

Penerapan TSP pada Penentuan Rute Wahana dalam Taman Rekreasi

Gisela Supardi 13515009¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹13515009@std.stei.itb.ac.id; giselasupardi@gmail.com

Abstrak—Dewasa ini manusia cenderung memilih segala sesuatu yang instan. Karenanya, efisiensi menjadi hal yang penting dalam mengerjakan segala sesuatu. Saat berkunjung ke suatu taman rekreasi, umumnya orang ingin menaiki banyak wahana. Namun karena waktu yang terbatas akhirnya banyak wahana yang tidak dapat dinaiki. Andaikan urutan dalam mengunjungi wahana diatur sedemikian rupa maka akan dapat menghemat banyak waktu sehingga semakin banyak wahana yang dapat dinaiki. Dalam makalah ini akan dibahas mengenai pemanfaatan Travelling Salesman Problem sebagai suatu sarana untuk membuat kunjungan ke suatu taman rekreasi menjadi lebih efisien. Dengan membuat wahana sebagai simpul dan akses antar wahana sebagai sisi yang memiliki bobot sesuai jarak antar wahana, akan diperoleh suatu graf berbobot yang dapat digunakan TSP. Makalah ini mungkin dapat digunakan untuk memberi ide dalam pembuatan suatu aplikasi bidang pariwisata.

Keywords—graf berbobot, taman rekreasi, Travelling Salesman Problem, wahana.

I. PENDAHULUAN

Frank H. Knight pernah mengatakan, “Jangan pernah menyalahkan waktu yang dapat kamu gunakan untuk tidur.” Artinya adalah sebagai seorang manusia haruslah kita bekerja secara efisien dalam setiap aspek kehidupan kita. Hal tersebut tidak terkecuali saat kita berkunjung ke suatu taman rekreasi.

Umumnya dalam suatu taman rekreasi terdapat banyak wahana yang dapat dikunjungi. Sedangkan waktu yang tersedia untuk menaiki berbagai wahana itu terbatas sesuai jam operasional taman rekreasi tersebut. Untuk mengunjungi taman rekreasi tersebut di lain hari pun rasanya bukan pilihan yang tepat. Pasalnya, tidak dapat dipungkiri bahwa harga tiket masuk ke suatu taman rekreasi cukup mahal. Maka solusi yang dirasa paling baik adalah memaksimalkan kunjungan tersebut dengan memilih rute wahana secara efisien.

Sebenarnya ada banyak faktor yang perlu dipertimbangkan saat ingin memaksimalkan pemilihan rute wahana di taman rekreasi. Faktor-faktor tersebut antara lain panjang antrian wahana, jarak antar wahana, waktu yang diperlukan untuk memainkan suatu wahana tertentu, kepadatan suatu jalan, dan lain sebagainya. Namun dalam makalah ini penulis ingin memfokuskan

pada faktor jarak antar wahana saja.

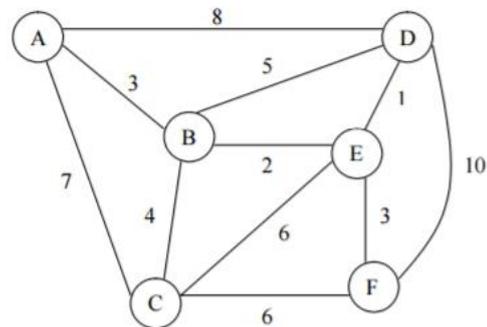
Travelling Salesman Problem dapat menjadi suatu solusi yang tepat untuk mencari rute wahana paling mangkus. TSP memastikan bahwa rute yang dipilih merupakan rute terpendek sehingga tidak perlu membuang-buang waktu saat berjalan dari suatu wahana ke wahana berikutnya.

II. LANDASAN TEORI

Dalam bab ini akan dipaparkan mengenai teori-teori yang berkaitan, yaitu graf berbobot, sirkuit Hamilton, dan Travelling Salesman Problem.

