

Penggunaan Bus Trans Sarbagita dalam Pariwisata Bali dengan Implementasi Algoritma Prim

Kadek Dwi Bagus Ananta Udayana 13519057

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

13519057@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Saat mengunjungi suatu tempat dengan kendaraan apapun, sudah jadi keinginan semua orang untuk bisa menyinggahi semua tempat yang memungkinkan. Oleh karenanya dibutuhkan suatu rencana agar bisa mengunjungi semua tempat tersebut. Terlebih lagi jika hanya memiliki waktu yang singkat. Dengan algoritma prim, bisa didapatkan rute yang efisien yang mana bisa mengunjungi semua tempat yang memungkinkan.

Kata Kunci—algoritma Prim, graf, Sarbagita, Bali.

I. PENDAHULUAN

Ketika masyarakat di seluruh dunia berpikir ingin kemana untuk menghabiskan waktunya dengan berwisata, maka banyak orang pasti akan berpikir untuk pergi ke Indonesia. Memang benar, siapa sih yang tidak kenal dengan negara yang begitu kaya dengan keindahan alamnya. Mulai dari gunung hingga pantai, semuanya ada di negara seribu pulau ini. Indonesia telah berulang kali mendapatkan penghargaan penghargaan atas pariwisatanya di kancah dunia. Sebagai contoh, pada tahun 2018 Indonesia pernah mendapatkan penghargaan *Marine Diving Fair* sehingga untuk orang-orang yang mencintai olahraga di bawah air laut, sangat cocok untuk datang ke Indonesia. Selain itu pulau-pulau di Indonesia seperti Bali, Jawa, dan Lombok pernah mendapatkan *World Best Island* pada tahun yang sama.

Lebih lanjut mengenal dengan pariwisata di Indonesia, Indonesia memiliki salah satu pulau yang namanya bahkan bisa lebih terkenal atau lebih diketahui orang daripada Negara Indonesia. Iya, pulau Bali. Bahkan, ketika mencari kata kunci pariwisata di Indonesia di google, hampir 80% yang didapatkan adalah foto pariwisata di Bali. Pulau yang biasa disebut dengan pulau dewata ini memiliki banyak sekali daerah wisata yang bisa menghabiskan waktu berbulan-bulan untuk mengunjungi semua daerah wisata di pulau ini. Lebih spesifik dengan pulau bali terdapat angkutan umum yang sangat terkenal di Bali, yaitu bus Trans Sarbagita. Namanya sendiri di ambil dari gabungan kota Denpasar, Kabupaten Badung, Kabupaten Gianyar, dan Kabupaten Tabanan, sehingga di singkat menjadi Sarbagita. Diambil dari 4 kota/kabupaten tersebut, dikarenakan rute perjalanan bus Trans Sarbagita hanya melewati 4 daerah itu saja. Bagi wisatawan yang ingin berkunjung ke bali, sangat disarankan untuk mencoba bus ini. Selain karena fasilitas bus yang cukup bagus, biaya yang dikeluarkanpun sangat terjangkau.



Gambar 1: Pariwisata Bali

(Sumber:

<https://www.gotravelindonesia.com/projects/tempat-wisata-populer-di-bali/>)

II. TEORI DASAR

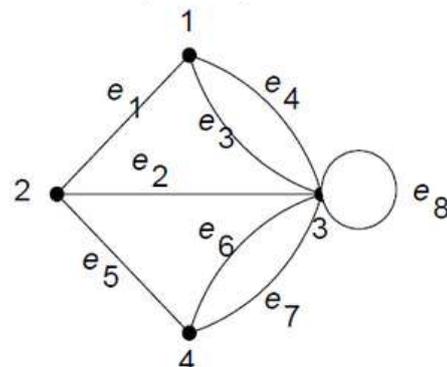
Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan himpunan bagian yang menghubungkan antara objek-objek tersebut. Graf secara matematis ditulis :

$$G = (V, E)$$

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 2: Contoh Graf

(Sumber:

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

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

1. Graf sederhana (simple graph). Graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda dinamakan graf sederhana.
2. Graf tak-sederhana (unsimple-graph). Kebalikan Graf sederhana yaitu yang mengandung sisi ganda atau gelang dinamakan (unsimple graph).

