

APLIKASI ALGORITMA FLOYD-WARSHALL DENGAN PENDEKATAN MADM DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK PENGANGKUTAN SAMPAH

Zulmagfir Buako^{1*}, Lailany Yahya², Novianita Achmad³

^{1,2,3}Jurusan Matematika, Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango 96119, Indonesia

*Penulis Korespondensi: zmbuako@gmail.com

Abstrak

Saat ini masalah kebersihan lingkungan yang disebabkan oleh penumpukan sampah menjadi masalah yang serius bagi setiap masyarakat. Dalam mengatasi masalah ini diperlukan proses pengangkutan sampah yang efisien. Penelitian ini bertujuan mencari rute terpendek pengangkutan sampah di Kota Gorontalo dengan menggunakan *Algoritma Floyd Warshall* dengan mencari bobot terkecil antar setiap titik (*Vertex*). Dalam penelitian ini bobot yang digunakan pada iterasi *algoritma Floyd Warshall* adalah bobot alternatif yang diperoleh dengan pendekatan *Multi Attribute Decision Making* (MADM). Kriteria penentuan bobot pada MADM menggunakan tiga indikator yang mempengaruhi efisiensi pengangkutan sampah, yaitu jarak, waktu, dan kemacetan. Rute yang digunakan dalam penelitian ini adalah rute kendaraan DumpTruck dengan 17 titik pengangkutan sampah. Setelah diperoleh bobot alternatif dan dilakukan iterasi menggunakan *algoritma floyd Warshall* diperoleh rute terpendek dengan bobot lintasan terkecil yaitu 110,845.

Kata Kunci: *Floyd Warshall*; *Multi Attribute Decision Making*; Pengangkutan Sampah

Abstract

Currently, the problem of environmental hygiene caused by the accumulation of garbage becomes a serious problem for every community. In addressing this problem, an efficient waste transport process is required. This study aims to find the shortest route of garbage transportation in Gorontalo city by using *Floyd Warshall Algorithm* by finding the smallest weight between each point (*Vertex*). In this study, the weights used in the *Floyd Warshall Iteration Algorithm* were Alternative weights obtained by the *Multi-Attribute Decision-Making approach* (MADM). The criteria for determining weights in MADM use three indicators that affect the efficiency of garbage transportation, namely Distance, time, and congestion. The route used in this study is the dump truck route with 17 garbage transportation points. After obtaining the Alternate weight and iteration using *Floyd Warshall algorithm* obtained the shortest route with the smallest trajectory weight of 110.845.

Keywords: *Floyd Warshall*; *Multi Attribute Decision Making*; Waste Transport

1. Pendahuluan

Di era globalisasi seperti saat ini, sampah menjadi masalah serius bagi semua lapisan masyarakat, hal ini dipengaruhi oleh tingginya produktivitas manusia, penambahan jumlah penduduk, tingginya tingkat konsumtif masyarakat, dan ketersediaan ruang hidup manusia yang terbatas. Di kota Gorontalo, dalam sehari sampah dapat mencapai 73 ton, totalnya 24.359 ton yang dibuang ke TPA Talumelito pada tahun 2017, jumlah ini meningkat bila dibandingkan dengan rata-rata produksi sampah per hari di tahun 2016 yang berkisar 67 ton. Masalah penumpukan sampah merupakan salah satu masalah urgent yang harus diantisipasi oleh pemerintah dalam hal ini melalui Dinas Lingkungan Hidup (DLH). Volume sampah yang meningkat dan tidak segera dikelola akan berdampak buruk terhadap lingkungan dan kehidupan masyarakat [1].