A. Graf Berbobot

Untuk menggunakan TSP, pertama-tama diperlukan graf berbobot yang tidak memiliki arah. Definisi dari graf berbobot sendiri adalah graf yang di setiap sisinya memiliki nilai tertentu. Nilai tersebut menyatakan hubungan antara kedua simpul. Nilai dapat berupa jarak, ongkos, waktu tempuh, dan lain sebagainya. Dalam graf berbobot, panjang suatu lintasan merupakan hasil penjumlahan semua nilai dari sisi yang dilalui.



Gambar 1: Ilustrasi graf berbobot

(Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20478/4/Chapter%20II.pdf>)

Suatu sisi pada graf berbobot tidak perlu digambarkan dengan skala panjang sesuai dengan bobot. Seperti contohnya pada gambar 1 sisi yang memiliki bobot 3 digambarkan sama panjangnya dengan sisi berbobot 1 dan sisi berbobot 8 tergambar lebih panjang dari yang berbobot 10.

B. Sirkuit Hamilton

Sirkuit Hamilton didefinisikan sebagai lintasan yang melalui tiap simpul dalam graf tepat satu kali dan kembali ke simpul asal sehingga berbentuk lintasan tertutup. Pengecualian untuk simpul asal yang boleh dilalui 2 kali karena merupakan simpul akhir juga. Istilah ini tercipta sejak Sir William Hamilton membuat permainan *dodecahedron* yang ditawarkannya ke pabrik alat mainan Dublin pada 1859.

Sayangnya untuk penentuan sirkuit Hamilton ini belum ditemukan syarat perlu yang sederhana. Hanya syarat cukup yang ditemukan yakni supaya graf sederhana G dengan $n (\geq 3)$ buah simpul adalah graf Hamilton, derajat tiap simpulnya paling sedikit $n/2$ ($d(v) \geq n/2$ untuk setiap simpul v di G).

C. Travelling Salesman Problem (TSP)

Persoalan TSP merupakan persoalan graf yang cukup populer. Permasalahan TSP ini dideskripsikan sebagai berikut: diberikan sejumlah kota dan jarak antar kota. Tentukan sirkuit terpendek yang harus dilalui oleh seorang pedagang bila pedagang itu berangkat dari sebuah kota asal dan menyinggahi setiap kota tepat satu kali dan kembali lagi ke kota asal keberangkatan.

TSP ini memanfaatkan representasi graf berbobot. Sesuai dengan deskripsi persoalan TSP di atas, graf berbobot dapat dibentuk dengan menjadikan kota sebagai simpul. Sementara itu sisi-sisinya merupakan jalan penghubung kedua kota dengan bobot yang menggambarkan jarak antara keduanya. TSP tidak lain merupakan persoalan untuk menentukan sirkuit Hamilton yang memiliki bobot minimum untuk suatu graf yang terhubung.

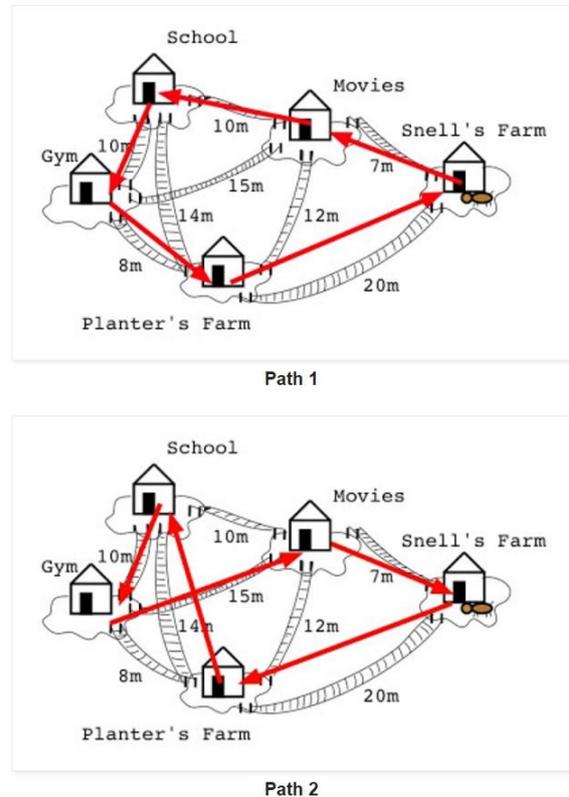
Meski namanya *travelling salesman*, namun cara yang sama dapat digunakan untuk berbagai persoalan dan bukan hanya untuk pedagang saja. Bobotnya pun tidak mesti selalu tentang jarak tetapi dapat disesuaikan dengan persoalan yang dihadapi. Intinya adalah memangkuskan suatu permasalahan agar didapat solusi trayek yang membutuhkan biaya, waktu, dan/atau tenaga yang paling sedikit.

