

Modifikasi Algoritma Floyd-Warshall Dalam Menemukan Rute Terpendek Pemadam Kebakaran Di Banyuwangi

Wardatun Naura Salsabila*, Mohammad Nafie Jauhari

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia

200601110064@student.uin-malang.ac.id*, nafie.jauhari@uin-malang.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang pencarian rute pemadam kebakaran pada graf yang memerlukan jarak tempuh terpendek dari titik awal lokasi hingga titik akhir tempat kejadian kebakaran. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui penerapan modifikasi Algoritma Floyd-Warshall pada graf untuk mencari rute terpendek pemadam kebakaran. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu menggunakan Algoritma Floyd-Warshall yang mengambil jarak minimum dari suatu titik ke titik lainnya dalam graf dan menerapkan algoritma dinamis yang menyebabkannya mengambil jarak rute terpendek dengan benar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian menggunakan algoritma Floyd-Warshall menghasilkan jarak tempuh dengan rata-rata persentase efektivitas sebesar 3,45%. Hasil persentase ini mengindikasikan bahwa algoritma Floyd-Warshall tergolong efektif, karena menunjukkan jarak yang lebih pendek. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penerapan modifikasi Algoritma Floyd-Warshall pada graf secara efektif mampu menemukan rute terpendek berdasarkan jarak antara pos pemadam kebakaran dan lokasi kejadian di Banyuwangi, serta menunjukkan rute mana saja yang dapat dilalui berdasarkan jalur yang lebih singkat.

Kata kunci: Rute Terpendek; Graf; Algoritma Floyd-Warshall; Pemadam Kebakaran

Abstract

The research discusses finding fire truck routes on a graph that requires the shortest travel distance from the starting location to the final fire incident location. The objective of this research is to disseminate the application of a modified Floyd-Warshall Algorithm on a graph to find the shortest route for fire trucks. The method used in this study is the Floyd-Warshall Algorithm, which takes the minimum distance from one point to another on the graph and applies a dynamic algorithm, allowing it to correctly select the shortest route. The research results show that testing with the Floyd-Warshall Algorithm produced travel distances with an average effectiveness rate of 3.45%. This percentage indicates that the Floyd-Warshall Algorithm is effective, as it shows a shorter distance. Based on the research findings, it can be concluded that the modified Floyd-Warshall Algorithm applied to the graph can effectively find the shortest route based on the distance between fire stations and incident locations in Banyuwangi, as well as provides information on which routes can be taken based on shorter paths.

Keywords: Shortest Route; Graph; Floyd-Warshall Algorithm; Firefighters

PENDAHULUAN

Mencari rute terbaik atau yang biasanya dikenal sebagai pencarian rute terpendek dalam teori graf adalah upaya untuk menemukan rute yang memiliki jarak terpendek dan beban terendah dari titik awal ke titik tujuan dibandingkan dengan semua lintasan yang ada [1]. Masalah pencarian rute terpendek (*shortest path problem*) merupakan suatu masalah optimasi yang berfokus pada menemukan rute minimum yang diperlukan untuk mencapai tujuan, di antara berbagai lintasan alternatif yang tersedia [2]. Pencarian rute terpendek telah ditetapkan dan diterapkan di berbagai bidang guna untuk mengoptimalkan kinerja suatu sistem, baik untuk

meminimalisir biaya yang dikeluarkan maupun mempercepat berjalannya suatu proses [3]. Salah satu permasalahan dalam mencari rute terpendek yaitu pencarian rute untuk pemadam kebakaran. Pada pencarian rute pemadam kebakaran diperlukan jarak tempuh terpendek dari titik awal lokasi hingga titik akhir tempat kejadian kebakaran.

