

Penentuan Rute Efektif Pengangkutan Sampah pada Ruang Publik di Kecamatan Regol dengan Aplikasi Algoritma Dijkstra

Andhita Naura Hariyanto - 13522060¹
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
¹13522060@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Permasalahan lingkungan khususnya terkait pengelolaan sampah masih menjadi permasalahan yang kian melanda banyak wilayah di Indonesia. Penentuan rute pengangkutan sampah paling efektif guna menjaga kebersihan lingkungan dengan mengimplementasikan materi matematika diskrit yaitu graf, secara spesifik materi Chinese Postman Problem dan Algoritma Dijkstra, menjadi salah satu upaya penyelesaian permasalahan tersebut.

Kata Kunci—Rute, Algoritma Dijkstra, Graf, Chinese Postman Problem

I. PENDAHULUAN

Permasalahan pengelolaan sampah kerap kali menjadi isu penting yang dialami oleh daerah-daerah di Indonesia. Kota Bandung tidak terkecuali dari permasalahan ini. Kota Bandung bahkan pernah berada dalam status darurat sampah sesuai dengan Keputusan Wali Kota Bandung nomor 658.1/Kep.2523-DLH/2023 tentang Penetapan Situasi Darurat Pengelolaan Sampah pada Oktober 2023 silam.[3] Tak hanya itu, beberapa daerah di Bandung, khususnya daerah yang kerap kali dipadati wisatawan, memiliki permasalahan kebersihan lingkungan yang perlu perhatian khusus baik dari masyarakat maupun pemerintah. Salah satu wilayah yang kerap mendapat permasalahan kebersihan ini adalah wilayah Kecamatan Regol, yakni lokasi berdirinya Alun-Alun Kota Bandung, Masjid Raya Bandung, Lapangan Tegallega, hingga pusat perbelanjaan The Kings Shopping Center. Tak dapat dipungkiri, kawasan Kecamatan Regol yang menjadi rumah bagi destinasi wisata populer tentunya berisiko tinggi menampung sampah dalam volume besar perharinya. Salah satu aksi responsif terhadap fenomena ini adalah dengan membentuk suatu sistem pengangkutan sampah berkala yang baik guna menjaga kebersihan dan keasrian wilayah Regol. Perancangan rute pengangkutan sampah di wilayah Regol yang efektif dan efisien menjadi salah satu aspek penting dalam pembentukan sistem pengangkutan sampah yang baik.

Pada makalah ini, akan dibahas metode penentuan rute sampah yang efektif dan efisien untuk Kecamatan Regol dengan mengimplementasikan graf. Penentuan rute dilakukan dengan menerapkan penyelesaian Chinese Postman Problem dan Algoritma Dijkstra. Dengan begitu, rute pengangkutan dengan

jarak terpendek dapat diperoleh sehingga waktu pengangkutan diharapkan akan lebih singkat. Rute hasil diharapkan akan menjadi rute dengan pengangkutan jarak terpendek.

II. LANDASAN TEORI

A. Definisi Graf

Graf secara formal dinyatakan sebagai berikut :

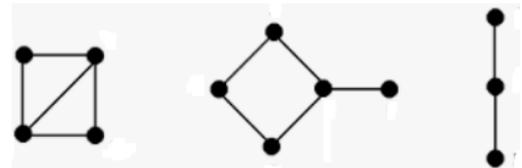
$$G = (V, E)$$

Graf G terdiri atas V dan E . V merupakan himpunan tidak-kosong dari simpul-simpul dan E merupakan himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul.

Graf dapat digolongkan menjadi dua berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda :

1. Graf Sederhana

Graf sederhana adalah graf tanpa gelang maupun sisi ganda.