Matematika merupakan alat untuk menyederhanakan penyajian dan pemahaman masalah. Salah satu cabang dari ilmu matematika adalah **teori graf**. Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan objek-objek tersebut. Dalam teori graf terdapat beberapa algoritma yang dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan rute terpendek, antara lain *algoritma Dijkstra*, *algoritma Bellman-Ford* [2], *algoritma Greedy*, *algoritma Floyd-Warshall* dan lain-lain. *Algoritma Floyd-Warshall* adalah salah satu algoritma yang paling mudah penerapannya, karena algoritma ini merupakan bagian dari program dinamik yang dapat mencari semua lintasan terpendek masing-masing antara tiap kemungkinan pasang tempat yang berbeda dan sangat efektif digunakan dalam menangani masalah rute optimum. *Algoritma Floyd-Warshall* merupakan suatu metode yang melakukan pemecahan masalah dengan memandang solusi yang akan diperoleh sebagai suatu keputusan yang saling terkait dan akan memilih satu jalur terpendek dari beberapa alternatif jalur yang telah dihasilkan dari proses kalkulasi. Artinya solusi-solusi tersebut dibentuk dari solusi yang berasal dari tahap sebelumnya dan ada kemungkinan solusi lebih dari satu dalam pengertian lain algoritma ini menghitung bobot terkecil dari semua jalur yang menghubungkan sebuah pasangan titik dan melakukannya sekaligus untuk semua pasangan titik demi titik hingga mencapai titik tujuan dengan jumlah bobot yang paling minimum [3].

Pada penelitian sebelumnya telah dibahas mengenai implementasi *algoritma Floyd-Warshall* dalam menentukan rute terpendek diantaranya dalam menentukan pemodelan jaringan pariwisata, pencarian apotek, panduan jalur angkutan umum, sistem informasi fasilitas instansi, menentukan jalur evakuasi tsunami [4]-[9]. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini untuk dapat memilih rute terpendek, maka saya menambahkan indikator yang mempengaruhi perjalanan truk pengangkut sampah. Indikator indikator tersebut antara lain, jarak antar titik, waktu perjalanan dan kemacetan dari rute tersebut. Ketiga indikator ini selanjutnya akan diselesaikan dengan pendekatan *Multiple Attribute Decision Making* (MADM), pendekatan ini digunakan untuk menyatukan bobot masing masing indikator sehingga diperoleh bobot yang memuat ketiga indikator [10][11][12]. Setelah diperoleh bobot lintasan alternatif, selanjutnya dilakukan iterasi dengan *Algoritma Floyd Warshall*, algoritma ini digunakan untuk mencari semua lintasan terpendek masing-masing antara tiap kemungkinan pasang tempat yang berbeda dan sangat efektif digunakan dalam menangani masalah rute optimum. Kemudian dari bobot yang diperoleh dari hasil iterasi dapat dibentuk rute terpendek dengan mencari lintasan (*edge*) dengan bobot terkecil antar setiap pasangan titik (*vertex*).

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini data lintasan yang digunakan adalah data primer yang diperoleh langsung melalui observasi dengan *Software Google Maps*, Serta data sekunder diperoleh dari penelitian sebelumnya [1]. Adapun tahapan pengolahan data dimulai dengan memodelkan data yang diperoleh ke dalam bentuk graf penelitian, selanjutnya menganalisis bobot indikator yang digunakan yaitu jarak, waktu, dan kemacetan ketiga bobot ini kemudian dirasionalisasi kedalam *range* yang sama (1-10) kemudian ketiga bobot indikator akan diubah menjadi satu bobot (bobot alternatif) dengan pendekatan *Multiple Attribute Decision Making* (**Tabel 4**). Bobot yang diperoleh kemudian digunakan sebagai bobot lintasan (*edge*) dalam proses iterasi *algoritma Floyd-Warshall*. Hasil akhir iterasi *algoritma floyd warshall* kemudian di tampilkan kembali ke dalam bentuk graf hasil penelitian (**Gambar 2**). Rute terpendek (optimum) Diperoleh dengan menganalisis bobot terkecil antar setiap edge yang menghubungkan masing masing titik (*vertex*) dengan ketentuan tidak terjadi loop (setiap lintasan (*edge*) hanya dapat dilalui sekali).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini penulis menggunakan rute armada dump truck dengan 17 layanan pengangkutan sampah. Berikut data layanan yang digunakan dalam penelitian ini, disajikan pada Tabel 1.