Secara teoritis, persoalan TSP memiliki komputasi yang sukar tingkat kesulitannya. Pasalnya belum ada algoritma yang mangkus untuk memecahkan masalah TSP walau sudah banyak usaha yang telah dilakukan. Penyebabnya adalah suatu graf dapat menghasilkan sirkuit Hamilton yang lebih dari satu.

Jika ada suatu graf lengkap dengan n simpul dengan $n > 2$, untuk setiap pemilihan jalan ke simpul berikutnya terdapat m sisi yang dapat dipilih. Simbol m sendiri dapat didefinisikan sebagai $m = m-1$ dengan m awal = n . Dengan perhitungan seperti itu, maka akan ada satu sirkuit Hamilton yang terhitung 2 kali. Sehingga total keseluruhan jumlah sirkuit Hamilton yang dapat terbentuk dari graf lengkap tersebut adalah $(n-1)!/2$.

Namun hal ini bukan berarti bahwa TSP hanya dapat dijalankan pada graf lengkap. Perhitungan di atas hanya untuk menunjukkan kemungkinan banyaknya graf

Hamilton terburuk yang dapat dibentuk oleh suatu graf. Hal terpenting yang perlu ada dalam suatu graf agar dapat diimplementasikan problem TSP adalah graf tersebut harus mengandung setidaknya satu graf Hamilton, sehingga tidak perlu graf lengkap. Terlihat pada gambar 2 bahwa tidak ada jalan dari "School" menuju "Snell's Farm" atau sebaliknya namun graf tersebut memiliki setidaknya 2 graf Hamilton sehingga persoalan TSP dapat diimplementasikan untuk graf tersebut.



Gambar 2: Ilustrasi pembuktian adanya beberapa graf Hamilton untuk suatu graf yang sama. (Sumber: http://computationaltales.blogspot.co.id/2011_08_01_archive.html)

III. PEMBAHASAN

A. Konversi Peta Taman Rekreasi Menjadi Graf Berbobot

Seperti yang telah dijelaskan dalam dasar teori, implementasi TSP membutuhkan suatu graf berbobot. Karena itu, untuk menentukan rute wahana, peta taman rekreasi perlu terlebih dahulu dikonversi menjadi suatu graf berarah.

Sebelum mempelajari cara menciptakan graf berarah, perlu didefinisikan arti simpul, sisi, dan bobot graf untuk konteks permasalahan ini. Simpul-simpul pada graf dapat merepresentasikan wahana-wahana yang ada dalam taman bermain dan ingin dikunjungi. Kemudian sisi-sisi graf merupakan jalan penghubung antar wahana yang telah dijadikan simpul. Sedangkan bobot pada graf merupakan

jarak antar satu wahana dengan wahana yang lainnya. Graf yang terbentuk untuk konteks permasalahan ini mungkin bukan merupakan graf lengkap yang bukan merupakan suatu masalah asalkan masih merupakan graf terhubung dan dapat dibentuk graf Hamilton-nya.