Graf adalah setiap sisi yang menghubungkan dua titik, dan setiap titik dapat memiliki banyak sisi yang menghubungkan dengan titik lainnya [4]. Graf yang digunakan dalam pencarian lintasan terpendek adalah graf berbobot (*weighted graph*), di mana setiap sisi dari graf tersebut memiliki nilai atau bobot. Bobot pada setiap sisi graf dapat mewakili jarak antara tempat atau kota, waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman pesan, biaya pembangunan, dan sebagainya [5]. Menurut [6], pencarian rute terpendek merupakan upaya untuk menemukan lintasan antara dua atau lebih simpul dalam sebuah graf yang memiliki jumlah total bobot sisi yang dilalui sebanyak mungkin.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan pencarian rute terpendek ini, salah satunya adalah menggunakan Algoritma *Floyd-Warshall*. Algoritma ini merupakan salah satu varian dari pemrograman dinamis, yaitu suatu metode yang melakukan penyelesaian masalah dengan memandang solusi yang akan diperoleh sebagai suatu keputusan yang saling berkaitan [7]. Selain itu, algoritma *Floyd-Warshall* merupakan algoritma yang mengambil jarak minimum dari suatu titik ke titik lainnya dan algoritma ini menerapkan algoritma dinamis yang menyebabkannya mengambil jarak rute terpendek dengan benar [8]. Berdasarkan hal tersebut, penerapan algoritma *Floyd-Warshall* menjadi langkah inovatif yang dapat membantu meningkatkan responsibilitas pemadam kebakaran dan sebagai solusi untuk menemukan rute terpendek bagi tim pemadam kebakaran.

Keputusan menerapkan Algoritma *Floyd-Warshall* didukung oleh penelitian [9] yang menunjukkan akurasi mencapai 100% dalam pencarian rute terpendek. Algoritma ini mempertimbangkan semua kemungkinan rute, sehingga cocok untuk konteks dinamis. Dengan optimasi rute pemadam kebakaran, diharapkan waktu respons berkurang, kerugian menurun, dan keselamatan masyarakat meningkat.

Salah satu penerapan algoritma *Floyd-Warshall* dalam menentukan rute terpendek dapat diterapkan pada pemadam kebakaran yang berada di suatu wilayah kabupaten atau kota, salah satunya yaitu wilayah Banyuwangi. Banyuwangi merupakan daerah paling timur dari wilayah Provinsi Jawa Timur dengan luas wilayah 5.782,50 km², lebih luas dari pulau Bali (5.636,66 km²) [10]. Hal tersebut menjadikan Banyuwangi sebagai salah satu wilayah yang terus mengalami perkembangan, menghadapi berbagai tantangan signifikan dalam menjaga keamanan dan kesejahteraan masyarakatnya seperti risiko bencana alam, erupsi gunung berapi, masalah lingkungan akibat urbanisasi, perubahan iklim dan termasuk resiko terjadinya kebakaran. Salah satu ancaman yang tidak terduga, namun memiliki dampak yang berpotensi merugikan adalah kebakaran. Pengertian kebakaran yaitu merupakan proses percikan api yang semakin membesar, cepat menjalar, sulit dikendalikan dan menyebabkan kerugian besar, baik dalam hal materi maupun kehidupan manusia [11]. Oleh karena itu, kebutuhan untuk meningkatkan sistem penanganan kebakaran yang responsif dan efisien menjadi sangat penting. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam penanggulangan kebakaran salah satunya adalah efisiensi pergerakan pemadam kebakaran menuju lokasi kejadian.

METODE

Data dan Sumber Data

Penelitian ini merupakan sebuah penelitian kuantitatif yang utamanya berfokus pada perhitungan [12]. Penelitian ini menggunakan studi lapangan melalui *Google Maps* untuk mendapatkan datanya. Data-data yang terkumpul akan menjadi dasar analisis untuk mengukur sejauh mana algoritma *Floyd-Warshall* dapat menghasilkan rute terpendek untuk pemadam kebakaran di Banyuwangi. Data penelitian ini diperoleh dari Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kabupaten Banyuwangi serta dari BPBD Kabupaten Banyuwangi.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan dalam menyelesaikan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Mengambil data jarak dan lokasi dari *Google Maps* dan menandai pada *google earth*,
2. Memodelkan titik ke dalam graf di mana bobot sisi (u, v) merupakan jarak titik u ke titik v di lapangan,
3. Menginterpretasikan graf model menjadi matriks M yang memiliki ukuran $n \times n$, di mana n merupakan banyaknya titik dalam graf di mana $a_{ij} \in M$ merupakan bobot sisi dari (v_i, v_j) .
4. Menggunakan Algoritma *Floyd-Warshall* yang dimodifikasi untuk menentukan rute terpendek