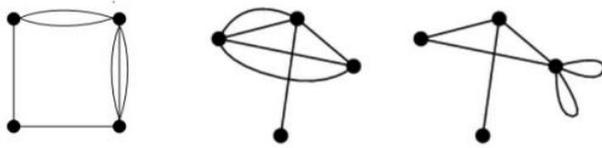
Gambar 1. Graf sederhana

Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/19-Graf-Bagian1-2023.pdf>

2. Graf Tak-Sederhana

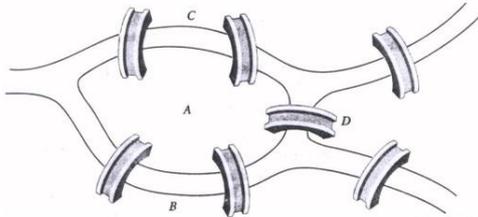
Graf tak-sederhana adalah graf yang mengandung sisi ganda atau sisi gelang.



Gambar 2. Graf tak-sederhana

Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/19-Graf-Bagian1-2023.pdf>



Gambar 3. Implementasi permasalahan menggunakan graf pada Jembatan Königsberg

Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/19-Graf-Bagian1-2023.pdf>

Graf juga dapat dikategorikan menjadi dua jenis berdasarkan orientasi arah pada sisi graf :

1. Graf Tak-Berarah
Graf tak-berarah adalah graf dengan sisi tidak memiliki orientasi arah.
2. Graf Berarah
Graf berarah adalah graf dengan sisi yang memiliki orientasi arah.[1]

C. Terminologi Graf

1. Ketetangaan
Simpul yang bertetangga adalah simpul yang saling terhubung langsung.
2. Bersisian
Sebuah sisi $e = (v_j, v_k)$ adalah sebuah sisi yang bersisian dengan simpul v_j dan simpul v_k .
3. Simpul Terpencil
Simpul terpencil adalah simpul yang tidak memiliki sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.
4. Graf Kosong
Graf kosong merupakan graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong.
5. Derajat
Derajat pada suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.
6. Lintasan
Lintasan adalah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi dari suatu simpul awal v_0 menuju simpul tujuan v_n
7. Sirkuit atau Siklus
Sirkuit atau siklus adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.
8. Keterhubungan

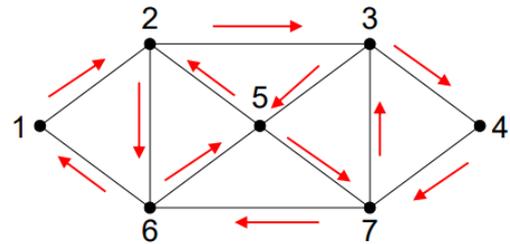
Ketika terdapat lintasan dari simpul v_1 menuju v_2 , maka kedua simpul tersebut terhubung.

9. Upagraf dan Komplemen Graf
Apabila terdapat graf $G = (V, E)$, $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah upagraf dari G jika $V_1 \subseteq V$ dan $E_1 \subseteq E$. Kemudian, komplemen dari suatu upagraf adalah upagraf lainnya yang melengkapi upagraf tersebut sehingga ketika keduanya tergabung akan terbentuk upagraf yang lengkap.
10. Upagraf Merentang
Upagraf merentang adalah upagraf dengan seluruh simpul dari graf lengkap.
11. Cut-Set
Cut-Set adalah himpunan sisi suatu graf terhubung yang apabila dihilangkan dapat membuat graf menjadi tidak terhubung.
12. Graf Berbobot
Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga.[1]

C. Lintasan dan Sirkuit Euler

Lintasan Euler adalah lintasan yang melalui setiap sisi dalam graf tepat satu kali. Graf yang memiliki lintasan euler dinamakan graf semi-Euler.

