

Pemanfaatan Algoritma Prim untuk Menentukan Jarak Rute Efektif Perjalanan Wisata di Gorontalo

Muhammad Raihan Iqbal 13518134
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13518134@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Jika kita ingin mengunjungi sebuah daerah, tentu kita juga memiliki keinginan untuk mengunjungi berbagai lokasi wisata yang ada di daerah tersebut. Namun, waktu yang kita miliki terbatas. Oleh karena itu, kita perlu membuat perencanaan mengenai waktu yang tersedia serta rute dari objek-objek wisata tersebut. Melalui makalah ini, kita akan membahas mengenai cara mencapai objek-objek wisata tersebut melalui rute terpendek sehingga perjalanan akan memakan waktu minimum. Algoritma yang digunakan adalah algoritma Prim.

Kata Kunci—objek wisata, Gorontalo, teori graf, algoritma Prim.

I. PENDAHULUAN

Pariwisata merupakan salah satu poin penting yang dimiliki oleh Indonesia. Banyak objek wisata di Indonesia yang sudah terkenal di mata dunia, seperti Candi Borobudur di Magelang, Pantai Kuta di Bali, Objek Wisata dan Taman Nasional Pulau Komodo di Nusa Tenggara Timur, dan Kepulauan Raja Ampat di Papua. Selain ketiga lokasi wisata, tentu masih banyak lagi daerah di Indonesia yang memiliki beragam objek wisata, salah satunya yaitu Gorontalo.

Provinsi Gorontalo berada di bagian utara Pulau Sulawesi yang merupakan salah satu dari lima pulau terbesar di Indonesia. Banyak sekali objek wisata yang ditawarkan untuk dinikmati oleh wisatawan, terutama di bidang maritim. Gorontalo yang diapit oleh lautan di bagian utara dan selatan membuat banyak objek wisata yang berorientasi di bidang maritim. Beberapa objek wisata yang terkenal yaitu Pulau Saronde, Taman Wisata Laut Olele, Pulo Cinta, hingga Pusat Kerajinan Karawo yang merupakan karya khas Gorontalo. Jika anda merupakan wisatawan yang berkunjung ke Gorontalo dengan waktu yang terbatas, tentu anda tidak ingin melewatkan berbagai objek wisata yang patut dikunjungi disana. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan mengenai alokasi waktu yang tersedia serta jarak yang harus ditempuh untuk mencapai seluruh objek wisata tersebut.

II. TEORI GRAF

Graf merupakan gabungan dari himpunan objek-objek diskrit dan himpunan bagian-bagian yang menghubungkan objek-objek tersebut. Secara matematis ditulis:

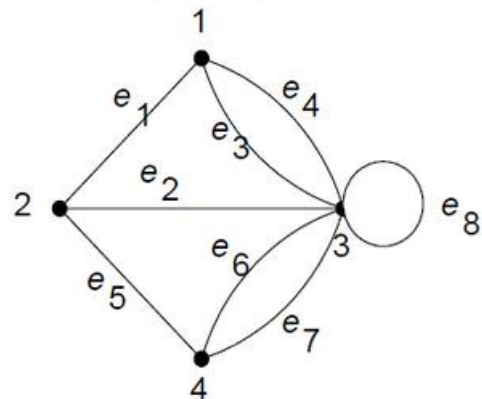
$$G = (V, E)$$

Dengan

G = Graf

V = Himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (vertices)
 $= \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

E = Himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul
 $= \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$



Gambar 1. Contoh graf

(sumber: <https://lmsspada.ristekdikti.go.id/mod/resource/view.php?id=47638>)

Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, maka graf digolongkan menjadi dua jenis:

- Graf sederhana (*simple graph*), yaitu graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda.
- Graf tak-sederhana (*unsimple graph*), yaitu graf yang mengandung sisi ganda atau gelang

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka secara umum graf dibedakan atas 2 jenis:

- Graf tak berarah (*undirected graph*), yaitu graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah
- Graf berarah (*directed graph* atau *digraph*), yaitu graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah

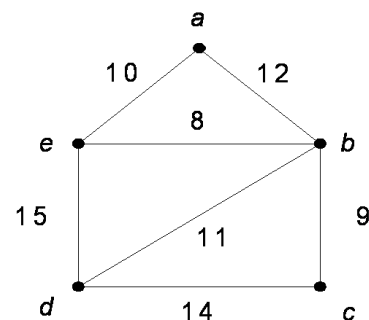
Gambar 1 merupakan contoh dari graf tak sederhana karena graf tersebut mengandung sisi ganda dan gelang. Lalu, graf tersebut merupakan sebuah graf tak berarah karena sisi-sisinya tidak mempunyai orientasi arah. Graf dapat diterapkan ke dalam berbagai macam hal. Beberapa contoh yang dapat kita ketahui yaitu:

- Pembuatan rangkaian listrik. Komponen-komponen yang terpisah-pisah dihubungkan satu sama lain dengan menggunakan teori dari graf.
- Isomer senyawa kimia karbon. Atom-atom yang ada dihubungkan satu dengan atom yang lain dengan ikatan kimia sehingga membentuk suatu senyawa. Atom-atom yang ada merupakan simpul dari graf sedangkan ikatan kimia yang menghubungkan atom-atom tersebut merupakan sisi dari graf.
- Jaring-jaring makanan. Masing-masing hewan yang terdapat di dalam jaring-jaring makanan merupakan simpul graf sedangkan penghubung antara pemangsa dan yang dimangsa merupakan sisi graf.
- Pengujian kebenaran program. Bagian-bagian dari program yang diuji adalah simpul graf sedangkan penghubung antara bagian-bagian program tersebut adalah sisi graf.
- Pemodelan *vending machine*. Mesin penjaja makanan dan/atau minuman ini memerlukan proses yang dihubungkan oleh sisi-sisi seperti dalam graf untuk membaca nilai total dari uang yang telah dimasukkan. Jika nilai total uang yang dimasukkan belum memenuhi batas yang diperlukan untuk membeli minuman tersebut, mesin masih akan mengulangi proses meminta pembeli untuk memasukkan uang sampai batas yang ditentukan tercapai. Setelah batas uang tercapai, barulah mesin selanjutnya meminta input minuman yang akan dibeli.

Terdapat beberapa terminologi yang digunakan dalam graf, yaitu:

- Ketetanggaan (*adjacent*). Dua buah simpul dikatakan bertetangga apabila kedua terhubung secara langsung.
- Bersisian (*incidency*). Suatu sisi dikatakan bersisian dengan suatu simpul apabila sisi tersebut terhubung secara langsung dengan simpul tersebut.
- Simpul terpencil (*isolated vertex*), yaitu simpul yang tidak memiliki sisi yang bersisian dengannya.

- Graf kosong (*null graph* atau *empty graph*), yaitu graf yang himpunan sisinya merupakan sebuah himpunan kosong.
- Derajat (*degree*). Derajat suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.
- Lintasan (*path*) adalah barisan berselang-seling antara simpul dan sisi.
- Siklus (*cycle*) atau sirkuit (*circuit*) yaitu lintasan yang berakhir di simpul yang sama.
- Terhubung (*connected*). Dua buah simpul v_1 dan simpul v_2 disebut terhubung jika terdapat lintasan dari v_1 ke v_2 . G disebut graf terhubung (*connected graph*) jika untuk setiap pasang simpul v_i dan v_j dalam himpunan V terdapat lintasan dari v_i ke v_j . Jika tidak, maka G disebut graf tak terhubung (*disconnected graph*).
- Upagraf (*subgraph*) dan Komplemen Upagraf. Misalkan $G = (V, E)$ adalah sebuah graf. $G_1 = (V_1, E_1)$ adalah upagraf dari G jika V_1 adalah elemen dari V dan E_1 adalah elemen dari E . Komplemen dari upagraf G_1 terhadap graf G adalah graf $G_2 = (V_2, E_2)$ sedemikian sehingga $E_2 = E - E_1$ dan V_2 adalah himpunan simpul yang anggota-anggota E_2 bersisian dengannya.
- Upagraf Rentang (*spanning subgraph*). Upagraf $G_1 = (V_1, E_1)$ dari $G = (V, E)$ dikatakan upagraf rentang jika $V_1 = V$ (yaitu G_1 mengandung semua simpul dari G).
- Cut-set*. *Cut-set* dari graf terhubung G adalah himpunan sisi yang bila dibuang dari G menyebabkan G tidak terhubung. Jadi, *cut-set* selalu menghasilkan dua buah komponen.
- Graf berbobot (*weighted graph*), yaitu graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga (bobot). [1]