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Mengumpulkan data objek yang akan dijadikan sebagai bahan penelitian. Data yang dikumpulkan berupa desa rawan kebakaran, terdapat 14 desa rawan kebakaran yang berada di Banyuwangi menurut BPBD yang diambil dari Berita RadarBanyuwangi [13]. Di bawah ini merupakan titik lokasi desa rawan kebakaran di Banyuwangi setelah pencarian menggunakan *google earth*:

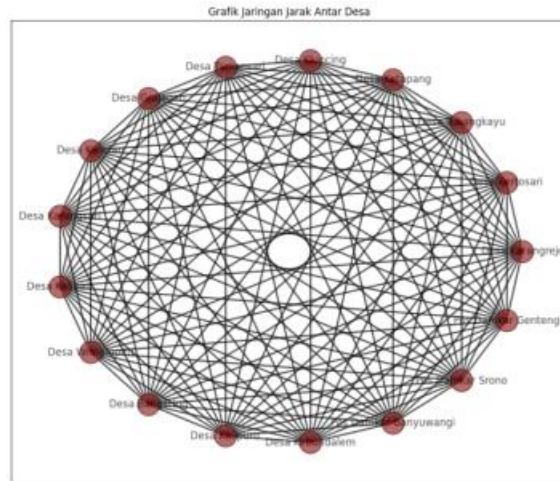


Gambar 1. Titik Lokasi Rawan Kebakaran

Gambar 1 menampilkan peta wilayah Banyuwangi dengan penanda berupa pin merah dan biru. Pin merah menunjukkan desa-desa rawan kebakaran, yang merupakan area dengan risiko kebakaran tinggi, sementara pin biru menandakan lokasi pos pemadam kebakaran. Peta ini memvisualisasikan hubungan antara lokasi rawan kebakaran dan pos pemadam untuk mempermudah analisis rute optimal.

Memodelkan Data Ke Dalam Graf

Pada penelitian ini, visualisasi graf merupakan metode penting dalam analisis jaringan. Teknik ini memungkinkan representasi visual dari hubungan antara titik-titik atau entitas, seperti lokasi-lokasi pemadam kebakaran dan desa-desa yang rawan kebakaran. Dalam konteks ini, graf digunakan untuk memetakan jaringan rute yang menghubungkan desa-desa rawan kebakaran dengan pos pemadam kebakaran di Banyuwangi. Titik-titik dalam graf mewakili pos pemadam kebakaran dan desa rawan, sementara sisi-sisi menggambarkan jalur atau rute yang menghubungkan titik-titik tersebut.



Gambar 2. Graf Jarak Antar Desa

Pengolahan Data

Terdapat 14 desa rawan kebakaran di Banyuwangi, yang akan digunakan sebagai simpul dalam graf penelitian. Desa-desa tersebut, yang tercantum dalam Tabel 1, akan diwakili sebagai titik pada graf untuk memodelkan jarak dan rute optimal yang perlu diambil dalam penanggulangan kebakaran.

Daftar simpul pada graf penelitian:

Tabel 1. Daftar Simpul

Simpul	Nama Tempat
V1	Desa Karangrejo
V2	Desa Kertosari
V3	Desa Tukangkayu
V4	Desa Ketapang
V5	Desa Kluncing
V6	Desa Tamansari
V7	Desa Grajagan
V8	Desa Karetan
V9	Desa Karangsari
V10	Desa Kalipait
V11	Desa Wringinpitu
V12	Desa Bangsring
V13	Desa Kalipuro
V14	Desa Kebondalem
A	Pemadam Kebakaran Banyuwangi
B	Pemadam Kebakaran Srono
C	Pemadam Kebakaran Genteng