Sedangkan Graf tak-sederhana dibedakan lagi menjadi 2 yaitu :

1. Graf ganda (multi-graph) → Graf mengandung sisi ganda
2. Graf semu (pseudo-graph) → Graf mengandung sisi gelang

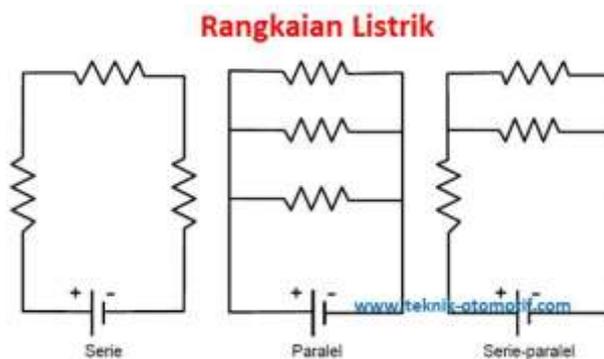
Berdasarkan orientasi arah pada sisi, graf dibedakan atas 2 jenis:

1. Graf tak-berarah (undirected graph) Graf yang sisinya tidak ada tanda atau tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak-berarah.
2. Graf berarah (directed graph atau digraph) Graf yang setiap sisinya diberikan tanda dan orientasi arah disebut sebagai graf berarah.

Seperti pada gambar 1 diatas, gambar tersebut merupakan graf tak-berarah dan graf tak-sederhana. Kenapa graf tak-sederhana? karena mengandung sisi ganda. Pada kehidupan nyata, graf banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Berikut contoh-contoh penerapan graf.

1. Rangkaian Listrik

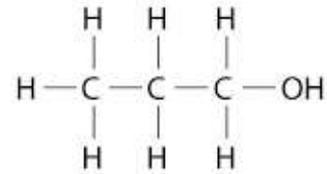
Rangkaian listrik merupakan sebuah sistem atau alat yang berfungsi untuk menghubungkan semua elemen elemen listrik. Contohnya hambatan, sumber tegangan, dan sumber arus.



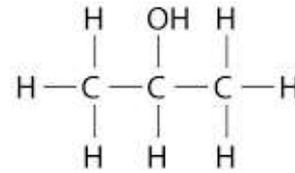
Gambar 3: Contoh Rangkaian Listrik (sumber: <https://www.teknik-otomotif.com/>)

2. Isomer

Jika anda telah mempelajari kimia, pasti tidak asing lagi dengan nama ini. Dalam ilmu kimia, isomer merupakan molekul-molekul yang memiliki rumus kimia sama, tetapi memiliki bentuk geometri yang berbeda.



1-Propanol (n-propanol)



2-Propanol (isopropanol)

Gambar 4: Contoh Isomer

(Sumber: <https://www.meritnation.com/ask-answer/question/write-the-isomer-of-propanol/organic-chemistry-some-basic-principles-and-techniques/6868537>)

3. Jejaring Makanan Biologi

Jejaring makanan merupakan hubungan atau rantai-rantai makanan yang menghubungkan dari produsen hingga ke konsumen. Nama lain dari jejaring makanan adalah sistem sumber-daya konsumen.



Gambar 5: Jejaring makanan

(Sumber: <https://informazone.com/jaring-jaring-makanan/>)

4. Pengujian program

Pengujian program merupakan salah satu implementasi graf. Kita tahu pada program ada proses *looping* dan proses *conditional*. Ketika *looping* perintah akan membentuk graf kearah perintah awal. Sedangkan saat *conditional* perintah akan melakukan 2 percabangan yang mana itu merupakan graf juga

5. Pemodelan mesin jual otomatis

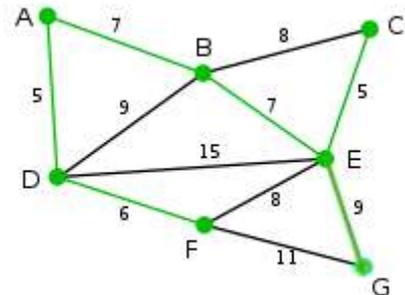
Merupakan mesin yang dapat mengeluarkan barang otomatis seperti minuman dingin ataupun makanan ringan dengan cara memasukkan nominal uang.

