

Aplikasi Pohon Merentang Minimum Dalam Perencanaan Rute Perjalanan Destinasi Wisata Internasional di Sumatera Utara

Austin Gabriel Pardosi - 13521084¹
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
¹13521084@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Sumatera Utara memiliki kekayaan alam yang berlimpah dan indah yang mampu untuk meningkatkan industri pariwisatanya. Indonesia sendiri memiliki Lima Destinasi Super Prioritas (5 DSP), dimana Sumatera Utara termasuk salah satunya. Sumatera Utara memiliki potensi dan daya tarik wisata yang besar, tetapi memerlukan beberapa pengembangan untuk meningkatkan kualitas sumber dayanya, salah satunya peningkatan efektivitas dalam perencanaan rute darat perjalanan wisata. Perencanaan rute ini dapat diaplikasikan dalam pohon merentang minimum dengan pendekatan Algoritma Prim. Rute perjalanan yang terpendek ini diharapkan mampu memberikan efisiensi, baik dari segi biaya perjalanan, ataupun segi waktu perjalanan yang tercepat.

Kata Kunci—Perencanaan rute perjalanan, Algoritma Prim, Pohon Merentang Minimum, Sumatera Utara.

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sumatera Utara pada Juni 2022, diketahui total wisatawan mancanegara mencapai 9.531 orang, yaitu meningkat 4787.69 persen dibandingkan tahun 2021. Beberapa negara terbanyak wisatawan mancanegaranya diantaranya: Malaysia, Singapura, Australia, Amerika Serikat, Jerman, India, Inggris, Belanda, Denmark, Perancis. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan kunjungan wisatawan mancanegara Indonesia pasca Covid19 meningkat drastis.

Provinsi Sumatera Utara memiliki beberapa destinasi wisata alam yang terkenal dan sangat layak untuk di eksplorasi. Diantaranya ada Hutan Bukit Lawang, Dataran Tinggi Berastagi, Gunung Sibayak, Air Terjun Sipiso-piso, dan yang utama adalah Danau Toba. Danau Toba kini menjadi ikon baru pariwisata Indonesia berbasis keindahan alam yang sedang diperjuangkan sebagai destinasi wisata internasional. Danau Kawah terbesar, dimana merupakan salah satu keajaiban dunia yang menakjubkan yang memiliki sebuah pulau di tengah-tengah danau.

Namun, perlu diketahui bahwa akses perjalanan wisata alam di Sumatera Utara masih belum optimal, terkait masih sedikitnya system tour-guide yang ada. Untuk itu diperlukan optimalisasi terkait perjalanan kendaraan darat untuk menjalani berbagai keindahan alam yang ada di Sumatera Utara.



Gambar 1 Danau Toba sebagai objek wisata utama Sumatera Utara

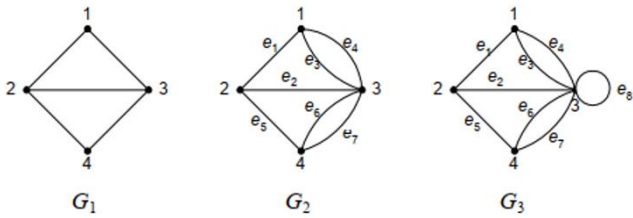
Sumber: <https://sumut.inews.id/berita/10-tempat-wisata-di-sumatera-utara>

II. DASAR TEORI

A. Graf

Graf adalah struktur diskrit yang terdiri atas sekumpulan simpul (vertices / nodes) dan sekumpulan sisi (edges) yang menghubungkan simpul-simpul. Graf biasa ditulis dengan notasi $G = (V, E)$, yang mana V adalah himpunan tidak kosong dari simpul, dan E adalah himpunan sisi.