Perhitungan Lintasan Terpendek

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	A	B	C
V1	0	26,8	28	33,7	35,5	34,1	32,8	31,5	22,2	25,7	19,1	45,7	31,2	30	26	11,1	26
V2	26,8	0	1,8	10,2	20,4	42,2	47,4	41	28	49	42	22	8,7	44	2,4	25	34
V3	28	1,8	0	9,6	19,7	43	48	41	28	49	41	21	7,9	45	1,5	25	34
V4	33,7	10,2	9,6	0	28	51	56	50	37	57	51	12	7,3	56	8,6	34	44
V5	35,3	20,4	19,7	28	0	53,9	58	49	36	56	49	39	22	51	21	31	38
V6	34,1	42,2	43	51	53,9	0	30,4	24	15	41	28	63	49	14	44	22	9,4
V7	32,8	47,4	48	56	58	30,4	0	6,5	36	13	11	68	54	21	49	23	28
V8	31,5	41	41	50	49	24	6,5	0	28	16	10	61	47	15	43	16	21
V9	22,2	28	28	37	36	15	36	28	0	38	29	48	34	22	29	14	6,3
V10	25,7	49	49	57	56	41	13	16	38	0	13	69	55	31	50	25	37
V11	19,1	42	41	51	49	28	11	10	29	13	0	61	47	21	43	17	24
V12	45,7	22	21	12	39	63	68	61	48	69	61	0	19	66	20	46	55
V13	31,2	8,7	7,9	7,3	22	49	54	47	34	55	47	19	0	51	7	31	41
V14	30	44	45	56	51	14	21	15	22	31	21	66	51	0	46	20	16
A	26	2,4	1,5	8,6	21	44	49	43	29	50	43	20	7	46	0	27	36
B	11,1	25	25	34	31	22	23	16	14	25	17	46	31	20	27	0	16
C	26	34	34	44	38	9,4	28	21	6,3	37	24	55	41	16	36	16	0

Gambar 3. Matriks Jarak Antar Desa

Gambar 3 menunjukkan matriks jarak dua titik yang ada sebelum dilakukan perhitungan menggunakan algoritma *Floyd-Warshall*. Pada gambar 3, terdapat penandaan dari V1 hingga V14 yang masing-masing mewakili desa-desa rawan kebakaran yang tersebar di wilayah Banyuwangi. Desa-desa ini telah diidentifikasi sebagai daerah yang membutuhkan perhatian khusus, mengingat potensi risiko kebakaran yang tinggi. Sementara itu, penandaan A, B dan C menyatakan pos pemadam kebakaran yang juga terletak di Banyuwangi.

Selanjutnya akan digunakan algoritma *Floyd-Warshall* untuk menentukan rute yang lebih pendek. Penentuan rute ini dilakukan dengan mencoba semua titik dalam graf sebagai titik antara. Dalam setiap iterasi, algoritma *Floyd-Warshall* memperbarui jarak terpendek antara dua titik dengan mempertimbangkan apakah rute melalui titik antara tersebut memberikan jalur yang lebih pendek.

Pada iterasi pertama, titik yang digunakan sebagai titik antara adalah V1 atau Desa Karangrejo. Setelah dilakukan perhitungan, ternyata tidak ada perubahan pada jarak terpendek yang telah diperoleh sebelumnya, sehingga rute yang dihasilkan tetap sama seperti pada matriks jarak antar desa awal. Dengan demikian, desa tersebut tidak mempengaruhi perbaikan rute dalam konteks algoritma yang diterapkan pada tahap ini.