Terminologi Graf

1. **Ketetanggaan (Adjacent)**
Dua buah simpul dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung secara langsung.
2. **Bersisian (Incidency)**
Untuk sembarang sisi $e = (v_j, v_k)$ dikatakan e bersisian dengan simpul v_j , atau e bersisian dengan simpul v_k
3. **Simpul Terpencil (Isolated Vertex)**
Simpul terpencil ialah simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya. Dengan kata lain simpul terpencil tidak terhubung juga ke graf manapun atau simpul manapun
4. **Graf Kosong (null graph atau empty graph)**
Graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong. Graf ini bisa juga hanya berisi simpul-simpul saja.
5. **Derajat (Degree)**
Derajat suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Notasi: $d(v)$
Terdapat teorema yang berbunyi untuk sembarang graf G , banyaknya simpul berderajat ganjil selalu genap.
Jadi, tidak mungkin sebuah graf yang memiliki simpul berderajat ganjil sejumlah ganjil
6. **Lintasan (Path)**
Sebuah lintasan dikatakan mempunyai panjang n dari simpul awal v_0 ke simpul tujuan v_n di dalam graf G ialah barisan selang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$ sehingga $e_1 = (v_0, v_1), e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$ adalah sisi-sisi dari graf G .
Panjang lintasan merupakan jumlah sisi dalam lintasan berikut
7. **Siklus (Cycle) atau Sirkuit (Circuit)**
Lintasan yang mempunyai simpul awal dan simpul akhir yang sama disebut sirkuit atau siklus.
Panjang sirkuit adalah jumlah sisi dalam sirkuit
8. **Kerterhubungan (Connected)**
simpul v_1 dan simpul v_2 dikatakan 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 demikian, maka G disebut graf tak-terhubung (disconnected graph).
Graf berarah G dikatakan terhubung jika graf tersebut dihilangkan arahnya, maka graf tersebut terhubung (graf tidak berarah dari G diperoleh dengan menghilangkan arahnya).
Dua simpul, u dan v , pada graf berarah G disebut terhubung kuat (strongly connected) jika terdapat

lintasan berarah dari u ke v ataupun dari v ke u , jika tidak maka terhubung lemah

9. **Upagraf (Subgraph) dan Komplemen Upagraf**
Misalkan $G = (V, E)$ merupakan sebuah graf. $G_1 = (V_1, E_1)$ dikatakan upagraf (subgraph) dari G jika $V_1 \subseteq V$ dan $E_1 \subseteq E$.
Komplemen merupakan lawan dari upagraf. Komplemen dari upagraf G_1 terhadap graf G adalah graf $G_2 = (V_2, E_2)$, sehingga $E_2 = E - E_1$ dan V_2 adalah himpunan simpul yang anggota-anggota E_2 bersisian dengannya. Sedangkan jumlah maksimum upagraf terhubung dalam graf G disebut Komponen graf (connected component)
10. **Upagraf Merentang (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).
11. **Cut-Set**
Cut-set merupakan himpunan sisi yang jika dibuang dari G menyebabkan G tidak terhubung. Jadi, cut-set selalu menghasilkan dua buah komponen.
12. **Graf Berbobot (Weighted Graph)**
Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah bobot.



Gambar 6 : Graf Berbobot

(Sumber:

<https://sites.google.com/site/complejidadalgoritmaes/p/rim>)

Lebih lanjut tentang makalah ini, terminologi yang paling banyak digunakan dalam makalah ini adalah graf berbobot. Simpul-simpul akan menandai tempat persinggahan atau halte bus Trans Sarbagita. Sedangkan bobot disini menggunakan jarak antara tempat persinggahan dengan satuan hekto meter. Graf yang mana merupakan rute akan disusun rutenya sehingga menghasilkan rute terpendek dengan algoritma Prim.

III. ALGORITMA PRIM

Sebelum mengenal lebih lanjut tentang algoritma Prim, ada baiknya mengenal apa itu pohon. Pohon adalah graf tak-berarah terhubung yang tidak mengandung sirkuit. Pohon memiliki beberapa sifat. Pertama, setiap pasang simpul di dalam pohon, terhubung dengan lintasan tunggal. Kedua,

pohon tidak memiliki sirkuit. Ketiga, jika ditambahkan 1 sisi pada pohon, maka hanya bisa membuat 1 sirkuit.