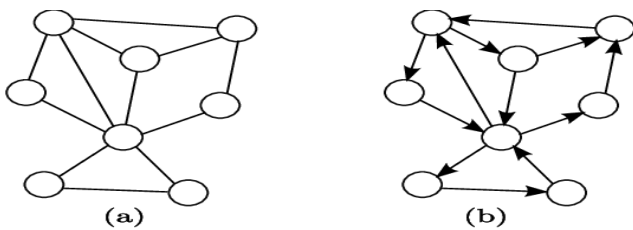
Berdasarkan ada atau tidak adanya sisi ganda (gelang) pada graf, graf dapat digolongkan menjadi dua, yaitu graf sederhana dan graf tak-sederhana. Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung gelang ataupun sisi ganda. Graf tak-sederhana adalah graf yang mengandung sisi ganda (gelang). Graf tak-sederhana juga dapat digolongkan menjadi dua yaitu graf ganda dan graf semu. Graf ganda adalah graf yang mengandung sisi ganda, sedangkan graf semu adalah graf yang mengandung gelang.



Gambar 2. Graf Sederhana, Graf Ganda, Graf Semu

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>

Berdasarkan orientasi arah pada sisi graf, graf dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu graf tak-berarah dan graf berarah. Graf tak-berarah merupakan graf yang tidak mempunyai orientasi arah pada sisi-sisinya. Graf berarah merupakan graf yang mempunyai orientasi arah pada sisi-sisinya.



Gambar 3 (a) Graf Tak-Berarah (b) Graf Berarah

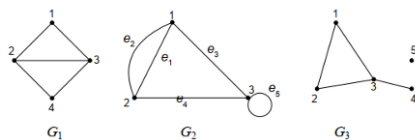
Sumber: https://www.researchgate.net/figure/a-An-example-of-undirected-graph-and-b-an-example-of-directed-graph_fig3_50591619

B. Terminologi Graf

1. Adjacent (Ketetanggaan)

Dua simpul yang dihubungkan sisi disebut bertetangga.

Tinjau graf G_1 : simpul 1 bertetangga dengan simpul 2 dan 3, simpul 1 tidak bertetangga dengan simpul 4.



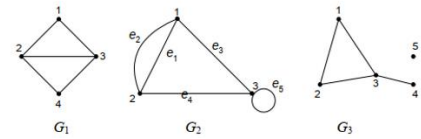
Gambar 4 Graf Ketetanggaan

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>

2. Incidency (Bersisian)

Sebuah simpul dinyatakan incident dengan semua sisi yang menghubungkan simpul tersebut dengan simpul lainnya.

Tinjau graf G_1 : sisi (2, 3) bersisian dengan simpul 2 dan simpul 3, sisi (2, 4) bersisian dengan simpul 2 dan simpul 4, tetapi sisi (1, 2) tidak bersisian dengan simpul 4.



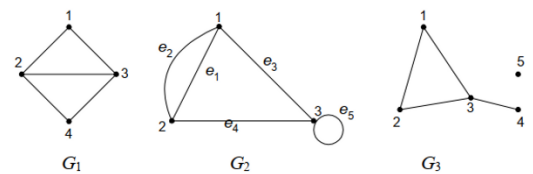
Gambar 5 Graf Bersisian

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>

3. Isolated Vertex (Simpul Terpencil)

Sebuah simpul dinyatakan isolated jika simpul tersebut tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya.

Tinjau graf G_3 : simpul 5 adalah simpul terpencil.

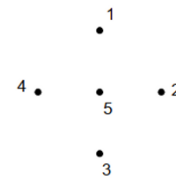


Gambar 6 Simpul Terpencil

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>

4. Null Graph (Graf Kosong)

Graf tanpa busur



Gambar 7 Graf Kosong

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>

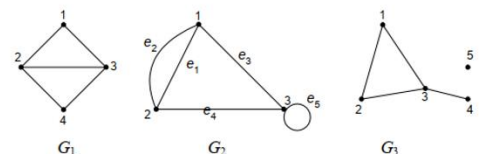
5. Degree (Derajat)

Jumlah sisi yang berhubungan dengan simpul tersebut. Biasa dinotasikan dengan $d(v)$.