Langkah selanjutnya adalah menggunakan Desa Kertosari atau V2 sebagai titik antara dalam perhitungan jarak terpendek. Pada tahap ini, algoritma akan mengevaluasi apakah penggunaan Desa Kertosari sebagai titik antara dapat menghasilkan rute yang lebih efisien dan lebih pendek dibandingkan dengan iterasi sebelumnya.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	A	B	C
V1	0	26,8	28	33,7	35,5	34,1	32,8	31,5	22,2	25,7	19,1	45,7	31,2	30	26	11,1	26
V2	26,8	0	1,8	10,2	20,4	42,2	47,4	41	28	49	42	22	8,7	44	2,4	25	34
V3	28	1,8	0	9,6	19,7	43	48	41	28	49	41	21	7,9	45	1,5	25	34
V4	33,7	10,2	9,6	0	28	51	56	50	37	57	51	12	7,3	54,2	8,6	34	44
V5	35,3	20,4	19,7	28	0	53,9	58	49	36	56	49	39	22	51	21	31	38
V6	34,1	42,2	43	51	53,9	0	30,4	24	15	41	28	63	49	14	44	22	9,4
V7	32,8	47,4	48	56	58	30,4	0	6,5	36	13	11	68	54	21	49	23	28
V8	31,5	41	41	50	49	24	6,5	0	28	16	10	61	47	15	43	16	21
V9	22,2	28	28	37	36	15	36	28	0	38	29	48	34	22	29	14	6,3
V10	25,7	49	49	57	56	41	13	16	38	0	13	69	55	31	50	25	37
V11	19,1	42	41	51	49	28	11	10	29	13	0	61	47	21	43	17	24
V12	45,7	22	21	12	39	63	68	61	48	69	61	0	19	66	20	46	55
V13	31,2	8,7	7,9	7,3	22	49	54	47	34	55	47	19	0	51	7	31	41
V14	30	44	45	54,2	51	14	21	15	22	31	21	66	51	0	46	20	16
A	26	2,4	1,5	8,6	21	44	49	43	29	50	43	20	7	46	0	27	36
B	11,1	25	25	34	31	22	23	16	14	25	17	46	31	20	27	0	16
C	26	34	34	44	38	9,4	28	21	6,3	37	24	55	41	16	36	16	0

Gambar 4. Matriks Jarak Ketika Titik Antara Desa Kertosari

Gambar 4 menyajikan matriks jarak yang diperoleh dari perhitungan algoritma *Floyd-Warshall* dengan menggunakan Desa Kertosari (V2) sebagai titik antara. Matriks ini menunjukkan perubahan jarak dengan nilai yang diberi warna kuning untuk menandakan perubahan jarak yang penting. Seperti yang terlihat di gambar 4 jarak dari V4 ke V14 yang sebelumnya adalah 56 km berubah menjadi 54,2 km. Proses ini dilakukan dengan menggunakan setiap titik sebagai titik antara, termasuk lokasi pos pemadam kebakaran. Setiap titik diuji satu per satu untuk melihat apakah menggunakan titik antara tersebut dapat memperpendek jarak antara titik-titik lain. Setelah semua titik digunakan dalam perhitungan, hasil akhir disajikan dalam bentuk matriks jarak terpendek. Hasil akhir dari iterasi terdapat pada gambar 5.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	A	B	C
V1	0	26,8	27,5	33,7	35,5	33,1	30,1	27,1	22,2	25,7	19,1	45,7	31,2	30	26	11,1	26
V2	26,8	0	1,8	10,2	20,4	42,2	47,4	41	28	49	42	22	8,7	44	2,4	25	34
V3	27,5	1,8	0	9,6	19,7	43	47,5	41	28	49	41	21	7,9	45	1,5	25	34
V4	33,7	10,2	9,6	0	28	51	56	50	37	57	50,6	12	7,3	54	8,6	34	43,3
V5	35,3	20,4	19,7	28	0	47,4	53,5	47	36	56	48	39	22	51	21	31	38
V6	33,1	42,2	43	51	47,4	0	30,4	24	15	40	28	63	49	14	44	22	9,4
V7	30,1	47,4	47,5	56	53,5	30,4	0	6,5	33,8	13	11	67,5	53,5	21	49	22,5	27,5
V8	27,1	41	41	50	47	24	6,5	0	27,3	16	10	61	47	15	42,5	16	21
V9	22,2	28	28	37	36	15	33,8	27,3	0	38	29	48	34	22	29	14	6,3
V10	25,7	49	49	57	56	40	13	16	38	0	13	69	55	31	50	25	37
V11	19,1	42	41	50,6	48	28	11	10	29	13	0	61	47	21	42,5	17	24
V12	45,7	22	21	12	39	63	67,5	61	48	69	61	0	19	66	20	46	54,3
V13	31,2	8,7	7,9	7,3	22	49	53,5	47	34	55	47	19	0	51	7	31	40,3
V14	30	44	45	54	51	14	21	15	22	31	21	66	51	0	46	20	16
A	26	2,4	1,5	8,6	21	44	49	42,5	29	50	42,5	20	7	46	0	26,5	35,3
B	11,1	25	25	34	31	22	22,5	16	14	25	17	46	31	20	26,5	0	16
C	26	34	34	43,3	38	9,4	27,5	21	6,3	37	24	54,3	40,3	16	35,3	16	0