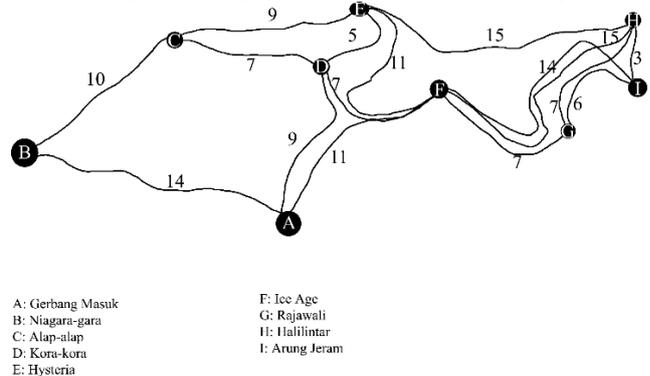
Berikut merupakan langkah-langkah agar dapat memperoleh suatu graf dari peta taman rekreasi dengan metode menggambar graf tersebut.

1. Tentukan wahana-wahana yang ingin dikunjungi.
 Dalam suatu taman rekreasi tentu ada banyak wahana. Hampir mustahil kita dapat menaiki semua wahana tersebut apalagi memperhitungkan antrian dan lain sebagainya. Lagipula pada umumnya seseorang tidak ada yang menyukai seluruh wahana. Karena itu perlu didaftar wahana-wahana yang ingin dinaiki saja dari daftar keseluruhan wahana yang ada pada taman rekreasi tersebut. Umumnya maksimal hanya sampai 9 wahana yang dapat dinaiki pada setiap kunjungan.
2. Bentuk simpul-simpul dari wahana tersebut dengan letak yang sesuai pada peta.
 Untuk melakukan hal ini dapat dilakukan dengan cara mencetak peta kemudian membuat simpul pada selembar kertas yang diletakkan di atas peta tersebut agar letaknya sama. Alternatif lain adalah dengan menggunakan aplikasi gambar berbasis vektor yang menyediakan fitur layer. Pastikan gerbang masuk juga menjadi salah satu simpul.
3. Beri nama atau kode nama untuk tiap simpul.
 Agar tidak kebingungan saat membaca ulang graf tersebut, beri label pada tiap simpulnya. Bisa berupa symbol huruf seperti pada gambar 1 yang kemudian diberi keterangan lagi atau langsung diberi nama seperti pada gambar 2.
4. Hubungkan simpul-simpul tersebut agar menjadi suatu graf terhubung.
 Melalui peta aslinya, perhatikan apakah ada jalan yang dapat menghubungkan antar 2 wahana. Sebaiknya langkah keempat dan kelima dilakukan bersamaan untuk tiap sisinya.
 Melalui peta aslinya, perhatikan apakah ada jalan yang dapat menghubungkan antar 2 wahana. Sebaiknya langkah keempat dan kelima dilakukan bersamaan untuk tiap sisinya.
5. Tentukan bobot pada tiap sisi.
 Peta suatu taman rekreasi seharusnya sudah dibuat sesuai dengan yang asli dengan skala tertentu. Tidak perlu dihitung jarak aslinya, cukup menggunakan skala dalam sentimeter saja.
6. Perbaiki bentuk dari graf tersebut.
 Langkah ini bersifat opsional. Digunakan untuk memperbaiki sisi-sisi yang mungkin meliuk-liuk mengikuti jalan.

Alternatif lain dari pembuatan graf adalah langsung membuat matriks ketetanggaannya saja tanpa perlu digambar. Namun disarankan untuk membuat gambar barulah matriks ketetanggaannya karena lebih mudah. Matriks ketetanggaan berguna saat nanti ingin dilakukan pengecekan menggunakan program yang didesain.