Tinjau graf G_1 : $d(1) = d(4) = 2$
 $d(2) = d(3) = 3$

Tinjau graf G_3 : $d(5) = 0$ → simpul terpencil
 $d(4) = 1$ → simpul anting-anting (*pendant vertex*)

Tinjau graf G_2 : $d(1) = 3$ → bersisian dengan sisi ganda
 $d(2) = 4$ → bersisian dengan sisi gelang (*loop*)

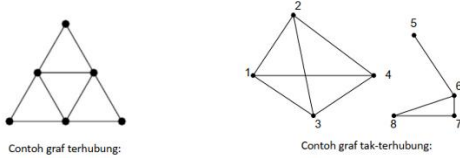


Gambar 8 Derajat graf

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>

6. Cycle (Siklus) dan Circuit (Sirkuit)
Sirkuit/siklus adalah lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama.

7. Connected (Keterhubungan)
Dua buah simpul disebut terhubung jika terdapat lintasan v_1 ke v_2 . G disebut graf terhubung jika untuk setiap pasang simpul v_i dan v_j dalam himpunan V terdapat lintasan dari v_i ke v_j .

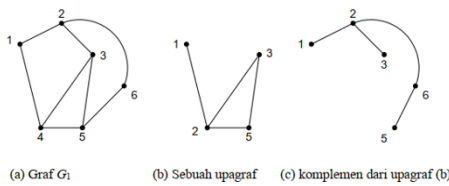


Contoh graf terhubung: Contoh graf tak-terhubung:

Gambar 9 Keterhubungan Graf

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>

8. Subgraph (Upagraf)

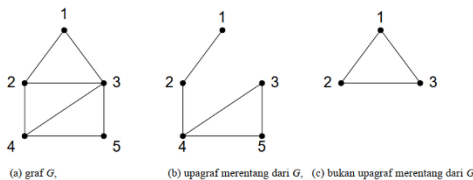


(a) Graf G ; (b) Sebuah upagraf (c) komplemen dari upagraf (b)

Gambar 10 Upagraf

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>

9. Spanning Subgraph (Upagraf Merentang)



(a) graf G ; (b) upagraf merentang dari G ; (c) bukan upagraf merentang dari G

Gambar 11 Upagraf Merentang

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>

10. Cut-Set

Cut-set dari graf terhubung G adalah himpunan sisi yang bila dibuang dari G menyebabkan G tidak terhubung.

Pada graf di bawah, $\{(1,2), (1,5), (3,5), (3,4)\}$ adalah cut-set. Terdapat banyak cut-set pada sebuah graf terhubung.

Himpunan $\{(1,2), (2,5)\}$ juga adalah cut-set, $\{(1,3), (1,5), (1,2)\}$ adalah cut-set, $\{(2,6)\}$ juga cut-set, tetapi $\{(1,2), (2,5), (4,5)\}$ bukan cut-set sebab himpunan bagiannya, $\{(1,2), (2,5)\}$ adalah cut-set.

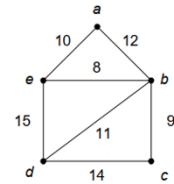


Gambar 12 Cut-Set

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>

11. Weighted Graph (Graf Berbobot)

Graf dengan sisi yang memiliki bobot/nilai.

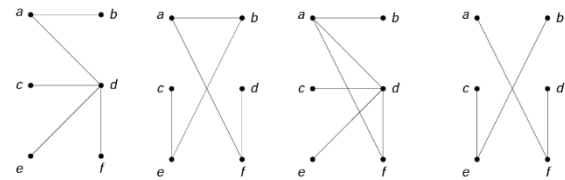


Gambar 13 Graf Berbobot

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>

C. Pohon

Pohon adalah graf tak-berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit. Sebuah graf tak berarah adalah pohon jika dan hanya jika ada lintasan unik antara dua sembarang simpul. Pada dasarnya semua pohon adalah graf dalam bentuk yang sederhana.



Gambar 14 (a) Pohon (b) Pohon (c) Bukan Pohon (d) Bukan Pohon

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Pohon-2020-Bag1.pdf>

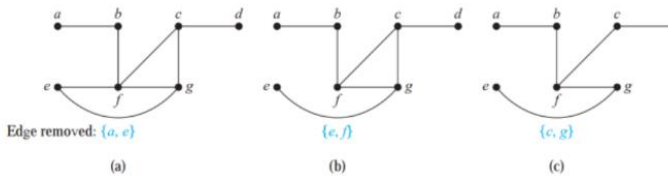
Pohon memiliki sifat-sifat yaitu

1. G adalah pohon
2. Setiap pasang simpul di dalam G terhubung dengan lintasan tunggal.
3. G terhubung dan memiliki $m = n - 1$ buah sisi.
4. G tidak mengandung sirkuit dan memiliki $m = n - 1$ buah sisi.
5. G tidak mengandung sirkuit dan penambahan suatu sisi pada graf akan Membuat hanya satu sirkuit.
6. G terhubung dan semua sisinya adalah jembatan.