Gambar 5. Matriks Hasil Iterasi Akhir

Gambar 5 menyajikan hasil akhir dari seluruh iterasi yang dilakukan menggunakan algoritma *Floyd-Warshall*. Pada tabel tersebut, terdapat 50 angka yang diberi penanda warna kuning untuk menunjukkan perubahan jarak yang signifikan. Perubahan ini melibatkan beberapa pasangan titik, seperti jarak antara V1 dan V3, V1 dan V6, V1 dan V7, V3 dan V1, serta V3 dan V7. Selain itu, perubahan jarak pada pasangan titik lainnya juga dapat dilihat secara lebih rinci dalam Tabel 4.

Setelah diidentifikasi bahwa terdapat 50 angka yang mengalami perubahan, diperoleh kesimpulan bahwa hasil perhitungan dengan algoritma *Floyd-Warshall* memberikan jarak tempuh yang lebih pendek. Efektivitas pengurangan jarak ini akan dihitung dalam bentuk persentase menggunakan rumus berikut [14]:

$$\text{Nilai efektivitas} = \frac{JG - JF}{JG} \times 100\%$$

Keterangan:

JG = Jarak rute pada *Google Maps*

JF = Jarak rute terpendek algoritma *Floyd-Warshall*

Hasil dari perhitungan nilai efektivitas dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Efektivitas

No	Rute	Presentase (%)	No	Rute	Presentase (%)
1	V1-V3	2,5	26	V8-V5	4,08
2	V1-V6	2,93	27	V8-V9	2,5
3	V1-V7	8,23	28	V8-VA	1,16
4	V1-V8	13,97	29	V9-V7	6,1
5	V3-V1	2,5	30	V9-V8	2,5
6	V3-V7	1,04	31	V10-V6	2,44
7	V4-V11	0,78	32	V11-V4	0,78
8	V4-V14	3,7	33	V11-V5	2,04
9	V4-VC	1,6	34	V11-VA	1,16
10	V5-V6	12,06	35	V12-V7	0,73
11	V5-V7	7,76	36	V12-VC	1,27
12	V5-V8	4,08	37	V13-V7	0,92
13	V5-V11	2,04	38	V13-VC	1,71
14	V6-V1	2,93	39	V14-V4	3,57
15	V6-V5	12,06	40	VA-V8	1,16
16	V6-V10	2,44	41	VA-V11	1,16
17	V7-V1	8,23	42	VA-VB	1,85
18	V7-V3	1,04	43	VA-VC	2,17
19	V7-V5	7,76	44	VB-V7	1,94
20	V7-V9	6,11	45	VB-VA	1,85
21	V7-V12	0,73	46	VC-V4	1,36
22	V7-V13	0,92	47	VC-V7	1,78
23	V7-VB	2,17	48	VC-V12	1,27
24	V7-VC	1,78	49	VC-V13	1,71
25	V8-V1	13,97	50	VC-VA	1,94
Rata-rata			3,45		

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian menggunakan algoritma *Floyd-Warshall* menghasilkan jarak tempuh dengan rata-rata persentase efektivitas sebesar 3,45%. Hasil persentase ini mengindikasikan bahwa algoritma *Floyd-Warshall* tergolong efektif, karena menunjukkan jarak yang lebih pendek. Jika nilai efektivitas bernilai positif, maka rute terpendek tersebut dianggap efektif. Sebaliknya, jika nilai efektivitas bernilai negatif, maka rute terpendek tersebut dianggap tidak efektif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, penerapan modifikasi Algoritma *Floyd-Warshall* secara efektif mampu menemukan rute terpendek berdasarkan jarak antara pos pemadam kebakaran dan lokasi kejadian di Banyuwangi. Hal tersebut ditunjukkan dengan perhitungan matriks hasil akhir pengujian Algoritma *Floyd-Warshall* bahwa jarak tempuh memiliki rata-rata persentase keefektifan sebesar 3,45%. Nilai efektivitas ini bernilai positif, yang berarti rute terpendek tersebut bersifat efektif. Jika bernilai negatif, maka rute terpendek tersebut dianggap tidak efektif. Persentase efektivitas ini menegaskan bahwa Algoritma *Floyd-Warshall* merupakan algoritma yang efektif, karena jarak tempuh yang dihasilkan lebih pendek. Dengan demikian, algoritma ini