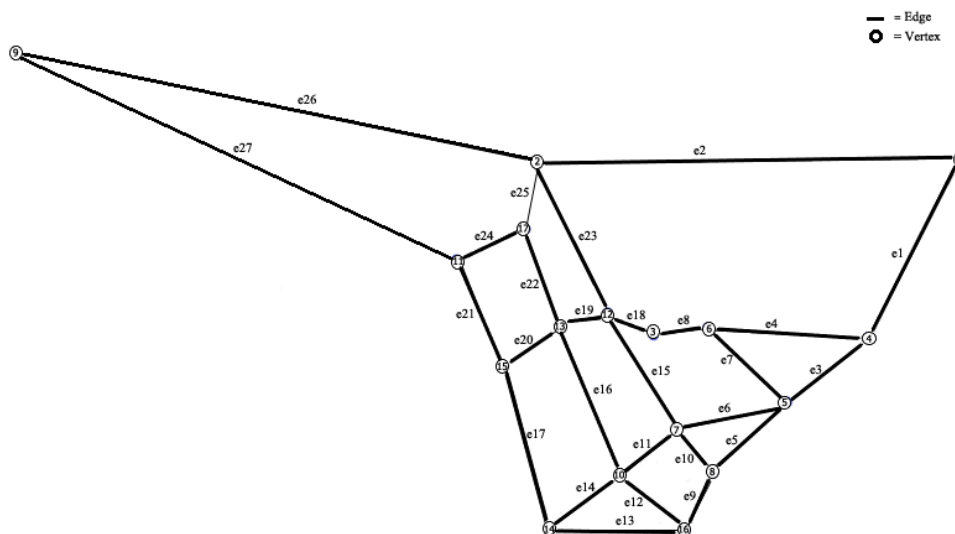
Tabel 1. Daftar Layanan Pengangkutan Sampah

No.	Alamat
1.	Dinas Lingkungan Hidup
2.	Jl. Raja Eyato
3.	JL. Suprpto
4.	JL. MT Haryono
5.	JL. 23 Januari
6.	JL. S.Parman
7.	JL. ST. Hasanudin
8.	JL. Melati
9.	JL. Kancil
10.	JL. Gunung Agung
11.	Jl. Gunung Tilongkabila
12.	JL. Gunung Boliyohuto
13.	Jl. Gunung Lokon
14.	JL. Gunung Krakatau
15.	JL. Gunung Katamso
16.	JL. Mawar
17.	JL AR Koniyo

Berdasarkan data layanan pengangkutan sampah seperti yang disajikan pada Tabel 1 kemudian dapat dibentuk graf berdasarkan opsi lintasan yang menghubungkan antar titik.

3.2 Graf Penelitian

Berdasarkan data layanan pada Tabel 1, dapat diperoleh graf penelitian sebagai berikut.



Gambar 1. Graf penelitian

Graf penelitian pada Gambar 1 diperoleh dengan menghubungkan setiap titik dengan menggunakan *Software Google Maps*.

3.3 Indikator

Indikator yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas indikator jarak, waktu, dan kemacetan. Indikator jarak diperoleh melalui pengukuran jarak antar titik, indikator waktu adalah data yang menyatakan durasi waktu perjalanan antar *vertex*, dan indikator kemacetan adalah data yang menggambarkan tingkat kemacetan tiap ruas jalan (*edge*) Ketiga data indikator diperoleh

dengan observasi melalui *software Google Maps*. Kemudian data yang diperoleh dirasionalisasi kedalam range yang sama (1-10). Berikut adalah rekapan data masing masing indikator setelah dilakukan rasionalisasi kedalam range yang sama (1-10), ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Indikator

Edge.	Skor Jarak	Skor Waktu	Skor Kemacetan
e1	3,448	1	4
e2	8,099	5	6
e3	2,386	1	6
e4	3,437	2	3
e5	2,811	2	2
e6	2,397	1	8
e7	2,425	1	6
e8	1,000	1	8
e9	1,911	2	5
e10	1,659	1	3
e11	1,592	1	6
e12	2,749	3	7
e13	2,950	3	6
e14	1,877	1	6
e15	2,654	2	4
e16	2,978	2	5
e17	3,040	3	3
e18	1,279	1	5
e19	1,262	1	4
e20	1,463	1	5
e21	2,565	1	3
e22	2,453	1	5
e23	3,113	1	6
e24	1,665	1	3
e25	1,491	1	4
e26	10,000	5	6
e27	9,105	6	6