D. Pohon Merentang

Pohon merentang dari graf yang terhubung adalah upagraf satu atau bagian dari graf tersebut dan merupakan suatu pohon. Pohon merentang mengandung semua simpul pada graf terhubung dan didapat dengan memutus sirkuit-sirkuti dari graf terhubung tersebut dengan menghapus busur-busur yang menyebabkan sebuah sirkuit terbentuk. Setiap graf terhubung akan memiliki minimal satu buah pohon merentang. Graf yang tidak terhubung tidak memiliki pohon merentang, namun memiliki hutan merentang dengan jumlah menyesuaikan dengan komponen graf tersebut.

Pohon merentang minimum merupakan graf terhubung berbobot yang termasuk ke dalam pohon merentang dan memiliki bobot paling minimum.



Gambar 15 Pohon merentang yang didapat dengan menghilangkan busur yang menyebabkan adanya sirkuit pada graf

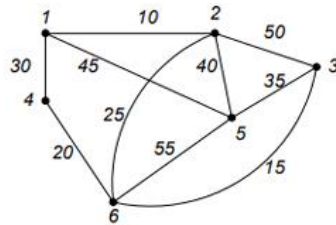
Sumber: Discrete Mathematics and Its Applications, 7 Edition

E. Algoritma Prim

Algoritma Prim adalah salah satu algoritma untuk mengubah graf-terhubung berbobot menjadi sebuah pohon merentang minimum. Terdapat beberapa langkah untuk mengaplikasikan algoritma prim:

1. Ambil sisi dari graf G yang berbobot minimum, masukkan ke dalam T.
2. Pilih sisi (u,v) yang mempunyai bobot minimum dan bersisian dengan simpul di T, tetapi (u,v) tidak membentuk sirkuit di T. Masukkan (u,v) ke dalam T.
3. Ulangi langkah kedua sebanyak N-2 kali.

Contoh :



Langkah	Sisi	Bobot	Pohon rentang
1	(1,2)	10	
2	(2,6)	25	
3	(3,6)	15	
4	(4,6)	20	
5	(3,5)	35	

Gambar 16 Contoh Penerapan Algoritma Prim

Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis2020-2021/Pohon-2020-Bag1.pdf>

III. PENGUMPULAN DATA

Sumatera Utara memiliki 8 buah destinasi wisata utama yang terletak di Lima lokasi utama, diantaranya:

1. Blangkejeren



Gambar 17 Blangkejeren

Sumber: <https://id.wikipedia.org/wiki/Blangkejeren>, Gayo Lues

Di Blankejeren terdapat Hutan Bukit Lawang yang menjadi destinasi utama di wilayah ini. Saat perjalanan menuju Blankejeren, kita akan dibawa menyusuri perkebunan karet dan kelapa sawit, hutan lebat, dan pegunungan. Disini kita dapat melakukan tur keliling hutan, dimana kita dapat melihat langsung satwa OrangUtan yang tinggal disini. Kita juga bisa melakukan tracking dan pendakian hutan yang akan didampingi oleh para pemandu yang professional di bidang ini. Disini juga terdapat kopi yang khas, dimana bisa sambal dinikmati di tengah-tengah sungai yang segar.

2. Berastagi



Gambar 18 Berastagi

Sumber : https://universetravel.co.id/st_tour/full-day-brastagi-tour-code-rav-1d-fbhe/

Dataran Tinggi Brastagi ini terkenal akan keindahan dan kenyamanannya di daerah Karo, Sumatera Utara. Disini terdapat pasar buah yang terkenal kesegaran dan hasil distribusinya ke seluruh pelosok provinsi. Brastagi juga terkenal akan perkebunannya yang sangat subur. Disini juga terdapat berbagai tempat healing dan rekreasi

yang terkenal, seperti Mikie Funland, Gundaling Farmstead, Pemandian Air Panas Sidebuk debuk, dan masih banyak lagi.