Pohon Merentang (spanning tree) dari graf terhubung adalah upagraf merentang yang berupa pohon. Pohon merentang yang berbobot minimum dinamakan pohon merentang minimum (minimum spanning tree). Salah satu cara untuk membuat pohon merentang minimum adalah dengan menggunakan algoritma Prim. Algoritma Prim adalah sebuah algoritma yang digunakan untuk mencari pohon rentang minimum untuk sebuah graf berbobot yang saling terhubung. Dengan demikian semua himpunan sisi yang membentuk pohon memiliki bobot keseluruhan yang telah diminimalisasikan.

Adapun terdapat langkah-langkah menggunakan algoritma Prim yaitu :

Misalkan T adalah graf baru yang diharapkan menjadi pohon merentang minimum.

- ambil sisi dari graf G yang berbobot minimum, masukkan ke dalam T.
- 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.
- ulangi langkah 2 sebanyak $n - 2$ kali.

Setelah terbentuk pohon merentang minimum, bisa didapatkan bobot dari sisi yang tersisa. Sehingga pada makalah ini, bobot total hasil dari algoritma Prim merupakan rute terpendek yang dapat dilalui oleh bus Trans Sarbagita.

IV. RUTE BUS TRANS SARBAGITA



Gambar 7: Bus Sarbagita

(Sumber: http://id.indo.com/news/bali_bus.html)

Bus Trans Sarbagita adalah angkutan umum berjenis Bus Rapid Transit (BRT) di Denpasar. Bus Trans Sarbagita mulai beroperasi pada 18 Agustus 2011 yang pada awalnya dibuat untuk membangun kembali jaringan angkutan umum di Bali. Gagasan Trans Sarbagita telah dicanangkan sejak tahun 1998, akan tetapi hal itu tidak terealisasi lantaran Indonesia diterpa krisis moneter yang berdampak pada anggaran yang diterima pemerintah propinsi. Pada tahun 2014 Trans Sarbagita mengangkut sekitar 5.000 penumpang per hari dengan mengoperasikan 25 armada bus. namun saat ini Trans Sarbagita hanya menggunakan 10 bus sedang

Saat ini bus Trans Sarbagita beroperasi di empat koridor yakni Koridor 1 (Kota - Garuda Wisnu Kencana pp) dan Koridor 2 (Batubulan - Nusa Dua pp) serta dua koridor yang

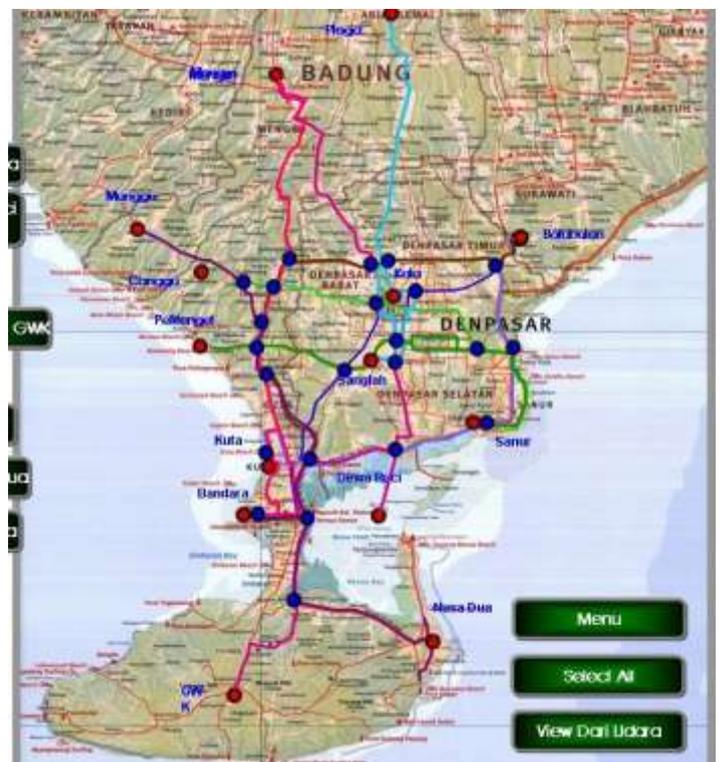
baru diluncurkan pada tahun 2015 yakni Koridor 7. Tabanan - Mengwi - Bandara (sudah ditutup) dan Koridor 11. Mahendradatta - Sanur - Lebih (sudah ditutup)

Harga karcis Trans Sarbagita dipatok sebesar Rp 3.500 untuk orang dewasa dan Rp 2.500 untuk pelajar/mahasiswa. Sementara itu frekuensi kedatangan bus yakni sekali dalam 30 menit - 60 menit walaupun keterlambatan masih sering terjadi. Trans Sarbagita beroperasi dari pukul 05.00 hingga pukul 19.00.