Sirkuit Euler adalah sirkuit yang melalui setiap sisi dalam graf tepat satu kali (berawal dan berakhir pada simpul yang sama). Graf yang memiliki sirkuit euler dinamakan graf Euler.[2]



Gambar 1. Contoh graf euler

Sumber :

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/21-Graf-Bagian3-2023.pdf>

D. Chinese Postman Problem

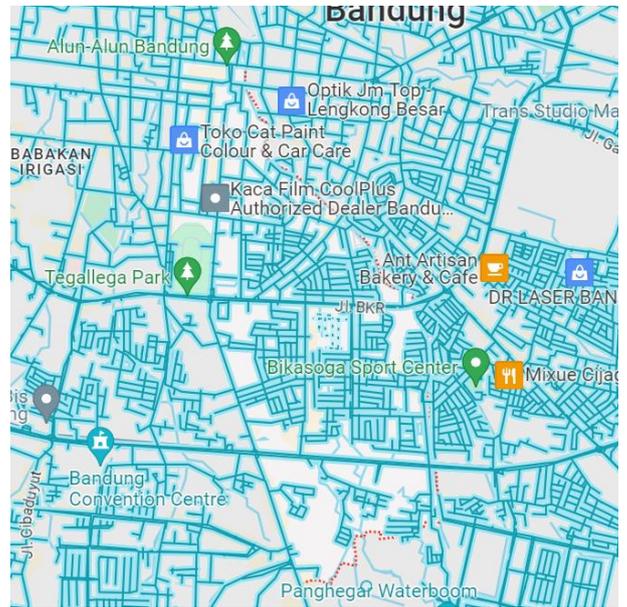
Metode penyelesaian permasalahan yang melibatkan penentuan sirkuit terpendek dari suatu graf. Metode ini dicetuskan guna menyelesaikan rumitnya pilihan ruas jalan yang harus ditempuh dengan kondisi pengiriman yang diharapkan berjalan efektif.

Metode penyelesaian Chinese Postman Problem diawali dengan mengidentifikasi simpul yang berderajat ganjil. Kemudian, simpul-simpul tersebut dicari kombinasi pasangan yang menghasilkan total jarak terkecil. Setelah itu, graf mula-mula diberikan tambahan lintasan yang sama dengan lintasan yang menjadi lintasan dengan total panjang minimum pada kombinasi simpul-simpul berderajat tadi hingga seluruh simpul menjadi berderajat genap.[5]

E. Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra digunakan untuk mencari lintasan terpendek pada sebuah graf yang memiliki sisi berbobot positif. Algoritma ini dicetuskan oleh Dr. Esdger W. Dijkstra yang pada kala itu terinspirasi dari keingintahuannya akan jarak tempuh terpendek untuk berlibur dari Rotterdam ke Groningen. Algoritma ini termasuk salah satu jenis “Greedy Algorithm”. Penggunaan algoritma ini kerap dijumpai pada gawai penunjuk arah seperti GPS dan industri-industri yang membutuhkan pemodelan jaringan.

Algoritma Dijkstra dapat diimplementasikan pada graf dengan bobot positif. Metode penyelesaian dimulai dengan menelaah jarak terpendek dari simpul awal ke simpul tetangganya. Kemudian, simpul tetangga dengan jarak terpendek dari simpul awal akan kembali mencari simpul tetangganya yang memiliki jarak terpendek dengan simpul tersebut. Simpul yang sudah “dikunjungi” tidak dapat ditandai sebagai jalur terpendek pada lintasan yang sedang dikerjakan untuk mencapai simpul yang diinginkan. Metode penyelesaian dengan algoritma dijkstra juga dapat dipermudah menggunakan tabel penyelesaian.[6]