Gambar 2. Contoh graf berbobot (sumber: <http://sha-essa.blogspot.com/2011/12/>)

Pada makalah ini, graf yang akan kita gunakan adalah graf berbobot yang akan disusun rutenya menjadi rute terpendek dengan menggunakan algoritma Prim.

III. ALGORITMA PRIM

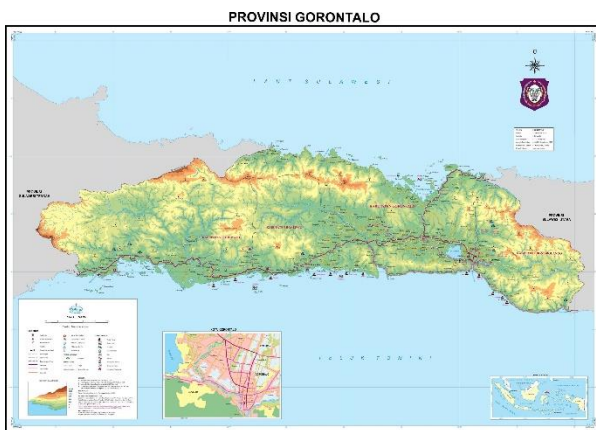
Algoritma Prim adalah sebuah algoritma dalam teori graf untuk mencari pohon rentang minimum untuk sebuah graf berbobot yang saling terhubung. Ini berarti bahwa sebuah himpunan bagian dari sisi yang membentuk suatu pohon yang mengandung simpul, di mana bobot keseluruhan dari semua sisi dalam pohon diminimalisasi sehingga akan menghasilkan pohon dengan bobot minimum. Bila graf tersebut tidak terhubung, maka graf itu hanya memiliki satu pohon rentang minimum untuk satu dari komponen yang terhubung. [2]

Berikut ini adalah langkah-langkah dari algoritma Prim:

- a. Ambil sisi dari graf G yang berbobot minimum, lalu masukkan ke dalam T .
- b. Pilih sisi (u, v) yang mempunyai bobot minimum dan bersisian dengan simpul di T tetapi (u, v) tidak membentuk sirkuit di T . Setelah itu, masukkan (u, v) ke dalam T .
- c. Ulangi langkah b sebanyak $n-2$ kali. [3]

Setelah terbentuk pohon merentang minimum, kita menghitung total dari bobot sisi-sisi yang tersisa. Pada makalah, bobot total hasil penggunaan algoritma Prim merupakan rute terpendek yang dapat dilalui oleh wisatawan.

IV. PROVINSI GORONTALO



Gambar 3. Peta Provinsi Gorontalo
(sumber:

https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj58KS9n5_mAhWPe30KHZuOA9MQMwhRKAMwAw&url=https%3A%2F%2Fpeta-kota.blogspot.com%2F2011%2F06%2Fpeta-provinsi-gorontalo.html&psig=AQvVaw3O3ofBLwtsKRmJ7Y9tiKD7&ust=1575660653244252&ictx=3&uact=3)