3. Gunung Sibayak



Gambar 19 Gunung Sibayak

Sumber: <https://www.triprus.com/destination/54/gunung-sibayak>

Gunung Sibayak merupakan gunung yang ada di wilayah Kabupaten Karo. Gunung ini termasuk gunung yang asik untuk didaki. Disini juga terdapat pemandangan alam yang sangat indah, apalagi ketika sunrise ataupun sunset. Kita dapat mendaki Gunung Sibayak dan mengunjungi berbagai pemandian air panas yang tersedia di lokasi ini.

4. Danau Toba



Gambar 20 Danau Toba

Sumber: <https://discoveryourindonesia.com/things-to-do-lake-toba/>

Disini kita dapat melakukan banyak kegiatan, seperti mengayak di danau yang jernih, mengunjungi air terjun sipiso-piso yang jernih, belajar kebudayaan suku batak, dan masih banyak lagi.

5. Samosir



Gambar 21 Pulau Samosir

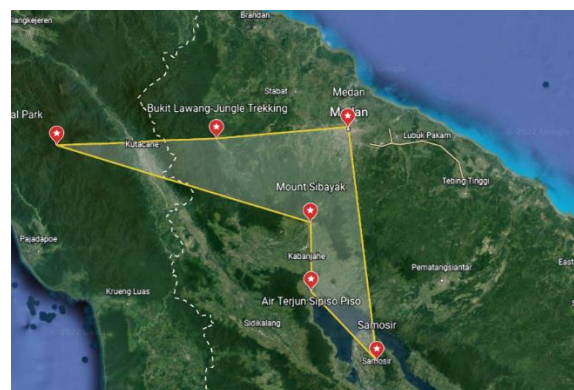
Sumber:

https://www.kompasiana.com/akhmadf/614b283206310e29201dd522/pulau-samosir-keindahan-alam-dan-kekayaan-warisan-budayanya-menjadi-magnet-bagi-para-wisatawan-baik-dari-dalam-negeri-maupun-mancanegara?page=1&page_images=2

Kita bisa menjelajahi pulau samosir dan berkendara disana. Di tempat ini, ada banyak hal menarik yang bisa dicari seperti kebudayaan-kebudayaan suku batak, keindahan alamnya, kesejukan dan kenyamanan daerah ini.

Dari kelima lokasi tersebut, dapat dilihat letak dan posisinya pada peta sebagai berikut:

1. Kota Medan
2. Bukit Lawang (Blangkejeren)
3. Gunung Leuser (Blangkejeren)
4. Gunung Sibayak (Brastagi, Gunung Sibayak)
5. Air Terjun Sipiso-piso (Danau Toba)
6. Samosir



Gambar 22 Gambaran Peta

Sumber: Penulis

Ini adalah tabel yang berisi jarak antar daerah yang satu dengan yang lain pada list dan gambar diatas:

(Satuan Km)	Medan	Bukit Lawang	Gunung Leuser	Gunung Sibayak	Air Terjun Sipiso-piso	Samosir
Medan		60	104	47	77	109
Bukit Lawang	60		74	58	83	126
Gunung Leuser	104	74		161	176	219
Gunung Sibayak	47	58	161		31	70
Air Terjun Sipiso-piso	77	83	176	31		44
Samosir	109	126	219	70	44	

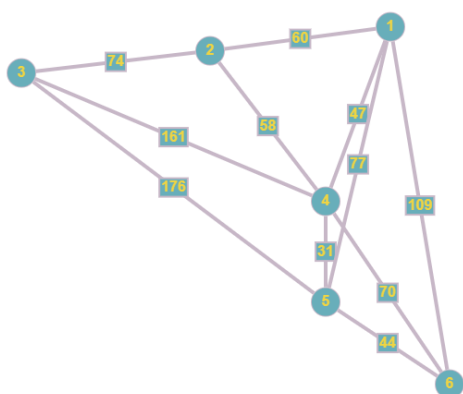
Gambar 23 Alokasi Data

Sumber: Penulis

IV. APLIKASI POHON MERENTANG MINIMUM DALAM PERENCANAAN RUTE PERJALANAN

Berdasarkan data jarak antar lokasi wisata utama Sumatera Utara diatas, maka dapat diketahui juga perkiraan efektivitas waktu yang diperlukan agar bisa mencapai semua destinasi wisata dengan jarak tempuh yang paling minimum. Semakin dekat jarak antar wisata, maka pastinya waktu yang dibutuhkan dalam perjalanan akan semakin minimum dan efisien.