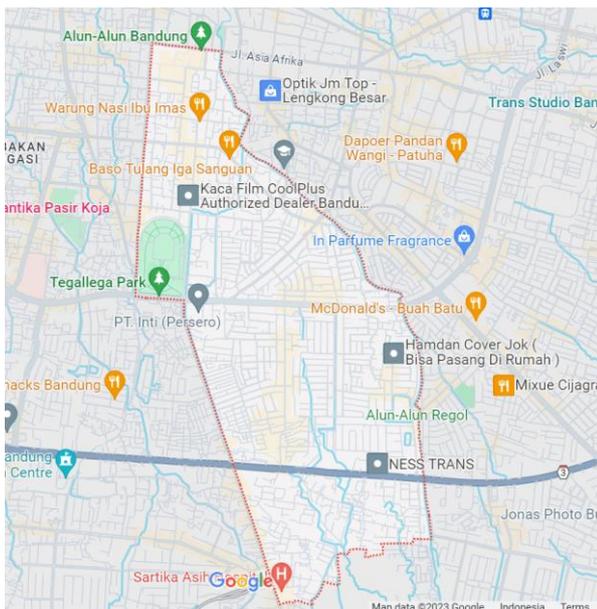


Gambar 3. Peta digital Kecamatan Regol dengan Bantuan Visualisasi Jalan
Sumber : maps.google.com

III. PEMBAHASAN

A. Pemetaan Daerah Kecamatan Regol

Kecamatan Regol merupakan wilayah di Bandung yang dipadati oleh berbagai destinasi rekreasi populer, seperti Alun-Alun Kota Bandung, Masjid Raya Bandung, Alun-Alun Regol, Lapangan Tegallaga, hingga pusat perbelanjaan The Kings Shopping Centre.



Gambar 2. Peta digital Kecamatan Regol
Sumber : maps.google.com

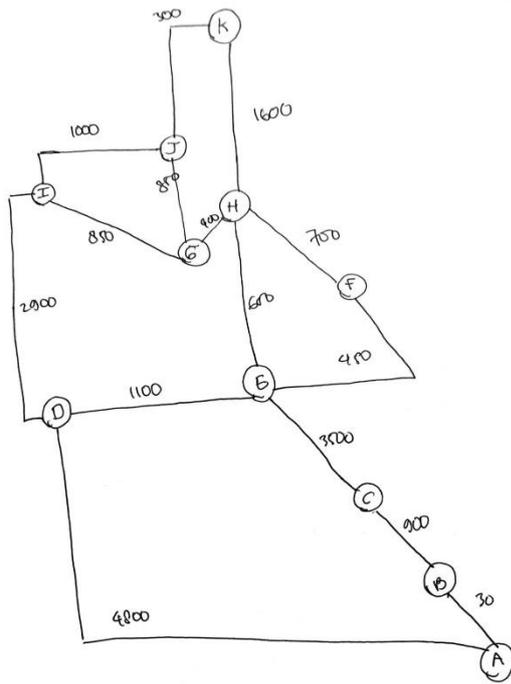
Penelitian kali ini berfokus pada ruang-ruang publik. Pemilihan fokus ini didasari banyaknya permasalahan sampah yang muncul di ruang publik akibat ketidaksadaran masyarakat akan etika pembuangan sampah hingga masih perlu ditingkatkannya pengelolaan sampah di wilayah setempat. Selain itu, ruang publik tentunya menjadi titik pusat hilir mudiknya aktivitas masyarakat. Apabila ruang publik tidak terawat, masyarakat berpotensi mengalami penurunan imun dan kualitas hidup.

Untuk keperluan pencarian rute, ruang publik direpresentasikan dengan simbol berikut pada pembuatan penyederhanaan peta wilayah :

Representasi Simbol	Ruang Publik
A	TPS Regol
B	Alun-Alun Regol
C	Taman Regol BBWS Citarum
D	Lapangan Tegallega
E	Gereja Katolik Santo Paulus
F	Baso Tulang Iga Sanguan
G	ITC Kebon Kalapa
H	Warung Nasi Ibu Imas
I	The Kings Shopping Centre
J	Masjid Raya Bandung
K	Alun-Alun Kota Bandung

Tabel 1. Representasi simbol ruang-ruang publik Kecamatan Regol

Penyederhanaan peta dibuat dengan bobot yang diberikan berdasarkan jarak antarwilayah dalam satuan meter. Informasi jarak antarwilayah diambil dari situs maps.google.com.