3.4 Penggabungan Indikator

Untuk dapat melanjutkan proses iterasi dengan *algoritma Floyd Warshall* maka akan dibentuk matriks awal W_{ij} untuk itu diperlukan penggabungan bobot ketiga indikator menjadi bobot alternatif. Dalam proses sebelumnya sudah diperoleh data skor masing masing indikator sebagaimana terlampir pada Tabel 2. Penggabungan ketiga indikator ini dilakukan dengan pendekatan MDAM (*Multi Attribute Decision Making*) dengan metode SAW (*Simple Additive Weighting Method*). Terdapat beberapa langkah penyelesaian SAW, yaitu :

1. Menentukan kriteria yang dijadikan acuan (C_i)
Adapun kriteria yang digunakan pada penelitian ini yaitu C_1 = Indikator Jarak, C_2 = Indikator waktu, dan C_3 = Indikator kemacetan.
2. Menentukan Rating Kecocokan tiap Indikator.
Rating kecocokan setiap indikator adalah $C_1 = 4$, $C_2 = 3$, $C_3 = 3$ artinya setiap indicator mendapat porsi yang berbeda dalam menentukan nilai alternatif.
3. Membuat matriks keputusan berdasarkan indikator (C_i) kemudian melakukan normalisasi matriks dengan persamaan $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}$. Dengan menyelesaikan langkah ini diperoleh matriks ternormalisasi berikut.

Tabel 3. Matriks Ternormalisasi

0,862	0,250	1,000
1,000	0,617	0,741
0,397	0,166	1,000
1,000	0,851	0,872
1,000	0,711	0,711
0,299	0,125	1,000
0,404	0,166	1,000
0,125	0,125	1,000
0,382	0,400	1,000
0,553	0,333	1,000
0,265	0,166	1,000
0,392	0,428	1,000
0,491	0,500	1,000
0,312	0,166	1,000
0,663	0,500	1,000
0,978	0,400	1,000
1,000	0,986	0,986
0,255	0,200	1,000
0,315	0,250	1,000
0,292	0,200	1,000
0,855	0,333	1,000
0,490	0,200	1,000
0,518	0,500	1,000
0,555	0,333	1,000
0,372	0,250	1,000
1,000	0,500	0,600
1,000	0,658	0,658

4. Nilai alternatif diperoleh dengan proses penjumlahan dari perkalian matriks ternormalisasi dengan vektor bobot (Bobot rating kecocokan). $V_i = \sum_{j=1}^n W_j r_{ij}$ Dimana V_i adalah nilai alternatif, W_j bobot rating kecocokan, dan r_{ij} adalah matriks ternormalisasi.

Tabel 4. Nilai Alternatif

Edge.	Pasangan titik (Vertex)	Nilai Alternatif	Edge.	Pasangan titik (Vertex)	Nilai Alternatif
e1	V1-V4	7,198	e15	V7-V12	7,152
e2	V1-V2	8,074	e16	V10-V13	8,112
e3	V4-V5	5,086	e17	V15-V14	9,916
e4	V4-V6	8,089	e18	V3-V12	4,620
e5	V5-V8	8,266	e19	V12-V13	5,010
e6	V5-V7	4,571	e20	V13-V15	4,768
e7	V5-V6	5,114	e21	V15-V11	7,419
e8	V6-V3	3,875	e22	V13-V17	5,560
e9	V8-V16	5,728	e23	V12-V2	6,572
e10	V8-V7	6,211	e24	V11-V17	6,219
e11	V7-V10	4,588	e25	V17-V2	5,238
e12	V16-V10	5,852	e26	V2-V9	7,300
e13	V16-V14	6,464	e27	V11-V9	7,948
e14	V10-V14	4,746			

3.5 Penerapan Algoritma Floyd Warshall

Setelah memperoleh nilai alternatif yang merupakan gabungan dari ketiga indikator, maka nilai tersebut digunakan dalam perhitungan algoritma *Floyd-Warshall* sebagai bobot. Berikut Langkah langkah perhitungan dengan menggunakan algoritma *Floyd Warshall*.

- Langkah pertama dalam perhitungan ini yaitu merepresentasikan Graf yang ada menjadi suatu matriks Berskor. dimana skor untuk masing masing *edge* adalah

$$W_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{Jika } i = j \\ W_{ij} & \text{Jika } i \neq j \text{ dan } W_{ij} \in E \\ \infty & \text{Jika } i \neq j \text{ dan } W_{ij} \notin E \end{cases}$$

- Langkah kedua adalah melakukan iterasi. Untuk setiap sel matriks *W* dicek Apakah $W_{ij} > W_{ik} + W_{kj}$. Jika ya, Maka W_{ij} diganti dengan $W_{ik} + W_{kj}$.

