

Aplikasi Travelling Salesman Problem (TSP) untuk Optimalisasi Rute Perjalanan Kurir Pengiriman Barang

Kresna Faza Rizkyawan 13519095¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

¹13519095@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Internet telah sangat membantu kehidupan masyarakat tidak terkecuali pada sektor perdagangan. Saat ini perdagangan lebih sering dilakukan secara daring sehingga membutuhkan kurir pengiriman barang untuk mengantarkan barang belanjaan. Namun pengiriman memakan banyak waktu karena harus melewati berbagai rute untuk mengirimkan barang sampai ke tujuan. Makalah ini membahas penyelesaian masalah pengiriman barang melalui kurir pengiriman untuk mendapat rute yang paling cepat dengan memilih rute terpendek yang dapat dilalui oleh kurir dengan pendekatan *Travelling Salesman Problem* (TSP). Dengan harapan akan diperoleh efisiensi jarak dan waktu yang lebih baik bagi para kurir pengiriman

Keywords—Kurir Pengiriman, Rute, Travelling Salesman Problem, Jarak.

I. PENDAHULUAN

Saat ini dunia telah memasuki era digital dengan internet sebagai tonggak utama dalam digitalisasi, semua aspek di kehidupan masyarakat sudah melakukan digitalisasi. Digitalisasi membawa dampak yang baik dan masif, banyak dari kegiatan manusia yang dahulunya sulit dilakukan tetapi dengan adanya bantuan dari internet dan digitalisasi kegiatan tersebut menjadi lebih mudah. Seperti pada sektor transportasi, sebelum adanya digitalisasi masyarakat yang tidak memiliki kendaraan pribadi harus menggunakan angkutan umum yang cenderung lama, tidak nyaman, dan harus berpindah-pindah angkutan umum. Akan tetapi, saat ini sudah ada Grab dan GoJek yang memudahkan masyarakat untuk bepergian jarak dekat dan menengah tanpa harus menggunakan angkutan umum.

Begitu pula pada sektor perdagangan, saat ini masyarakat lebih sering berbelanja menggunakan *olshop* (*online shopping*) dibandingkan berbelanja secara konvensional. Hal ini terjadi karena *olshop* menawarkan berbagai kemudahan dan keunggulan dibandingkan berbelanja secara konvensional. Sebagai contohnya masyarakat tidak perlu datang ke pusat perbelanjaan untuk berbelanja tetapi cukup dengan menggunakan gawai untuk memilih barang dan melakukan pembayaran, kemudian kurir akan mengantarkan barang yang sudah dipesan.

Kelemahan berbelanja secara daring menggunakan *olshop* adalah lamanya waktu antara pembelian barang dan penerimaan barang. Salah satu faktornya adalah ketika pengiriman barang

menggunakan kurir.

Kurir pengiriman barang umumnya menggunakan kendaraan roda dua, harus mengantarkan banyak barang di tempat yang berbeda. Akibatnya banyak rute yang harus dipilih dan dilewati, permasalahan ini dapat dioptimalisasi menggunakan *Travelling Salesman Problem* (TSP). Sehingga kurir dapat melewati seluruh rute yang ada dengan jarak yang minimum sehingga perjalanan dapat dilakukan optimal berdasarkan pada jarak yang ditempuh.

II. LANDASAN TEORI

A. Teori Graf

1. Definisi Graf

Graf dalam struktur diskrit digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antar objek tersebut.

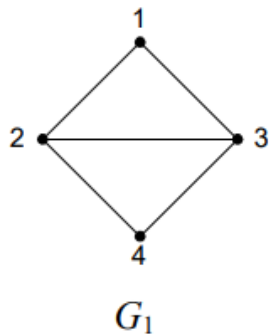
Secara visual, objek dalam graf dinyatakan sebagai titik (node). Sedangkan hubungan antar objek dinyatakan sebagai garis atau sisi (edge). Graf G didefinisikan dengan notasi $G = (V, E)$. V adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul, biasanya disebut vertices atau node. $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$. E adalah himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul, biasa disebut juga sebagai edge. $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$.

