peyer, S., Rautenbach, D., & Vygen, J. (2009). A Generalization of Dijkstra's Shortest Path Algorithm Applications to VLSI routing. Germany: Elsevier B.V. *Journal of Discrete Algorithm*, 7(2009), 377-390. Doi:10.1016/j.jda.2007.08.003.