Proses iterasi dilakukan dengan mencari bobot terkecil antar semua titik, dan dilakukan berulang dengan $k = 1 - 16$. Untuk memudahkan proses iterasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak. Dalam penelitian ini proses iterasi diselesaikan dengan menggunakan *Software MATLAB*. Berikut adalah rekapan hasil matlab untuk iterasi $k=17$.

Tabel 5. Hasil akhir iterasi algoritma Floyd-Warshall

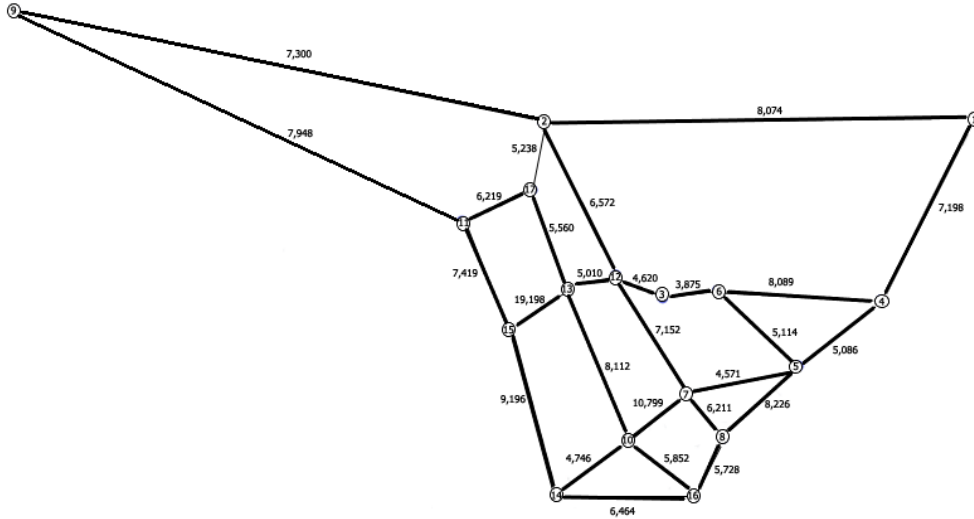
Vertex	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	8,074	19,162	7,198	12,284	15,287	16,855	20,510
2	8,074	0	11,192	15,272	18,295	15,067	13,724	19,935
3	19,171	11,192	0	11,973	8,989	3,875	11,772	17,215
4	7,198	15,272	11,964	0	5,086	8,089	9,657	13,312
5	12,284	18,295	8,989	5,086	0	5,114	4,571	8,226
6	15,296	15,067	3,875	8,098	5,114	0	9,685	13,340
7	16,855	13,724	11,772	9,657	4,571	9,685	0	6,211
8	20,510	19,935	17,215	13,312	8,226	13,340	6,211	0
9	15,374	7,300	18,492	22,572	25,595	22,367	21,024	27,235
10	25,098	18,910	17,742	17,900	12,814	17,928	10,799	4,588
11	19,531	11,457	21,409	26,729	28,512	25,284	23,941	24,479
12	14,646	6,572	4,620	16,593	11,723	8,495	7,152	13,363
13	18,872	10,798	9,630	21,603	16,733	13,505	12,162	12,700
14	29,884	23,656	22,488	22,646	17,560	22,674	15,545	9,334
15	26,950	18,786	28,828	31,842	26,756	31,870	24,741	18,530
16	26,238	24,762	22,943	19,040	13,954	19,068	11,939	5,728
17	13,312	5,238	15,190	20,510	22,293	19,065	17,722	18,260