Simpul pada graf dapat diberi nama dengan huruf atau angka, sedangkan sisi pada graf biasanya diberi nama e_1, e_2, \dots, e_n . Sisi dinyatakan dalam pasangan (v_i, v_j) yang berarti sisi tersebut menghubungkan simpul v_i dan v_j . Gelang atau kalang (loop) adalah sisi pada graf yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama. Sedangkan sisi ganda (multiple edge) adalah dua buah sisi yang menghubungkan simpul yang sama

2. Jenis-jenis Graf

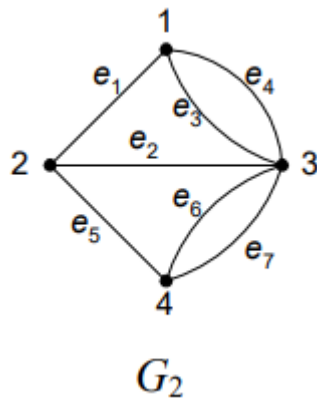
Berikut pengelompokan graf berdasarkan ada tidaknya gelang dan sisi ganda pada suatu graf :

a) Graf Sederhana (Simple Graph) Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda.



Gambar 1. Graf sederhana (Sumber: [2])

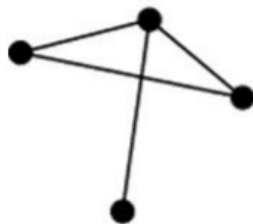
- b) Graf Tak Sederhana (Unsimple Graph) Graf tak sederhana dapat dibagi lagi menjadi dua macam, yaitu graf ganda (multigraph) dan graf semu (pseudograph). Graf ganda adalah graf yang mengandung sisi ganda. Sementara graf semu adalah graf yang mengandung gelang (termasuk bila memiliki sisi ganda juga), contohnya seperti graf pada gambar 2.



Gambar 2. Graf tak sederhana (Sumber: [2])

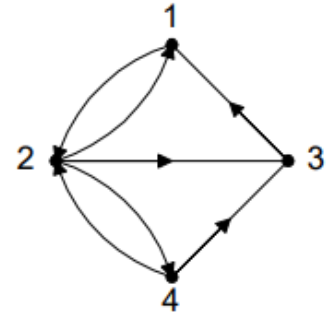
Berikut pengelompokan graf berdasarkan orientasi arah pada sisi:

- a) Graf Tak-Berarah (Undirected Graph) Graf tak berarah adalah graf yang tidak mempunyai orientasi arah. Pada graf jenis ini urutan pasangan simpul yang menghubungkan sisi tidak diperhatikan. Dengan kata lain $(v_i, v_j) = (v_j, v_i)$.



Gambar 3. Graf Tak-Berarah (Sumber : [2])

- b) Graf Berarah (Directed Graph) Graf berarah adalah graf yang tiap sisinya diberikan orientasi arah. Sisi berarah ini sering disebut sebagai busur (arc). Urutan pasangan simpul yang menghubungkan sisi menjadi hal penting dalam graf berarah. Dengan kata lain $(v_i, v_j) \neq (v_j, v_i)$. Untuk busur (v_i, v_j) , v_i disebut sebagai simpul asal (initial vertex) dan v_j disebut simpul terminal (terminal vertex).



Gambar 4. Graf Berarah (Sumber : [2])

3. Terminologi Graf

Berikut beberapa terminology atau istilah yang berkaitan dengan graf:

- a) Bertetangga (Adjacent) Dua buah simpul dikatakan bertetangga jika keduanya terhubung langsung melalui sebuah sisi. v_i dikatakan bertetangga dengan v_j bila terdapat sisi (v_i, v_j) yang menghubungkan v_i dan v_j .
- b) Bersisian (Incidency) Jika terdapat sembarang sisi $e = (v_i, v_j)$, sisi e dapat dikatakan bersisian dengan simpul v_i dan v_j .
- c) Derajat (Degree) Derajat suatu simpul pada graf tak berarah didefinisikan sebagai jumlah sisi yang bersisian dengannya. Derajat ditulis dengan notasi $d(v)$. Sedangkan pada graf berarah, derajat suatu simpul dinyatakan dengan $d_{in}(v)$ dan $d_{out}(v)$. $d_{in}(v)$ adalah derajat masuk, yaitu jumlah busur yang masuk ke simpul v . $d_{out}(v)$ adalah derajat keluar, yaitu jumlah busur yang keluar dari simpul v . Jumlah derajat pada simpul graf berarah tersebut adalah hasil penjumlahan dari $d_{in}(v)$ dan $d_{out}(v)$.
- d) Lintasan (Path) Lintasan dengan panjang n dari simpul awal ke simpul tujuan di dalam graf G adalah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, e_n, v_n$ 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. Untuk graf sederhana, lintasan cukup dituliskan sebagai barisan dari simpul-simpul, tetapi untuk graf berarah perlu dituliskan pula sisinya untuk menghindari kerancuan. Panjang lintasan adalah jumlah sisi dalam

lintasan tersebut. Tinjau graf G_1 (gambar 1) : lintasan 1, 2, 4, 3 adalah lintasan

e) Siklus (Cycle) dan Sirkuit (Circuit)

Siklus atau sirkuit adalah lintasan yang berawal dan berakhir di simpul yang sama. Tinjau graf G_1 (gambar 1) : 1, 2, 3, 1 adalah sebuah sirkuit.