Dari tabel hasil pengukuran jarak berpindah antar lokasi-lokasi destinasi wisata, maka kita dapat membuat graf yang sesuai dimana titik(simpul) merepresentasikan lokasi destinasi wisata dan bobot sisi merepresentasikan jarak antar kedua lokasi tersebut.



Gambar 24 Gambaran Graf

Sumber: Penulis

Keterangan :

1. Medan
2. Bukit Lawang
3. Gunung Leuser
4. Gunung Sibayak
5. Air Terjun Sipiso-piso
6. Samosir

Langkah	Sisi	Bobot	Pohon Rentang
1.	(4,5)	31	

2.	(5,6)	44	
3.	(1,4)	47	
4.	(2,4)	58	
5.	(2,3)	74	

Berdasarkan algoritma Prim yang dilakukan pada graf diatas, maka diperoleh pohon merentang minimum pada langkah kelima. Pohon merentang minimum ini mengandung bobot sebesar 254. Angka 254 ini berarti untuk menghampiri seluruh destinasi wisata alam yang dibahas di bab ini diperlukan perjalanan sejauh 254 Km.

Dengan demikian, pohon merentang minimum yang dihasilkan merupakan rute yang dapat digunakan para wisatawan untuk mengunjungi dan menikmati keindahan wisata alam di Sumatera Utara.

V. KESIMPULAN

Industri Pariwisata di Indonesia merupakan salah satu hal yang sangat penting, terkhususnya di masa pemulihan pasca pandemi Covid-19. Sumatera Utara sendiri yang termasuk ke dalam Lima Destinasi Super Prioritas masih memerlukan banyak pengembangan, terkhususnya di bidang transportasi dan mobilisasi terkait daerah di sekitar wilayah destinasi alam yang ada. Wujud optimalisasi yang mungkin diwujudkan adalah pembuatan tol / lajur cepat untuk memudahkan para wisatawan menapai destinasi wisata dengan efisien.

Penerapan dari teori pohon merentang dan graf kiranya dapat membantu menyelesaikan permasalahan ini dari lingkup yang kecil. Perencanaan destinasi wisata internasional di Sumatera Utara dengan menggunakan algoritma prim diharapkan mampu membantu para wisatawan untuk mendapat gambaran terkait sisi jalur yang harus dilewati agar didapatkan rute terpendek.

Dengan mengetahui rute perjalanan ini, diharapkan para wisatawan dapat mengefisienkan waktu yang diperlukan dalam melakukan perjalanan wisata.

VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama, penulis berterima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat karuniaNya penulis mampu menyelesaikan penulisan makalah ini. Penulis juga berterima kasih kepada dosen-dosen mata kuliah IF2120 tahun 2022, terkhususnya Bu Ulfa yang telah mengajari dan membimbing saya dalam perkuliahan Matematika Diskrit ini. Yang terakhir penulis juga berterima kasih kepada orang tua/wali dan teman-teman yang selalu ada dan mendukung penulis menyelesaikan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> , diakses pada 10 Desember 2022.
- [2] <https://sumut.antaranews.com/berita/365520/mengenal-lima-destinasi-wisata-super-prioritas-salah-satunya-danau-toba> , diakses pada 10 Desember 2022.
- [3] https://www.tripadvisor.com/AttractionProductReview-g297725-d18753884-1-week_tour_North_Sumatra-Medan_North_Sumatra_Sumatra.html, diakses pada 10 Desember 2022.
- [4] <https://sumut.inews.id/berita/10-tempat-wisata-di-sumatera-utara>, diakses pada 11 Desember 2022.

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 2022



Austin Gabriel Pardosi
13521084