9	10	11	12	13	14	15	16	17
15,374	21,443	19,531	14,646	18,872	26,189	26,950	26,2380	13,312
7,300	18,312	11,457	6,572	10,798	23,058	18,876	25,663	5,238
18,492	16,360	21,409	4,620	9,630	21,106	28,828	22,943	15,190
22,572	14,245	26,729	16,584	21,594	18,991	28,907	19,040	20,510
25,595	9,159	28,512	11,723	16,733	13,905	23,821	13,954	22,293
22,367	14,273	25,284	8,495	13,505	19,019	28,935	19,068	19,065
21,024	4,588	23,941	7,152	12,162	9,334	19,250	11,939	17,722
27,235	10,799	29,527	13,363	18,373	12,192	22,108	5,728	23,933
0	25,612	7,948	13,872	18,098	24,563	15,367	31,027	12,538
26,210	0	19,890	13,122	8,112	4,746	14,662	10,316	13,672
7,948	19,891	0	16,789	11,779	16,615	7,419	23,079	6,219
13,872	17,740	16,789	0	5,010	16,486	24,208	19,091	10,570
18,098	8,112	11,779	5,010	0	12,858	19,198	18,428	5,560
25,283	4,746	17,335	17,686	12,858	0	9,916	6,464	18,418

15,367	13,942	7,419	24,208	19,198	9,196	0	15,660	13,638
31,747	5,852	23,799	18,974	13,964	6,464	16,380	0	19,524
12,538	13,672	6,219	10,570	5,560	18,418	13,638	23,988	0

3.6 Menentukan Rute terpendek

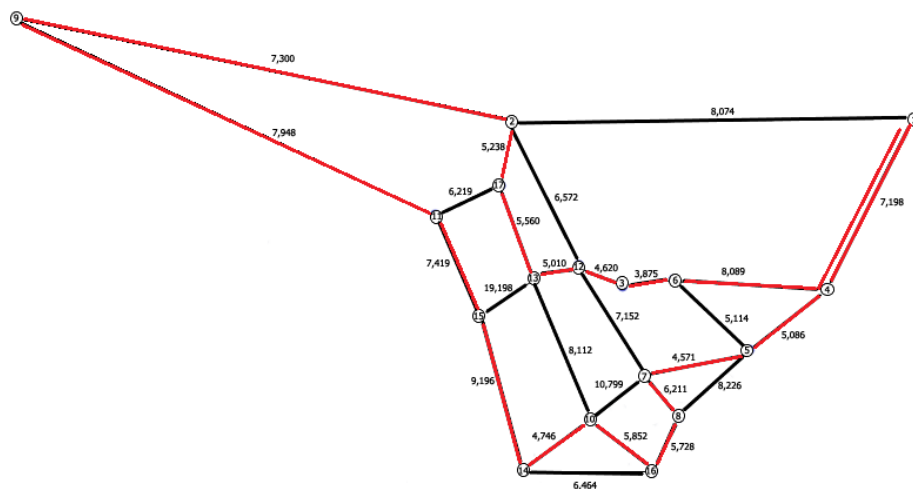
Berdasarkan hasil perhitungan *algoritma Floyd-Warshall* diperoleh hasil akhir iterasi $k = 17$ sebagaimana yang termuat pada **Tabel 5**. Kemudian bobot hasil akhir iterasi *algoritma Floyd Warshall* dapat dibentuk graf hasil sebagai berikut.



Gambar 2. Graf Hasil

Untuk dapat menentukan Rute terpendek pengangkutan Sampah di Kota Gorontalo kita dapat menganalisis bobot terkecil antar setiap edge yang menghubungkan masing masing titik (*vertex*) dengan ketentuan tidak terjadi *loop* (setiap lintasan (*edge*) hanya dapat dilalui sekali) . Berikut langkah langkahnya.

1. $v1-v2 = 8,074$, $v1-v4 = 7,198$ (edge $v1-v4$ dipilih karena bobotnya lebih kecil).
2. $v4-v5 = 5,086$, $v4-v6 = 8,089$
3. $v5-v8 = 8,226$, $v5-v7 = 4,571$, $v5-v7 = 5,114$, Dilakukan seterusnya hingga terbentuk rute dengan bobot minimum.



Gambar 3. Graf optimal

Dengan melihat bobot terkecil antar setiap pasangan titik diperoleh Rute terpendek lintasan dari titik v_1 kembali ke titik v_1 dengan bobot lintasan optimum 110,845 dengan rute $v_1 - v_4 - v_5 - v_7 - v_8 - v_{16} - v_{10} - v_{14} - v_{15} - v_{11} - v_9 - v_2 - v_{17} - v_{13} - v_{12} - v_3 - v_6 - v_4 - v_1$. Untuk mengecek apakah rute yang diperoleh merupakan rute yang optimum, berikut penulis dapat membandingkan rute yang diperoleh dengan alternatif rute yang lainnya.