B. Lintasan dan Sirkuit Hamilton •

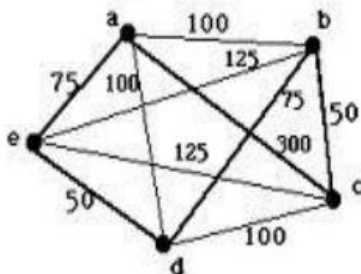
Lintasan Hamilton ialah lintasan yang melalui tiap simpul di dalam graf tepat satu kali. Sirkuit Hamilton ialah sirkuit yang melalui tiap simpul di dalam graf tepat satu kali, kecuali simpul asal (sekaligus simpul akhir) yang dilalui dua kali.

Graf yang memiliki sirkuit Hamilton dinamakan graf Hamilton, sedangkan graf yang hanya memiliki lintasan Hamilton disebut graf semi-Hamilton

C. Travelling Salesman Problem (TSP)

Travelling Salesman Problem (TSP) adalah sebuah persoalan dalam teori graf. Persoalan ini didapat dari masalah seorang pedagang keliling yang harus mengunjungi sejumlah kota. Diberikan sejumlah kota dan jarak antarkota lalu harus dicari sirkuit terpendek yang akan dilalui pedagang tersebut jika pedagang itu berangkat dari kota asal dan menyinggahi setiap kota tepat satu kali dan kembali lagi ke kota asal. Kota dapat direpresentasikan sebagai simpul dalam graf dan jalan yang menghubungkan antarkota dinyatakan sebagai sisi dari graf. Bobot pada sisi menyatakan jarak antara dua buah kota. Persoalan ini dapat diselesaikan dengan menentukan sirkuit Hamilton yang memiliki bobot paling kecil. Untuk graf lengkap, graf dengan semua simpul memiliki sisi yang menghubungkan simpul tersebut dengan seluruh simpul lain pada graf, dapat dicari jumlah sirkuit Hamiltonnya dengan persamaan $(n-1)! \cdot 2$. Tetapi, persoalan TSP ini tidak hanya berlaku untuk graf lengkap saja, untuk graf tidak lengkap juga memiliki sirkuit Hamilton. Hingga saat ini belum ada algoritma mangkus untuk menyelesaikan permasalahan TSP dengan n sembarang, namun terdapat metode heuristik untuk memecahkan masalah ini. Salah satu metode heuristik yang umum digunakan adalah algoritma branch and bound yang akan dijelaskan pada bagian selanjutnya

An Instance of the Traveling Salesman Problem



Gambar 5. TSP (Sumber : [3])

D. Algoritma Greedy

Algoritma greedy merupakan sebuah algoritma yang dapat menentukan sebuah jalur terpendek antara node-node yang akan digunakan dengan mengambil secara terus menerus dan menambahkannya ke dalam jalur yang akna dilewati. Mengacu pada konsep greedy yang

menganggap bahwa pada setiap langkah akan dipilih tempat atau kota yang belum pernah dikunjungi, dimana tempat atau kota tersebut memiliki jarak terdekat dari tempat atau kota sebelumnya. Algoritma ini tidak mempertimbangkan nilai heuristic, yang dalam hal ini bisa berupa jarak langsung antar dua tempat. Sehingga dengan kata lain, dapat dikatakan bahwa langkah dari algoritma greedy ini adalah mengambil pilihan yang terbaik yang dapat diperoleh pada saat itu tanpa memperhatikan konsekuensi ke depan, atau dengan prinsip “take what you can get now”, berharap bahwa dengan memilih optimum lokal pada setiap langkah akan berakhir dengan optimum global. Dengan prinsip seperti ini dapat dikatakan bahwa algoritma greedy lebih berguna untuk menghasilkan solusi hampiran (approximation). Hal ini dikarenakan algoritma greedy tidak selalu berhasil memberikan solusi yang optimal. (Sumber : [1])