Adapun rute yang diberikan oleh bus Trans sarbagita yaitu

- Kota - Garuda Wisnu Kencana
- Batubulan - Sentral Parkir Kuta - Nusa Dua
- Sanur - Renon - Petitenget
- Batubulan - Gatsu - Bandara
- Sanur - Kedewatan - Ubud
- Mengwi - Kota - Pelabuhan Benoa
- Tabanan - Mengwi - Bandara
- Sentral Parkir Kuta - Tanah Lot
- Batubulan - Kota - Sentral Parkir Kuta
- Sanur - Bandara - Nusa Dua
- Mahendradatta - Sanur - Lebih
- Sanur - Kota - Cangu
- Gianyar - Mengwi - Tabanan
- Ubung - Buluh Indah - Sentral Parkir Kuta
- Mengwi - Dalung - Batubulan
- Tegal - Mambal
- Mengwi - Darmasaba - Batubulan

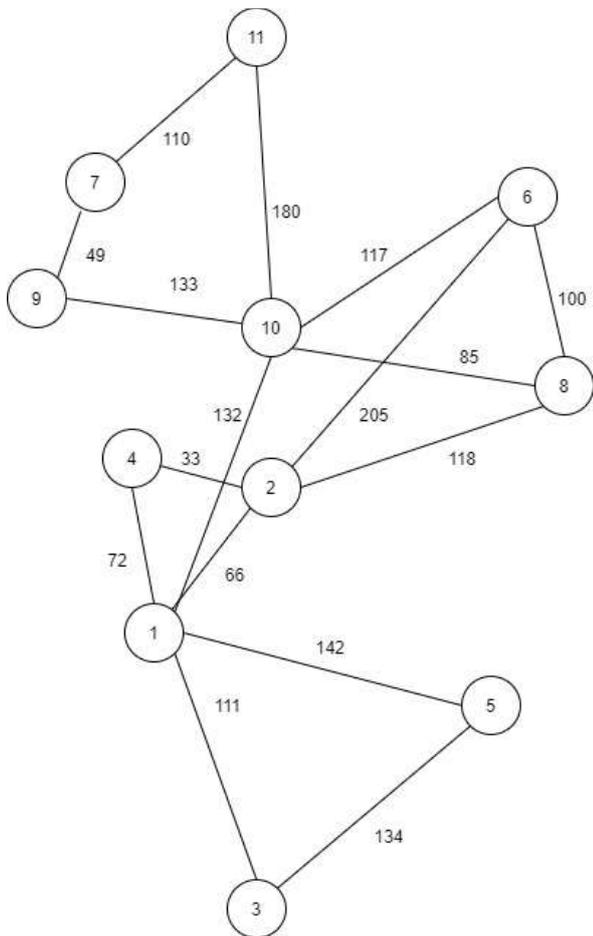
V. PEMBAHASAN



Gambar 8: Rute Bus Sarbagita

(Sumber: <https://tantristory.wordpress.com/2011/09/18/bus-trans-sarbagita/>)

Dikarenakan ada beberapa tempat yang berdekatan maka tempat-tempat yang berdekatan, penulis menganggap menjadi 1 tempat. Berikut adalah bentuk graf dari tempat-tempat yang bisa dikunjungi oleh bus Trans Sarbagita



Gambar 9: Graf halte bus Trans Sarbagita (Sumber: dokumen penulis)

Keterangan :

- Simpul 1 = Bandara Ngurah Rai
- Simpul 2 = Patung Dewa Ruci / Simpang Siur
- Simpul 3 = Garuda Wisnu Kencana
- Simpul 4 = Kuta
- Simpul 5 = Nusa Dua
- Simpul 6 = Batubulan
- Simpul 7 = Munggu
- Simpul 8 = Sanur
- Simpul 9 = Canggu
- Simpul 10 = Renon / Pusat Kota
- Simpul 11 = Mengwi

Adapun bobot dalam graf merupakan jarak antara tempat yang diukur dalam satuan hekto-meter. Berikut daftar jarak antara tempat yang diambil berdasarkan Google Maps.