Gambar 4. Penyederhanaan peta ruang-ruang publik di Kecamatan Regol dengan bobot berupa jarak antarwilayah dalam satuan meter
Sumber : Dokumen pribadi

B. Implementasi Chinese Postman Problem untuk Membentuk Graf Euler dari Peta dengan Jarak Total Terpendek

Pencarian rute efektif membutuhkan struktur jalan yang membuat seluruh jalan yang ada dapat dilewati. Oleh karena itu, penggunaan metode penyelesaian *Chinese Postman Problem* merupakan hal yang tepat guna menemukan jarak efektif dari rute pengangkutan sampah yang menyeluruh.

Langkah awal penggunaan metode penyelesaian *Chinese Postman Problem* adalah menentukan derajat dari seluruh simpul yang ada. Kemudian, identifikasi jumlah simpul yang berderajat ganjil.

Simpul	Simpul yang Berhubungan	Derajat Simpul
A	B, D	2
B	A, C	2
C	B, E	2
D	A, E, I	3
E	C, D, F, H	4
F	E, H	2
G	H, I, J	3
H	E, F, G, K	4
I	D, G, J	3
J	G, I, K	3
K	H, J	2

Tabel 2. Informasi simpul-simpul yang berhubungan beserta derajat dari setiap simpul

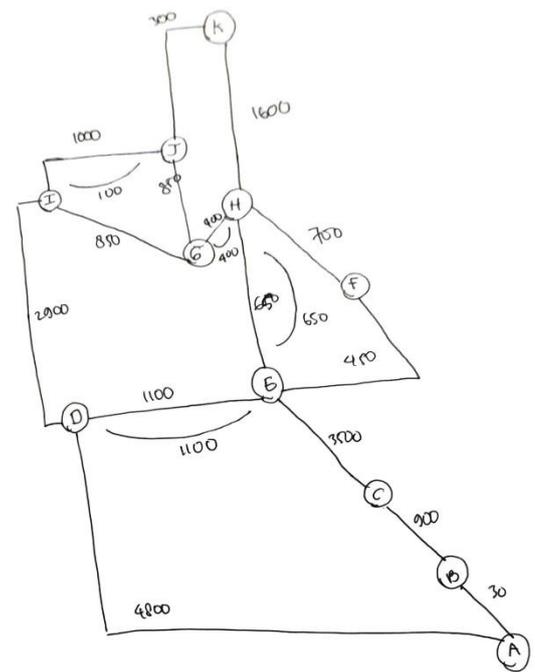
Dari tabel 2, didapatkan informasi jumlah simpul berderajat ganjil pada peta ruang publik Kecamatan Regol yaitu sebanyak

empat simpul. Simpul-simpul berderajat ganjil pada peta adalah simpul D, G, I, dan J. Kemudian, tinjau kemungkinan-kemungkinan penambahan lintasan dengan memasang tiap simpul berderajat ganjil dan mencari total jarak terpendek dari pemasangan tiap simpul berderajat ganjil.

No	Pasangan Simpul	Lintasan dengan Jarak Terpendek	Jarak Antarsimpul	Total Jarak Pasangan Simpul
1	DG	D-E-H-G	2150	3150
	IJ	I-J	1000	
2	DJ	D-E-H-G-J	3000	3850
	GI	G-I	850	
3	DI	D-I	2900	3750
	GJ	G-J	850	

Tabel 3. Kombinasi pasangan simpul berderajat ganjil

Dari tabel, didapatkan bahwa pasangan simpul DG dan IJ memberikan nilai total minimum. Maka, penambahan sisi dengan bobot yang sama dilakukan mengikuti simpul DG dan IJ pada graf peta ruang publik Kecamatan Regol untuk membentuk graf euler dengan jarak minimum pada graf tersebut.



Gambar 5. Graf Euler representasi peta lokasi ruang publik wilayah Kecamatan Regol

Peta ruang publik Kecamatan Regol telah dibentuk menjadi graf euler dengan mengimplementasikan metode penyelesaian *Chinese Postman Problem*.