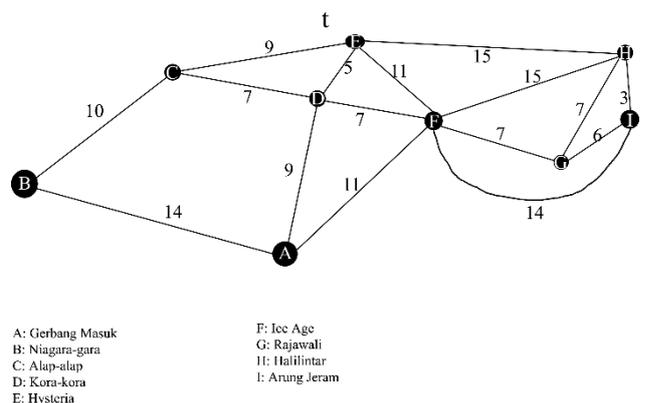
Berikut contoh hasil pembuatan graf dari peta Dunia Fantasi, Ancol, Jakarta. Ada pun wahana yang ingin dikunjungi dipilih secara acak sebagai contoh. Untuk peta

Dufan yang sebenarnya akan disertakan dalam lampiran.



Gambar 3: Wahana Dufan yang Ingin Dikunjungi dalam Bentuk Graf

Gambar 3 merupakan hasil dari pengerjaan langkah 1 hingga 5. Dapat dilihat bahwa Sisi yang terbentuk cukup membingungkan sehingga perlu disederhanakan lagi.



Gambar 4: Gambar 3 yang Sudah Disederhanakan

Akan dibuat juga dalam bentuk alternatifnya yaitu matriks ketetanggaan sebagai berikut.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	0	14	∞	9	∞	11	∞	∞	∞
B	14	0	10	∞	∞	∞	∞	∞	∞
C	∞	10	0	8	9	∞	∞	∞	∞
D	9	∞	8	0	5	7	∞	∞	∞
E	∞	∞	9	5	0	11	∞	15	∞
F	11	∞	∞	7	11	0	7	15	14
G	∞	∞	∞	∞	∞	7	0	10	6
H	∞	∞	∞	∞	15	15	10	0	3
I	∞	∞	∞	∞	∞	14	6	3	0

Gambar 5: Matriks Ketetanggaan dari Graf Wahana Dufan

B. Aplikasi TSP dalam Mencari Rute Paling Mangkus

Sesuai dengan referensi pada graf yang telah dibuat tadi, akan ditentukan cara menentukan rute wahana paling mangkus dari graf tersebut. Algoritma akan berjalan seperti berikut.

1. Mendaftarkan seluruh sirkuit Hamilton yang mungkin.
 Seperti yang telah dijelaskan di bab sebelumnya,

suatu graf bisa mengandung lebih dari 1 sirkuit Hamilton. Untuk mengetahui opsi rute mana saja yang memungkinkan, perlu dilakukan pendataan. Saat pendataan ini selain disimpan urutan simpulnya disimpan juga bobot dari sirkuit tersebut. Catatan penting, seluruh sirkuit Hamilton harus dimulai/diakhiri pada gerbang utama taman rekreasi tersebut.

- Memilih satu jalur yang terpendek dari seluruh sirkuit Hamilton.

Karena tadi sembari didata seluruh sirkuitnya bobotnya ikut dicatat, maka saat ini sudah dimiliki daftar bobot dari sirkuit Hamilton. Hanya perlu dicari mana bobot yang paling sedikit dari daftar sirkuit tersebut.

Dengan algoritma seperti ini kompleksitasnya memang cukup tinggi, sehingga dapat menyebabkan waktu pemrosesan yang lama untuk data yang besar. Tetapi seperti yang dijelaskan pada upabab sebelumnya, umumnya dalam sekali kedatangan, pengunjung hanya dapat memainkan kira-kira paling banyak 9 wahana terkait dengan antrian dan waktu permainan. Sehingga simpul yang terbentuk kira-kira maksimal ada 10 saja (ditambah dengan gerbang utama). Oleh karena itu seharusnya walaupun kompleksitasnya cukup besar, dalam permasalahan ini hal tersebut tidak terlalu menjadi masalah.

Melanjutkan dari data pada upabab sebelumnya, saat ini akan diberi contoh gambaran bagaimana algoritma TSP ini bekerja.