Sebelum kemerdekaan Republik Indonesia, rakyat Gorontalo dipelopori oleh Bapak H. Nani Wartabone berjuang dan merdeka pada tanggal 23 Januari 1942. Selama kurang lebih dua tahun yaitu sampai tahun 1944 wilayah Gorontalo berdaulat dengan pemerintahan sendiri. Terinspirasi oleh semangat Hari Patriotik 23 Januari 1942, maka pada tanggal dan bulan yang sama pada tahun 2000, rakyat Gorontalo yang diwakili oleh Dr. Ir. Nelson Pomalingo, M.Pd. ditemani oleh Natsir Mooduto sebagai ketua Panitia Persiapan Pembentukan Provinsi Gorontalo Tomini Raya (P4GTR) serta sejumlah aktivis, atas nama seluruh rakyat Gorontalo mendeklarasikan berdirinya Provinsi Gorontalo yang terdiri dari Kabupaten Gorontalo dan Kota Gorontalo terlepas dari Sulawesi Utara. Sebagaimana tercantum dalam Undang-undang No. 10 tahun 1964 yang isinya adalah bahwa Kabupaten Gorontalo dan Kota Gorontalo merupakan wilayah administrasi dari Provinsi Sulawesi Utara. Setahun kemudian, tepatnya tanggal 16 Februari 2001, Tursandi Alwi sebagai Penjabat Gubernur Gorontalo dilantik. [4]

Wilayah Provinsi Gorontalo yang pada zaman kolonial Belanda dikenal dengan sebutan "Semenanjung Gorontalo" (*Gorontalo Peninsula*) terletak pada bagian utara Pulau Sulawesi, tepatnya pada $0^{\circ} 19' 00'' - 1^{\circ} 57' 00''$ LU (Lintang Utara) dan $121^{\circ} 23' 00'' - 125^{\circ} 14' 00''$ BT (Bujur Timur). Luas wilayah provinsi ini 12.435,00 km² dengan jumlah penduduk sebanyak 1.133.237 jiwa (2016), dengan tingkat kepadatan penduduk 88 jiwa/km². Ibukota Provinsi Gorontalo adalah Kota Gorontalo (sering disebut juga Kota Hulontalo) yang terkenal pula dengan julukan "Kota Serambi Madinah".

Suhu udara di suatu tempat antara lain ditentukan oleh tinggi rendahnya tempat tersebut dari permukaan laut dan jaraknya dari pantai. Dengan kondisi wilayah Provinsi Gorontalo yang letaknya di dekat garis khatulistiwa, menjadikan daerah ini mempunyai suhu udara yang cukup panas. Suhu minimum terjadi di bulan Agustus yaitu 23,3 °C. Sedangkan suhu maksimum terjadi di bulan Oktober dengan 33,4 °C. Jadi selama setahun suhu udara rata-rata Provinsi Gorontalo berkisar antara 26,6 – 28,0 °C.

Provinsi Gorontalo memiliki kelembaban udara yang relatif tinggi, rata-rata kelembaban udara tertinggi pada tahun 2017 terjadi pada bulan Januari dengan kelembaban mencapai 85,0 persen. Sedangkan untuk curah hujan tertinggi terdapat di bulan Juni yaitu 253 mm dan jumlah hari hujan terbanyak terjadi pada bulan Januari dan Mei sebanyak 22 hari. Rata-rata kecepatan angin pada tahun 2017 yang tercatat oleh stasiun Meteorologi umumnya merata untuk setiap bulannya yaitu berkisar antara 2 - 3 knot. [5]

Provinsi Gorontalo memiliki budaya yang sangat beragam, begitu pula dengan objek wisata yang dimilikinya. Berikut ini adalah beberapa objek wisata yang ada di daerah Provinsi Gorontalo:

- a. Pulau Cinta Gorontalo

Pulau ini merupakan objek wisata bahari yang menyuguhkan pemandangan alam berupa laut lepas yang bening, jernih dan asri. Dilihat sekilas, pulau ini mirip dengan wisata pantai yang ada di Maldives, yang mana para pengunjungnya dapat menginap di bangunan villa yang didirikan diatas laut. Secara keseluruhan, pulau ini memiliki ukuran yang sangat kecil. Bentuk pulauanya sendiri mirip dengan bentuk

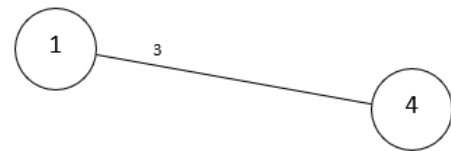
hati. Oleh karena itu, pulau ini dinamakan Pulau Cinta.

b. Taman Wisata Laut Olele

Taman Wisata Laut ini merupakan salah satu destinasi wisata wajib yang harus anda kunjungi ketika singgah di Gorontalo. Di tempat ini, anda dapat menikmati berbagai macam jenis biota laut yang luar biasa eksotis. Tempat ini sangat cocok bagi pecinta olah raga *diving* dan *snorkeling*.