C. Implementasi Algoritma Dijkstra untuk Membentuk Rute dengan Jarak Total Terpendek

Algoritma Dijkstra secara umum digunakan untuk menemukan lintasan terpendek dari suatu graf. Peneliti mencoba menerapkan algoritma djijkstra pada perencanaan pembentukan

rute pengangkutan sampah pada ruang-ruang publik di wilayah Kecamatan Regol.

Metode penyelesaian menggunakan algoritma djikstra dimulai dengan menentukan suatu simpul yang akan dijadikan simpul awalan. Kemudian, tinjau jarak antara simpul tersebut dengan simpul-simpul tetangganya. Masukkan data jarak ke dalam tabel. Dari data yang telah dihimpun, pilih simpul dengan jarak terpendek dari simpul yang sedang ditinjau untuk dijadikan simpul tujuan. Simpul-simpul yang telah dikunjungi selanjutnya tidak dapat dikunjungi lagi. Penandaan simpul yang telah dikunjungi dapat dilakukan dengan memberi tanda pada data jarak di tabel yang mewakili jarak simpul tujuan baru. Lakukan peninjauan simpul tetangga yang belum pernah dikunjungi pada pencarian simpul tujuan berikutnya. Langkah ini dilakukan berulang hingga mencapai node yang diharapkan. Berikut tabel penyelesaian pencarian rute dengan algoritma Dijkstra :

	Node (m)										
V	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0	30	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
B		30	930	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
C			930	∞	4430	∞	∞	∞	∞	∞	∞
E				5530	4430	4880	∞	∞	∞	∞	∞
F				∞	∞	4880	∞	5580	∞	∞	∞
H				∞	∞	∞	5980	5580	∞	∞	7180
G				∞	∞	∞	5980	∞	6830	6830	∞
I				9730	∞	∞	∞	∞	6830	7830	∞
J				∞	∞	∞	∞	∞	∞	7830	8130

Tabel 4. Penyelesaian dengan metode Algoritma Dijkstra menggunakan bantuan tabel

Penggunaan metode Algoritma Dijkstra ternyata tidak mencakupi seluruh wilayah yang menjadi tujuan pengangkutan sampah pada ruang-ruang publik di Kecamatan Regol. Simpul D pada graf tidak terjangkau oleh rute yang telah dirancang. Permasalahan ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti ketidakmampuan algoritma djikstra untuk kembali melewati simpul yang sama dan tujuan utama algoritma djikstra yang berfokus pada pencapaian tujuan akhir dengan rute tersingkat. Untuk tetap menemukan rute pengangkutan sampah yang optimal di wilayah Kecamatan Regol perlu ditambahkannya rute mengarah ke simpul D dan kembali lagi ke simpul A.

Berdasarkan data pada tabel penyelesaian dengan metode Algoritma Dijkstra, rute efektif pengangkutan sampah adalah A-B-C-E-F-H-G-I-J-K.

Dari simpul K, perlu ditinjau kembali pilihan-pilihan sisi yang akan mengantarkan rute ke simpul D. Pilihan-pilihan dengan melewati simpul seminimal mungkin antara lain :

1. K-H-E-D dengan total bobot 3.350
2. K-J-I-D dengan total bobot 4.200

Lintasan K-H-E-D memiliki total bobot yang lebih kecil dibanding K-J-I-D. Dari simpul D, rute akan kembali lagi ke simpul awal, yakni A. Maka, rute final adalah A-B-C-E-F-H-G-I-J-K-H-E-D-A dengan total jarak tempuh 8.130 m ditambah 3.350 m, yakni sejauh 11.420 m.

IV. KESIMPULAN

Lintasan untuk pengangkutan sampah di ruang publik Kecamatan Regol didapatkan dengan pola lintasan sebagai berikut :

TPS Regol – Alun-Alun Renggol – Taman Regol BBWS Citarum – Gereja Katolik Santo Paulus – Baso Tulang Iga Sanguan – Warung Nasi Ibu Imas – ITC Kebon Kalapa – The Kings Shopping Centre – Masjid Raya Bandung – Alun-Alun Kota Bandung – Warung Nasi Ibu Imas – Gereja Katolik Santo Paulus – Lapangan Tegallega – TPS Regol.