Tabel 6. Perbandingan Rute

No	Rute	Bobot
1.	$v_1 - v_4 - v_5 - v_7 - v_8 - v_{16} - v_{10} - v_{14} - v_{15} - v_{11} - v_9 - v_2 - v_{17} - v_{13} - v_{12} - v_3 - v_6 - v_4 - v_1$	110,854
2.	$v_1 - v_2 - v_{17} - v_{13} - v_{12} - v_3 - v_6 - v_4 - v_5 - v_7 - v_8 - v_{16} - v_{10} - v_{14} - v_{15} - v_{11} - v_9 - v_2 - v_1$	112,597
3.	$v_1 - v_4 - v_6 - v_3 - v_{12} - v_{13} - v_{17} - v_2 - v_9 - v_{11} - v_{15} - v_{14} - v_{16} - v_{10} - v_7 - v_8 - v_5 - v_4 - v_1$	122,009
4.	$v_1 - v_2 - v_9 - v_{11} - v_{15} - v_{14} - v_{16} - v_{10} - v_7 - v_8 - v_5 - v_4 - v_6 - v_3 - v_{12} - v_{13} - v_{17} - v_2 - v_1$	123,041
5.	$v_1 - v_4 - v_5 - v_7 - v_8 - v_{16} - v_{10} - v_{14} - v_{15} - v_{13} - v_7 - v_{11} - v_9 - v_2 - v_{12} - v_3 - v_6 - v_4 - v_1$	125,356
6.	$v_1 - v_2 - v_{12} - v_3 - v_6 - v_4 - v_5 - v_7 - v_8 - v_{16} - v_{10} - v_{14} - v_{15} - v_{13} - v_{17} - v_{11} - v_9 - v_2 - v_1$	128,637
7.	$v_1 - v_4 - v_6 - v_3 - v_{12} - v_2 - v_9 - v_{11} - v_{17} - v_{13} - v_{15} - v_{14} - v_{10} - v_{16} - v_8 - v_7 - v_5 - v_4 - v_1$	129,631

Dapat dilihat bahwa rute yang diperoleh sebelumnya adalah rute dengan bobot terkecil bila dibandingkan dengan alternatif rute yang lainnya. tentunya masih ada banyak alternatif rute lainnya yang dapat dibentuk tetapi bobotnya tidak akan lebih kecil dari 110,854 sebab rute tersebut dibentuk dari lintasan (*edge*) dengan bobot terkecil yang menghubungkan antar *vertex*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan deskripsi masalah dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa metode yang digunakan dalam rute terpendek pengangkutan sampah di kota Gorontalo diselesaikan dengan *Algoritma Floyd-Warshall* (**Tabel 5.**) dengan pembobotan menggunakan metode *Multi Attribute Decision Making* (MADM) dapat dilihat pada Tabel 4. Atribut yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jarak, waktu dan kemacetan. Adapun rute terpendek (optimum) pengangkutan sampah armada dumptruck yang diperoleh dari penelitian ini yaitu : **Dinas Lingkungan Hidup - Jl. MT Haryono - Jl. 23 Januari - Jl. ST.Hasanudin - Jl. Melati - Jl. Mawar - Jl. Gunung agung - Jl. Gunung Krakatau - Jl. Katamso - Jl. Gunung Tilongkabila - Jl. Kancil - Jl. Raja Eyato - Jl. Jl. AR.Koniyo - Jl. Gunung Lokon - Jl. Gunung Boliyohuto - Jl. Suprpto - Jl. S.Parman - Jl. MT.Haryono - Dinas Lingkungan Hidup** . dengan bobot rute 110,854.