- Jarak Bandara – Nusa dua = 142 hm
- Jarak Bandara – Garuda Wisnu Kencana = 111 hm
- Jarak Bandara – Patung Dewa Ruci = 66 hm
- Jarak Bandara – Kuta = 72 hm

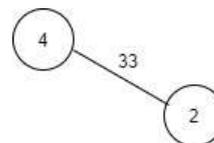
- Jarak Bandara – Pusat Kota = 132 hm
- Jarak Garuda Wisnu Kencana – Nusa Dua = 134 hm
- Jarak Patung Dewa Ruci – Kuta = 33 hm
- Jarak Pusat Kota – Batu Bulan = 117 hm
- Jarak Pusat Kota – Sanur = 85 hm
- Jarak Pusat Kota – Canggu = 133 hm
- Jarak Canggu – Munggu = 49 hm
- Jarak Munggu – Mengwi = 110 hm
- Jarak Mengwi – Pusat Kota = 180 hm
- Jarak Sanur – Batubulan = 100 hm
- Jarak Sanur – Patung Dewa Ruci = 118 hm
- Jarak Patung Dewa Ruci – Batubulan = 205 hm

Dalam Makalah ini, penulis menganggap halte Patung Dewa Ruci dan Pesanggaran sama, Kerobokan dan Canggu sama, Gatsu dan pusat kota sama. Hal itu dikarenakan jaraknya yang relatif dekat yaitu dibawah 1 km

Dengan menggunakan algoritma Prim, dibutuhkan 10 langkah untuk mendapat rute perjalanan bus Trans Sarbagita yang efisien sehingga mencakup semua halte yang ada. Berikut adalah langkah langkahnya.

Langkah 1

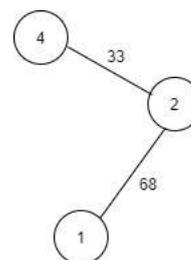
Menentukan bobot paling minimum pada graf. Didapat bobot sisi (4,2) yang mana mewakili Jarak Kuta ke Patung Dewa Ruci merupakan jarak terkecil yaitu 33 hm.



Gambar 10: Graf Kuta ke Patung Dewa Ruci (Sumber: dokumen penulis)

Langkah 2

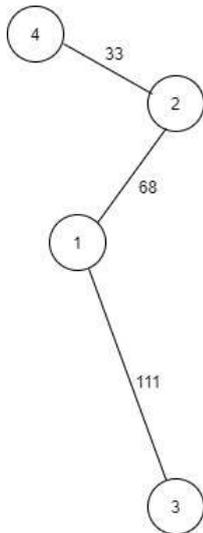
Dari simpul 2, pilih ke arah mana yang lebih minimum. Didapat bobot (2,1) yang merupakan jarak dari patung dewa ruci ke bandara



Gambar 11: Graf setelah penambahan sisi (1,2) (Sumber: dokumen penulis)

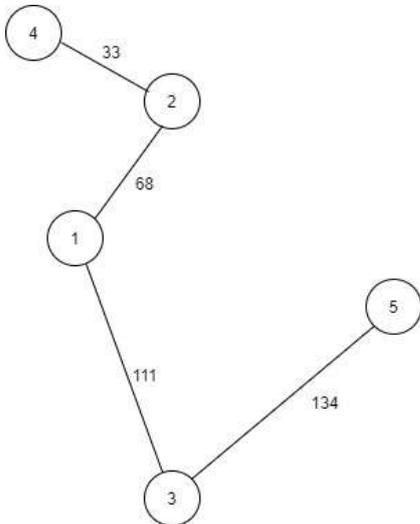
Langkah 3

Langkah 3 sampai 10 sama seperti langkah 2, cari arah yang lebih minimum dengan syarat graf tidak akan membentuk sirkuit.



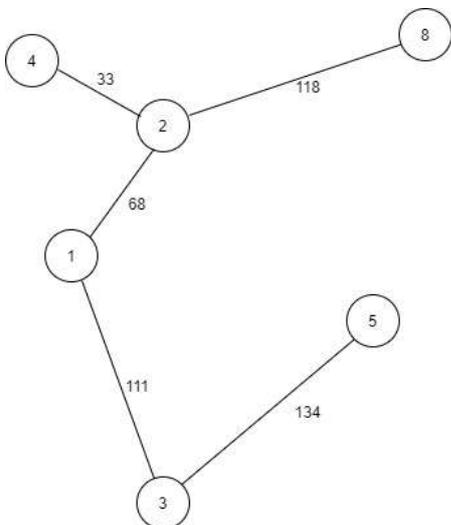
Gambar 12: Graf setelah penambahan sisi (1,3)
(Sumber: dokumen penulis)