III. PEMBAHASAN

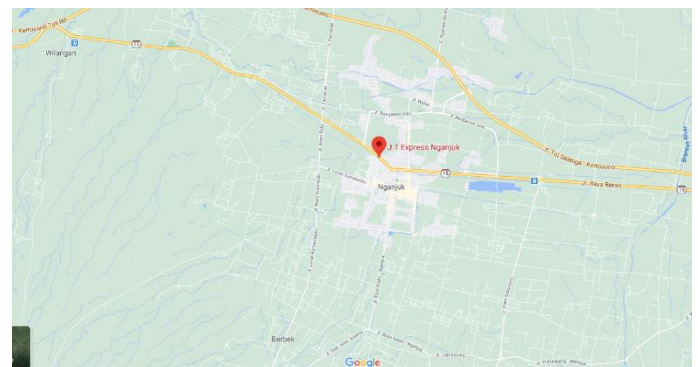
A. Batasan Penelitian

Beberapa batasan penelitian yang penulis lakukan dalam penelitian Optimalisasi Rute Perjalanan Kurir Pengiriman Barang.

1. Hanya memperhatikan jarak rute
2. Mengabaikan kondisi jalan
3. Mengabaikan tingkat kemacetan jalan
4. Mengabaikan lebar jalan
5. Menggunakan jarak rute jalan yang diperoleh dari Google Maps

B. Studi Kasus

Penulis membuat contoh rute yang akan dilewati oleh kurir pengiriman barang dengan menggunakan bantuan Google Maps. Asumsi penulis starting point dimulai dari kantor J&T cabang Nganjuk



Gambar. 6 : Starting Point

Kemudian ditambahkan beberapa destinasi pengiriman barang, disini destinasi ditambahkan secara acak dan menggunakan Google Maps untuk mencari jarak tempuh dari satu destinasi ke destinasi lainnya



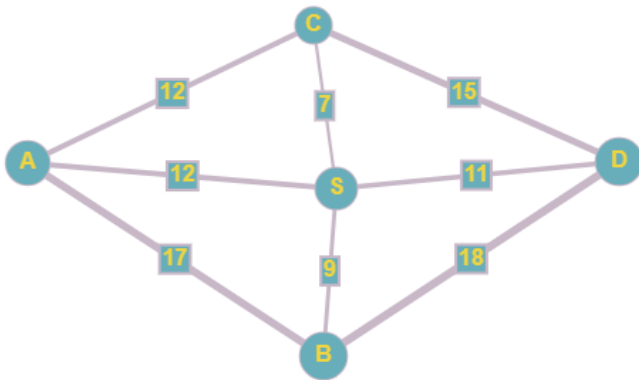
Gambar 7 : Destinasi Perjalanan

Penjelasan tiap destinasi sebagai berikut :

- S : J&T Express Cabang Nganjuk
- A : Kantor Kecamatan Wilangan, Kabupaten Nganjuk
- B : Kantor Kecamatan Berbek, Kabupaten Nganjuk
- C : Pasar Marmer, Desa Sidokare, Kecamatan Rejoso Kabupaten Nganjuk
- D : Kantor Desa Baron, Kabupaten Nganjuk

C. Mengubah Menjadi Graf Tak Berarah dan Berbobot

Penulis menggunakan graf tak berarah karena di fakta yang ditemui pada lapangan untuk studi kasus yang diberikan adalah jarak tempuh dari untuk bolak-balik atau pulang-pergi adalah sama. Maka dari itu penulis cukup menggunakan graf tidak berarah untuk merepresentasikannya. Sedangkan bobot dari *edge* merepresentasikan jarak tempuh antar destinasi



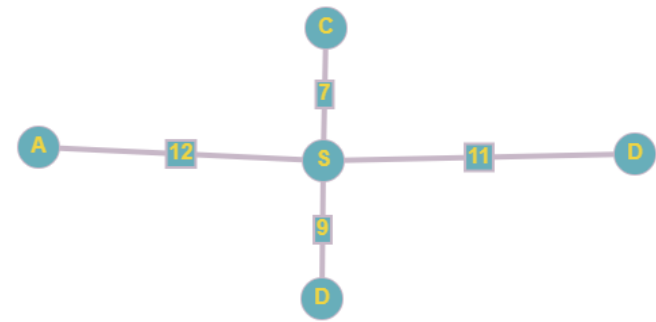
Gambar 8 Hasil Konversi Menjadi Graf

IV. APLIKASI TRAVELLING SALESMAN PROBLEM (TSP)

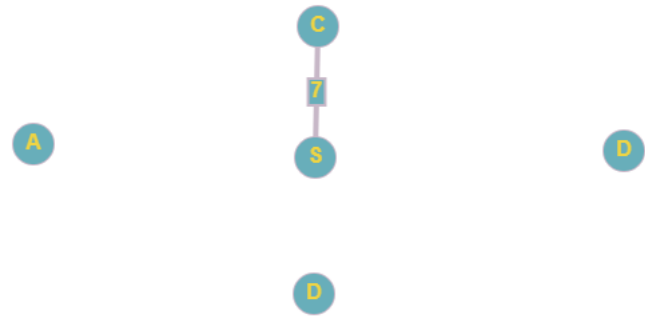
Aplikasi TSP untuk mencari rute tercepat, konsep yang digunakan TSP adalah dengan mencari rute yang melewati setiap titik tepat satu kali kemudian kembali ke titik semula