Referensi

- [1] F. Kuka, M. R. Katili, dan R. F. Payu, "Optimasi Pengangkutan Sampah di Kota Gorontalo dengan Model Vehicle Routing Problem melalui pendekatan Goal Programming," *Jurnal MUST: Mathematics Education, Science and Technology.*, Vol. 6, No. 1, Juli 2021.
- [2] P. M. Hasugian, "Analisa dan Implementasi Algoritma Bellman Ford dalam menentukan jalur terpendek pengantaran barang Dalam Kota," *Jurnal Mantik Penusa.*, Vol. 18, No. 2, pp. 118-123, Desember 2015.
- [3] M. H. Anwar, A. Sanjaya, dan F. R. Hariri, "Sistem pendukung keputusan penentuan rute terdekat pada operator taxi untuk mencari tempat tujuan penumpang menggunakan algoritma Floyd-Warshall," *Jurnal Simki Techsain.*, Vol. 1, No. 1, pp. 4-15, Agustus 2017.
- [4] F. W. Ningrum, T. Andrasto "Penerapan Algoritma Floyd-Warshall dalam menentukan rute terpendek pada pemodelan jaringan pariwisata di kota Semarang," *Jurnal Teknik Elektro.*, Vol. 8, No. 1, pp. 21-24, Juni 2016. doi: 10.15294/jte.v8i1.8791.
- [5] A. Muzakir, "Algoritma Floyd Warshall dan Collaborative Filtering untuk penentuan Rute Terpendek Pencarian Apotek," *Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan.*, Vol. 5, No. 1, pp. 9-13, September 2020. doi: 10.30743/infotekjar.v5i1.2496

- [6] F. Fatmala, U. Yudatama, dan A. Burhanuddin, "Panduan Jalur Angkutan Umum Menggunakan Algoritma Floyd-Warshall," *Jurnal Komtika.*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-9, Mei 2019. doi: 10.31603/komtikav3i1.3462
- [7] A. Rachman, H. Leidiyana, " Sistem Informasi Fasilitas di DKI Jakarta Berbasis Android dengan Algoritma Floyd Warshall," *Jurnal Komtika.*, Vol. 4, No. 1, pp. 9-14, Mei 2020. doi: 10.31603/komtika.v4i1.3700
- [8] A. F. Sani, N. K. T. Tastrawati, dan I. M. E. Dwipayana, "Algoritma Floyd Warshall Untuk menentukan Jalur terpendek Evakuasi Tsunami di kelurahan Sanur". *E-Journal Matematika.*, Vol.2, No.1, pp. 1-5, Januari 2013. doi :10.24843/MTK.2013.V02.i01.p020
- [9] A. D. Yustita, S. A. Hardiyanti, dan I. Yuniawati, "Algoritma Floyd-Warshall untuk penentuan rute terpendek model jaringan pariwisata kabupaten Banyuwangi," *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika.*, Vol.3, No.2, pp 137-146, September 2018. doi: 10.26594/jmpm.v3i2.1299
- [10] A. Aridhayanti, R A. Fadillah, "Implementasi Attribute Decision Making (MADM) Untuk menentukan kawasan penanaman Bakau". *Jurnal sains, teknologi dan industry.*, Vol.14, No.1, pp. 86-92, Desember 2016. doi:10.24014/sitekin.v14i1.2698
- [11] K. A. P. Sari, E. Irawan, dan F. Rizky, "Implementasi Algoritma Weight Product (WP) Dengan Model Fuzzy Multi Attribute Decision Making (MADM) dalam Penilaian Kinerja Karyawan," *Jurnal Penerapan Kecerdasan Buatan.*, Vol. 2, No. 1, pp. 57-65, Desember 2020.
- [12] S. S. Priyono, W. W. Winarno, dan F. W. Wibowo, "Sistem Informasi untuk menentukan potensi mahasiswa menggunakan metode Fuzzy Multi Attribute Decision Making dengan Simple Additive Weighting Studi Kasus: STIKES Duta Gama," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi.*, Vol. 15, No.1, pp. 97-103, Maret 2020. doi: 10.35842/jtir.v15i1.339
- [13] J. J. Siang, "*Matematika Diskrit dan Aplikasinya pada ilmu Komputer,*" Andi, Yogyakarta. 2011.
- [14] C. L. Liu, "*Dasar Dasar Matematika Diskrit,*" Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 1995.
- [15] S. Lipschuts, M. Lipson. "*Matematika Diskrit Jilid 2 Schaum's* " Salemba Teknika, Jakarta. 2002.