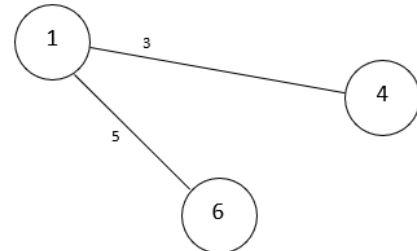
c. Benteng Otanaha

Benteng ini didirikan dengan menggunakan komposisi batu kapur dan pasir, lalu dicampur dengan telur burung maleo sebagai perekatnya. Benteng ini memiliki pesona yang luar biasa. Begitu melihat benteng ini, akan terbayang bagaimana megahnya arsitektur benteng ini pada zaman dahulu yang begitu indah dan megah. Lokasi benteng yang berada di atas bukit membuat kita dapat menyaksikan pemandangan yang menakjubkan dari ketinggian. [6]



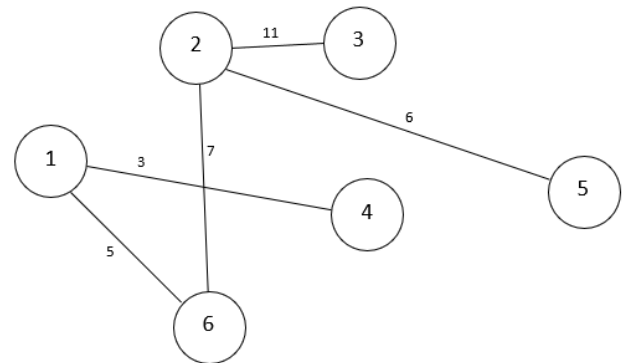
Gambar 5. Graf G dengan sisi berbobot 3 (sumber: dokumen penulis)

Setelah itu, kita mencari sisi dengan bobot kecil yang berhubungan dengan simpul-simpul yang berhubungan dengan sisi awal tadi. Setelah didapat, tambahkan sisi tersebut ke sisi awal tadi.



Gambar 6. Kondisi graf G setelah penambahan sisi (sumber: dokumen penulis)

Lakukan langkah di atas hingga seluruh simpul pada Graf G telah masuk ke dalam graf yang telah diminimalisasi. Hasil akhir graf G yang telah diminimalisasi adalah sebagai berikut:

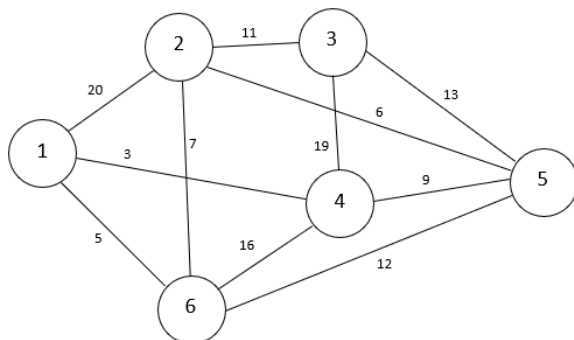


Gambar 7. Graf G yang telah diminimalisasi (sumber: dokumen penulis)

V. PEMBAHASAN

A. Pemanfaatan Algoritma Prim untuk Menentukan Jarak Rute Objek Pariwisata

Algoritma Prim sangat berguna untuk menentukan bobot minimum dari suatu graf. Dengan kata lain, kita bisa mencari total jarak terkecil dengan menggunakan algoritma ini. Misalkan terdapat sebuah graf G sebagai berikut:

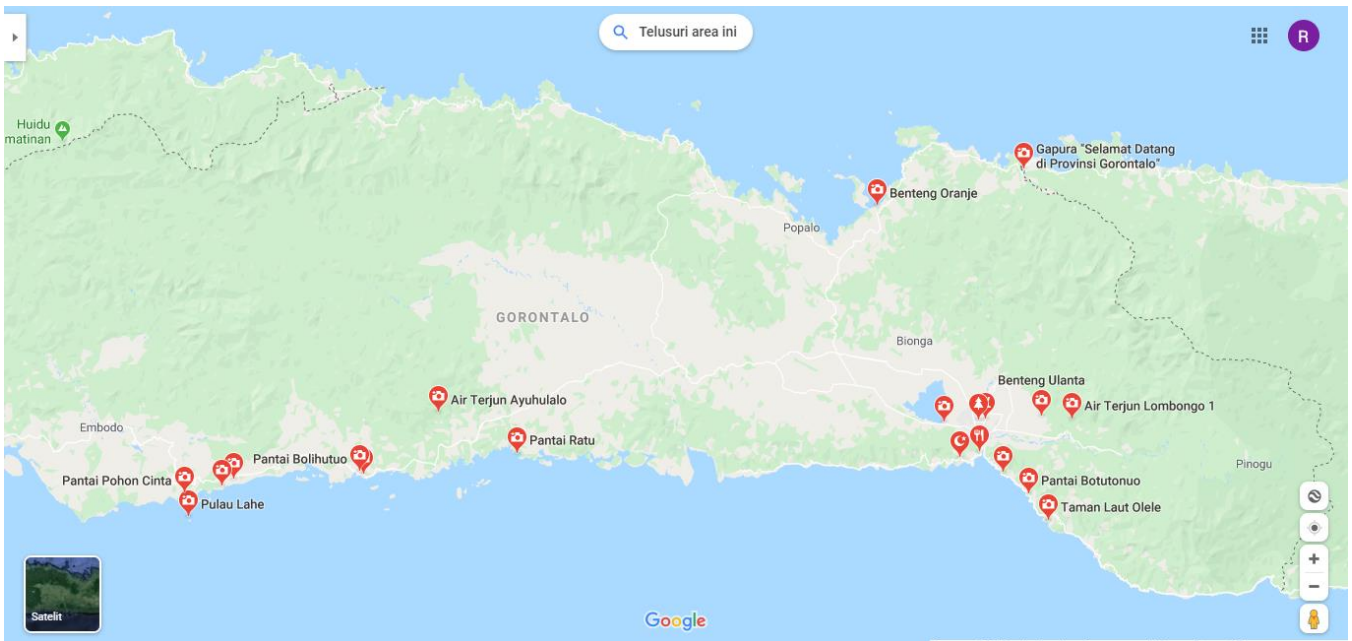


Gambar 4. Graf G (sumber: dokumen penulis)

Langkah pertama yang harus kita lakukan adalah mengambil sisi graf yang memiliki bobot paling minimum. Dapat dilihat dari graf tersebut bahwa sisi dengan bobot paling minimum yaitu sisi dengan bobot 3. Oleh karena itu, kita ambil sisi dengan bobot 3 sebagai sisi awalan.