- Daftar sirkuit Hamilton
 - ADFGIHECBA
Bobot: 66
 - ADFIGHECBA
Bobot: 77
 - AFGIHEDCBA
Bobot: 64
 - AFIGHEDCBA
Bobot: 75

Hal lain yang perlu diperhatikan pada graf ini adalah karena graf merupakan graf tidak berbobot sehingga sirkuit Hamilton dapat berjalan dengan arah sebaliknya (bolak-balik).

- Jalur terpendek adalah AFIGHEDCBA atau ABCDEHGIFA dengan bobot 64.

IV. PENGEMBANGAN PENERAPAN TSP PADA RUTE WAHANA TAMAN BERMAIN

Seperti yang pernah dijelaskan sebelumnya pada bab pertama yaitu pendahuluan, sebenarnya ada banyak faktor yang menentukan pemaksimalan suatu rute. Apabila hanya ditinjau dari jarak kurang mencukupi karena harus melihat keadaan lapangan juga. Karena itu untuk ke depannya mungkin algoritmanya dapat ditambah dengan pohon keputusan juga yang dinamis.

Algoritma ini nantinya dapat digunakan sebagai aplikasi gawai yang dapat digunakan selama kunjungan ke taman

rekreasi tersebut. Pada beberapa taman rekreasi yang berada di luar Indonesia sudah mulai dikembangkan suatu aplikasi peta yang memuat informasi mengenai lama waktu mengantre yang diperlukan untuk menaiki suatu wahana. Informasi itu akan diperbaharui setiap beberapa menit sampai jam.



Gambar 6: Tampilan Aplikasi Gawai untuk Suatu Taman Rekreasi

(Sumber: <http://moicameleon.fr/sejour-a-disneyland-paris/>)

Dengan menggabungkan teknologi pada aplikasi yang sudah ada tersebut dengan algoritma baru, akan dapat ditentukan keputusan mengenai wahana mana yang sebaiknya dinaiki dahulu selanjutnya. Program seharusnya akan dapat memberikan saran wahana sesuai dengan jaraknya terhadap pengunjung tersebut serta lama antreannya.

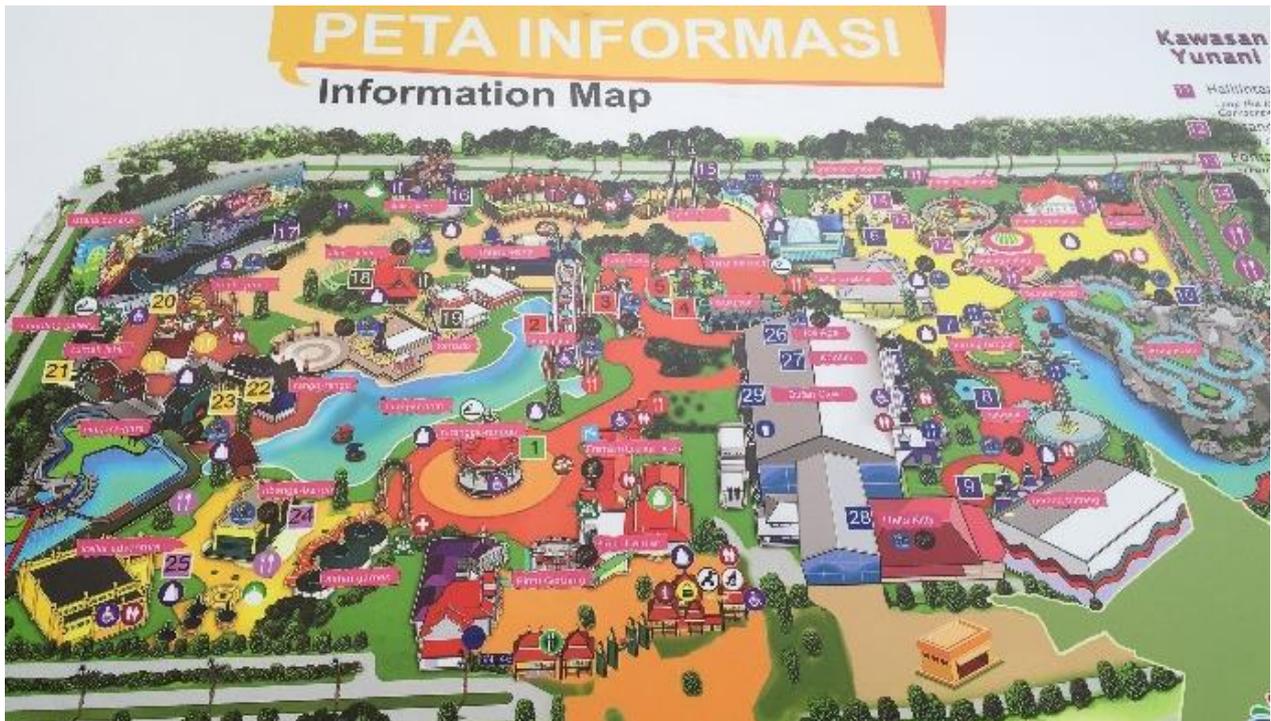
Menurut penulis, aplikasi ini cukup penting digunakan untuk meningkatkan kualitas pariwisata di Indonesia. Diharapkan aplikasi seperti ini akan mampu mengurangi kebiasaan menyerobot antrian yang seringkali dilakukan oleh masyarakat.

V. SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan dalam makalah ini, dapat ditarik simpulan bahwa *Travelling Salesman Problem* dapat digunakan dengan cukup efektif untuk permasalahan pemilihan rute wahana dalam suatu taman rekreasi. Karena meskipun algoritmanya memiliki kompleksitas yang tinggi, namun data yang diolah dalam permasalahan ini tidak terlalu banyak sehingga efisiensinya tidak terlalu terganggu. Namun untuk benar-benar memaksimalkan rute tersebut diperlukan kolaborasi algoritma. Program yang tercipta nantinya mungkin akan dapat digunakan untuk meniptakan suatu aplikasi yang dapat mendukung sektor pariwisata suatu daerah.

VI. LAMPIRAN

A. Lampiran peta Dunia Fantasi Ancol



Gambar 7: Lampiran Peta Dufan yang Digunakan dalam Membuat Graf

(Sumber: <http://www.bisnisfun.com/peta-dan-wahana-wahana-dalam-dufan-2016-2017/>)

VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa yang hanya karena berkat penyertaannyalah saya dapat menyelesaikan makalah ini. Kemudian tidak lupa saya mengucapkan terima kasih kepada dosen-dosen pengampu mata kuliah IF2120 Matematika Diskrit, yaitu Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, MT. beserta Ibu Dra. Harlili S., M.Sc., yang telah membimbing saya dalam belajar selama satu semester ini dan memungkinkan saya untuk membuat makalah ini. Selanjutnya ucapan terima kasih juga ingin saya sampaikan kepada kedua orang tua saya yang telah mendukung perkuliahan saya selama ini. Terakhir, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada teman-teman Teknik Informatika 2015 terkhusus kepada Andika Kusuma, Ferdinandus Richard, Kanisius Kenneth Halim, Reinaldo Ignatius Wijaya, dan Aditya Pratama yang telah memberi dukungan baik secara moral maupun social sehingga makalah ini dapat saya selesaikan tepat pada waktunya.

REFERENSI

- [1] <http://apriyatiwen.blogspot.co.id/2013/04/graph-berbobot.html>. Diakses pada tanggal 8 Desember 2016.
- [2] <http://mursids.blogspot.co.id/2011/03/graf-berbobot.html>. Diakses pada tanggal 8 Desember 2016.
- [3] Munir, Rinaldi. 2006. Diktat Kuliah IF2120 Matematika Diskrit. Bandung : Institut Teknolgi Bandung.

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, 9 Desember 2016

ttd

Gisela Supardi
13515009