Langkah 4



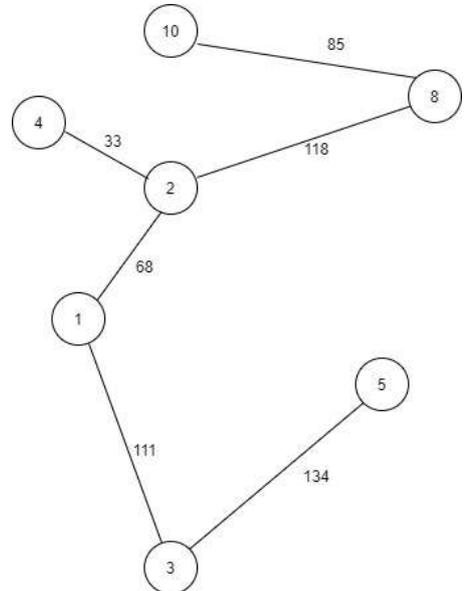
Gambar 13: Graf setelah penambahan sisi (3,5)
(Sumber: dokumen penulis)

Langkah 5



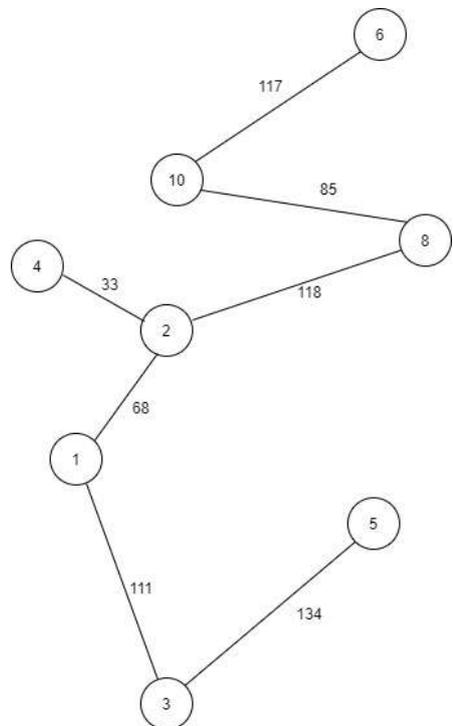
Gambar 14: Graf setelah penambahan sisi (2,8)
(Sumber: dokumen penulis)

Langkah 6



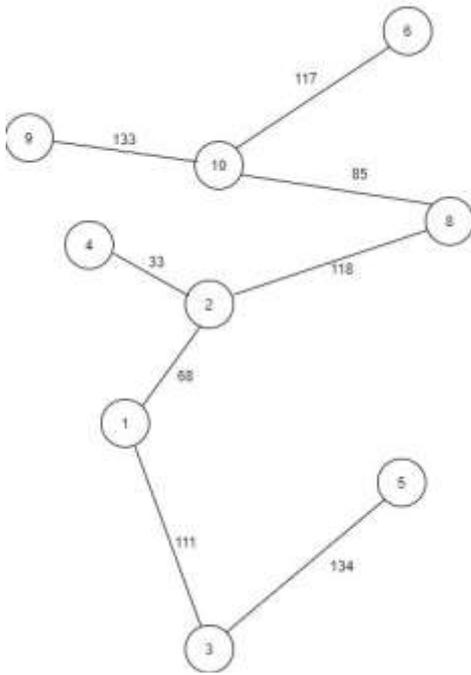
Gambar 15: Graf setelah penambahan sisi (8,10)
(Sumber: dokumen penulis)