Rute pengangkutan sampah ini memiliki total jarak tempuh 11.420 m.

Algoritma Dijkstra cocok digunakan untuk kasus pencarian rute dengan tujuan mencari jarak rute tersingkat tanpa dibarengi tujuan melewati seluruh simpul graf. Algoritma Dijkstra kurang sesuai untuk pencarian rute terpendek yang dibarengi dengan tujuan dilewatinya seluruh simpul ataupun sisi suatu graf. Oleh karena itu, penggunaan algoritma djikstra pada penentuan rute pengangkutan sampah pada ruang publik yang tujuannya ingin seluruh ruang public dilewati oleh rute pengangkutan menjadi kurang tepat. Pemenuhan keperluan pencarian rute terpendek yang dibarengi tujuan melewati seluruh simpul graf sebaiknya menggunakan algoritma yang lebih sesuai.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan Syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan makalah berjudul “Penentuan Rute Efektif Pengangkutan Sampah pada Ruang Publik di Kecamatan Regol dengan Aplikasi Algoritma Dijkstra”. Tak lupa penulis ucapkan terima kasih dan rasa Syukur kepada :

1. Orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan terbaik kepada penulis dalam kondisi apapun
2. Keluarga penulis yang senantiasa memberikan dukungan moral yang sangat baik.
3. Ibu Nur Ulfa Maulidevi selaku dosen mata kuliah Matematika Diskrit yang selalu memberikan ilmu pengetahuan, inspirasi, dan bimbingan sehingga penulis bisa menyelesaikan makalah dan mendapat banyak pengetahuan baru satu semester ke belakang.
4. Teman-teman.
5. Kakak tingkat dan penulis-penulis yang telah bijak membagikan ilmunya.

REFERENSI

- [1] Rinaldi Munir. 2023. Graf (Bag.1). Diakses pada 8 Desember 2023 pukul 08.55 dari <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/19-Graf-Bagian1-2023.pdf>
- [2] Rinaldi Munir. 2023. Graf (Bag.3). Diakses pada 9 Desember 2023 pukul 19.38 dari <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2023-2024/21-Graf-Bagian3-2023.pdf>
- [3] Detik. 2023. Kota Bandung Masih Darurat Sampah. Diakses pada 9 Desember 2023 pukul 13.59 dari <https://www.detik.com/jabar/berita/d-7013615/kota-bandung-masih-darurat-sampah>
- [4] Detik. 2022. Timbulkan Kerumunan dan Tumpukan Sampah Alun-Alun Bandung Ditutup. Diakses pada 9 Desember 2023 pukul 14.17 <https://www.detik.com/jabar/berita/d-6065327/timbulkan-kerumunan-dan-tumpukan-sampah-alun-alun-bandung-ditutup>
- [5] Suffolkmaths. Projects Topology and Graph Theory Chinese Postman Problem. Diakses pada 11 Desember 2023 pukul 05.19 dari

<http://www.suffolkmaths.co.uk/pages/Maths%20Projects/Projects/Topology%20and%20Graph%20Theory/Chinese%20Postman%20Problem.pdf>

- [6] Navone, E. 2018. Dijkstra's Shortest Path Algorithm - A Detailed and Visual Introduction. Diakses pada 11 Desember 2023 pukul 21.19 dari <https://www.freecodecamp.org/news/dijkstras-shortest-path-algorithm-visual-introduction/>
- [7] Google Maps. 2023. Peta Kecamatan Regol. Diakses pada 11 Desember 2023 pukul 18.37 dari https://www.google.com/maps/place/Regol,+Bandung+City,+West+Java/@-6.9390595,107.5921258,14z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x2e68e88f77ec2307:0xdd83043bd53e6921!8m2!3d-6.9375914!4d107.6091286!16s%2F11b_2p0yfc?entry=ttu

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 11 Desember 2023



Andhita Naura Hariyanto
13522060