dapat mempercepat waktu respons tim pemadam kebakaran sehingga meningkatkan efektivitas operasional di Banyuwangi, serta menunjukkan rute mana saja yang dapat dilalui berdasarkan jalur yang lebih singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Taufiq, A. Suyitno and D. Dwijanto, "Menentukan Rute Terpendek Dengan Memanfaatkan Metode Heuristik Berbasis Algoritma A*," *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, pp. 43-51.
- [2] P. Y. Utami, C. Suhery and Ilhamsyah, "Aplikasi Pencarian Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus: Pencarian Rute Terpendek untuk Pemadam Kebakaran di Wilayah Kota Pontianak)," *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, pp. 19-25, 2014.
- [3] Y. Purwanto, D. Purwitasari and A. W. Wibowo, "IMPLEMENTASI DAN ANALISIS ALGORITMA PENCARIAN RUTE TERPENDEK DI KOTA SURABAYA," *Jurnal Penelitian dan Pengembangan TELEKOMUNIKASI*, 2005.
- [4] G. Chartrand and P. Zhang, *Introduction to Graph Theory*, New York: McGraw Hill, 2006.
- [5] U. Oktari, "Aplikasi Mobile Pencarian Rute Terpendek Pada Pengiriman Order CV. Alfa Fresh dengan Algoritma Brute Force," (*Doctoral Dissertation, Politenik Negeri Sriwijaya*), 2018.
- [6] S. Andayani and E. W. Perwitasari, "Penentuan Rute Terpendek Pengambilan Sampah di Kota Merauke Menggunakan Algoritma Dijkstra," *Semantik*, 2014.
- [7] F. W. Ningrum and T. Andrasto, "Penerapan Algoritma Floyd-Warshall dalam Menentukan Rute Terpendek pada Pemodelan Jaringan Pariwisata di Kota Semarang," *Jurnal Teknik Elektro*, no. 8(1), pp. 21-24, 2016.
- [8] A. R. Hasibuan, "Penerapan algoritma Floyd-Warshall untuk menentukan rute terpendek dalam pengiriman barang," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, no. 3(6).
- [9] F. Lutfi, J. M. A. Eriq and S. A. Wicaksono, "Rancang Bangun Aplikasi Web Pencarian Rute Terpendek Antar Gedung di Kampus Menggunakan Algoritma Floyd-warshall," *Journal Basic Science And Technology*, pp. 30-34, 2012.
- [10] Bappeda Kab. Banyuwangi, 2023. [Online]. Available: <https://bappeda.banyuwangikab.go.id/beranda/>.
- [11] V. I. Wulandari, Suroto and B. Kurniawan, "MITIGASI NON STRUKTURAL BENCANA KEBAKARAN BERBASIS KAWASAN WISATA DAN PERMUKIMAN PADAT PENDUDUK (Studi Kasus Di Kampung Pelangi Kota Semarang)," *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 2018.
- [12] M. Shahid, H. Khawar and A. Kamal, "The Mathematical Model for searching the Shortest Route for Tuberculosis Patients with the help of Dijkstra's Algorithm," *Sukkur IBA of Computing and Mathematical Sciences*, vol. 1, p. 4, 2021.
- [13] B. R. Rohman, "radarbanyuwangi.id," 2023. [Online]. Available: <https://radarbanyuwangi.jawapos.com/berita-daerah/751788643/bpbd-sebut-14-desa-di-banyuwangi-masuk-rawan-karhutla-ada-kecamatan-mana-saja>. [Accessed 2024].
- [14] Mukti, M Ridwan and Mulyono, "Menentukan Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Floyd-Warshall Dalam Pendistribusian Barang Pada PT. Rapy Ray Putratama," *Karismatik*, no. 04(01), pp. 39-53.
- [15] R. M. McLeod, K. Ranson and L. Biehl, *The generalized Riemann integral*, JSTOR, 1980.