B. Menentukan Jarak Rute Pariwisata Efektif di Gorontalo dengan Menggunakan Algoritma Prim

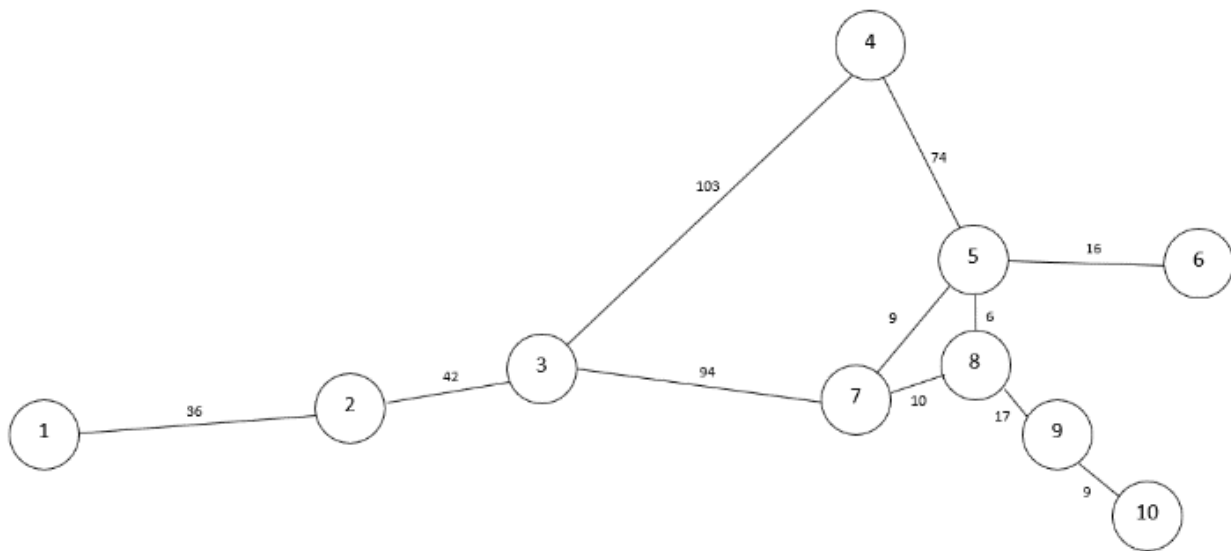
Provinsi Gorontalo merupakan sebuah daerah dengan berbagai macam destinasi wisata menarik yang tentunya patut untuk dikunjungi. Objek wisata yang ditawarkan tidak hanya berupa objek wisata alam, namun juga terdapat objek wisata buatan. Destinasi-destinasi wisata tersebut dapat dilihat pada tangkapan layar dibawah ini:



Gambar 8. Peta wisata Provinsi Gorontalo

(sumber: <https://www.google.co.id/maps/search/wisata+provinsi+gorontalo/@0.6824485,122.6333607,10z>)

Dikarenakan adanya beberapa tempat yang berdekatan, penulis memutuskan untuk menggabungkan destinasi-destinasi wisata yang berdekatan menjadi satu. Graf yang terbentuk dari kumpulan destinasi wisata di Gorontalo adalah sebagai berikut:



Gambar 9. Graf peta objek wisata di Gorontalo
(sumber: dokumen penulis)

Simpul 9 : Pantai Bototonuo
Simpul 10 : Objek Wisata Laut Olele

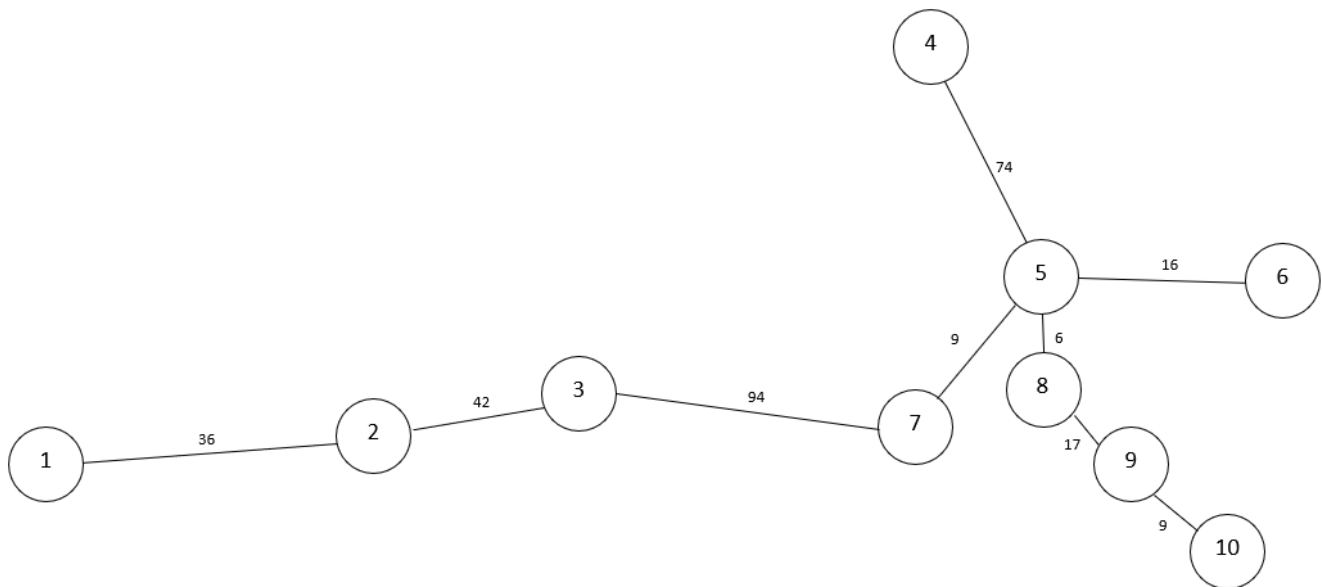
Keterangan:

- Simpul 1 : Pulau Cinta
- Simpul 2 : Pantai Bolihutuo
- Simpul 3 : Pantai Ratu
- Simpul 4 : Benteng Oranje
- Simpul 5 : Monumen Nani Wartabone
- Simpul 6 : Air Terjun Lombongo
- Simpul 7 : Benteng Otanaha
- Simpul 8 : Tangga 2000

Untuk menentukan jarak rute minimum untuk perjalanan wisata, algoritma yang akan digunakan adalah algoritma Prim. Algoritma ini mengubah graf menjadi pohon terentang dengan bobot minimum.

Sebagai awalan, yang perlu dilakukan pertama adalah mencari sisi dengan bobot paling kecil untuk dijadikan sisi acuan awal. Melalui graf di atas, terlihat bahwa sisi dengan bobot paling ringan adalah sisi dengan bobot sebesar 6 (enam). Setelah berhasil mengidentifikasi sisi dengan bobot paling kecil,

yang harus dilakukan selanjutnya yaitu memilih sisi dengan bobot minimum dan berhubungan dengan simpul yang terkait dengan sisi awal tadi. Lakukan cara ini hingga seluruh titik simpul telah muncul pada graf yang telah diminimalisasi.



Gambar 10. Graf peta objek wisata di Gorontalo yang telah diminimalisasi (sumber: dokumen penulis)

Setelah graf peta berhasil diminimalisasi, pengaturan rute agar efektif menjadi lebih cepat dilakukan.

VI. KESIMPULAN

Pembuatan rute perjalanan yang efektif dapat dilakukan dengan lebih mudah menggunakan algoritma Prim. Rute perjalanan yang dimaksud adalah untuk mengunjungi seluruh objek wisata dengan jumlah waktu yang paling singkat. Dengan hasil yang didapatkan dari pembahasan diatas, pembaca dapat menggunakan cara ini sehingga apabila ingin berkeliling di suatu daerah biaya dan waktu yang dikeluarkan akan menjadi lebih sedikit.

VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan makalah ini tepat waktu. Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Bu Harlili selaku pengajar mata kuliah Matematika Diskrit yang telah membantu penulis untuk memahami materi yang dijadikan sebagai bahan ajuan dalam pembuatan makalah ini. Tak lupa pula penulis ucapkan terima kasih kepada rekan-rekan yang telah berkontribusi dalam membantu penyelesaian makalah ini.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi. 2015. Slide presentasi materi Graf. [http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Graf%20\(2015\).pdf](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Graf%20(2015).pdf) (diakses tanggal 5 Desember 2019)
- [2] <http://student.blog.dinus.ac.id/jonathanph/2019/01/01/algorithm-prim/> (diakses tanggal 6 Desember 2019)
- [3] Munir, Rinaldi. 2013. Slide presentasi materi Pohon. [http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2013-2014/Pohon%20\(2013\).pdf](http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2013-2014/Pohon%20(2013).pdf) (diakses tanggal 5 Desember 2019)
- [4] <https://www.gorontaloprov.go.id/profil/sejarah> (diakses tanggal 6 Desember 2019)
- [5] <https://www.gorontaloprov.go.id/profil/wilayah-geografis> (diakses tanggal 6 Desember 2019)
- [6] <https://tempatwisataseru.com/tempat-wisata-di-gorontalo/> (diakses tanggal 6 Desember 2019)

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, 6 Desember 2019

Muhammad Raihan Iqbal 13518134