Langkah 7



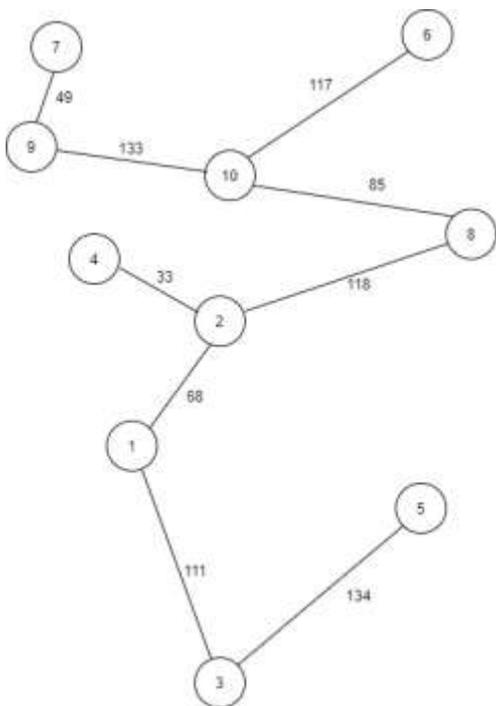
Gambar 16: Graf setelah penambahan sisi (10,6)
(Sumber: dokumen penulis)

Langkah 8



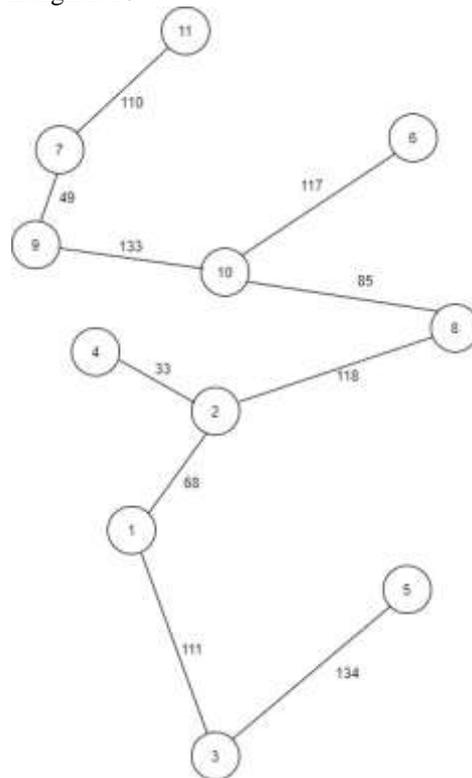
Gambar 17: Graf setelah penambahan sisi (10,9)
(Sumber: dokumen penulis)

Langkah 9



Gambar 18: Graf setelah penambahan sisi (9,7)
(Sumber: dokumen penulis)

Langkah 10



Gambar 19: Graf setelah penambahan sisi (7,11)
(Sumber: dokumen penulis)

Setelah langkah 10 dilakukan, didapatkan pohon rentang minimum yang mana merupakan rute yang telah diminimalisasikan. Sehingga pengaturan rute perjalanan bus Trans Sarbagita lebih efektif dan efisien untuk dilakukan

VI. KESIMPULAN

Untuk mendapatkan rute perjalanan yang efektif dan efisien, algoritma Prim sangat tepat untuk digunakan. Dalam hal ini rute perjalanan yang efektif dimaksudkan adalah rute bus Trans Sarbagita untuk bisa melewati semua tempat yang ada haltenya. Dengan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, pembaca dapat menggunakan cara ini untuk bisa menyinggahi semua tempat yang ada halte sarbagitanya dengan efisien.

VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmatnya, penulis bisa menyelesaikan makalah ini sesuai waktu yang telah diberikan. Tidak lupa juga penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yang selalu mendukung dan mendidik penulis sehingga bisa melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Bandung. Tentu juga penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir yang telah memberikan begitu banyak ilmu kepada penulis selama 1 semester ini. Terakhir penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang mendukung saat pembuatan makalah ini. Besar harapan saya agar makalah ini bisa berguna bagi banyak orang.

REFERENSI

- [1] Robin J Wilson, "Introduction Graph Theory", 1991.Vol 3, https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=teQ1aMau9i8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=buku+teori+graf&ots=pcFHYH_goj&sig=cSgz8r_CuAcDXVvzc7pA1A9JxMU&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (diakses 6 Desember)
- [2] R. Munir, Teori Graf Matematika Diskrit. Bandung: Departemen Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung, 2005. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf> (diakses 6 Desember)
- [3] R. Munir Pohon Matematika Diskrit. Bandung: Departemen Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung, 2005. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Pohon-2020-Bag1.pdf> (diakses 6 Desember)
- [4] <https://app.diagrams.net/> (diakses 8 Desember)
- [5] <http://www.brtnusantara.com/portal/konten/BRT-Trans-Sarbagita> (diakses 8 Desember)

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, 10 Desember 2020



Kadek Dwi Bagus Ananta Udayana 13519057