Berikut langkah-langkah yang dilakukan untuk mencari rute tercepat dengan menggunakan algoritma greedy

1. Dimulai dari *Starting Point* kemudian menentukan rute terpendek

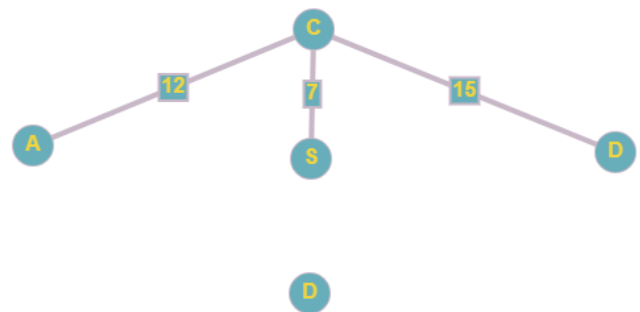


Gambar 9 : Kemungkinan Seluruh Rute Kemudian diambil rute terpendek yaitu C

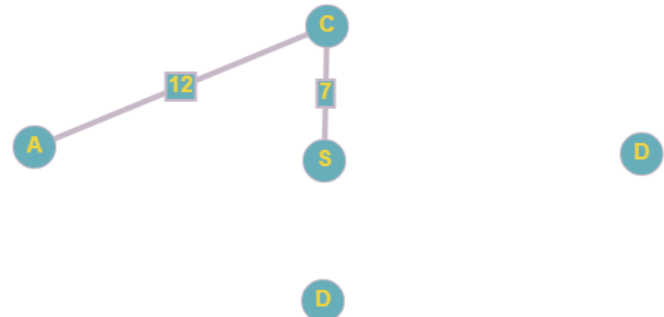


Gambar 10 : Langkah 1

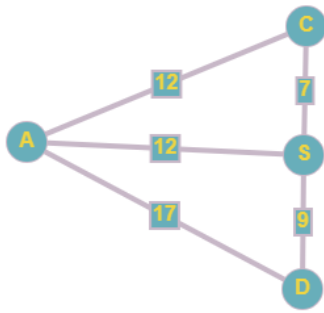
2. Mencari rute terpendek selanjutnya yang belum pernah dilewati



Gambar 11 : Kemungkinan Rute Kemudian diambil rute terpendek yaitu A

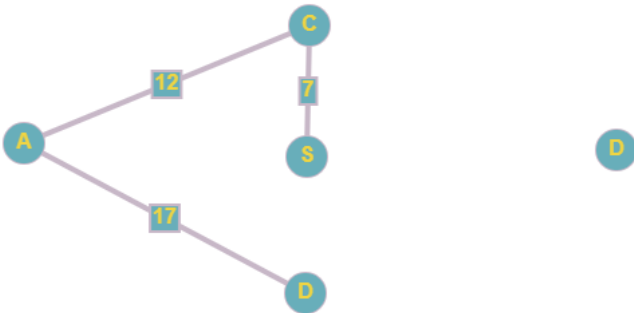


3. Mencari rute terpendek selanjutnya yang belum pernah dilewati



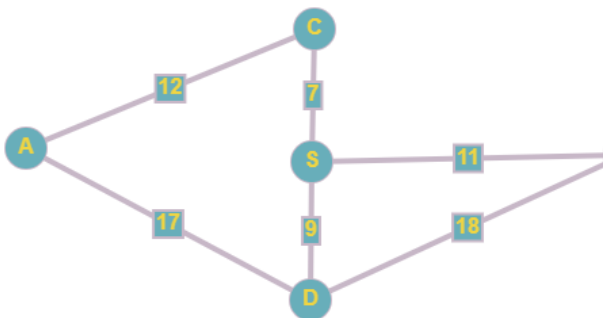
Gambar 12 : Kemungkinan rute

Kemudian diambil rute menuju D, karena rute menuju S akan kembali ke *Starting Point*



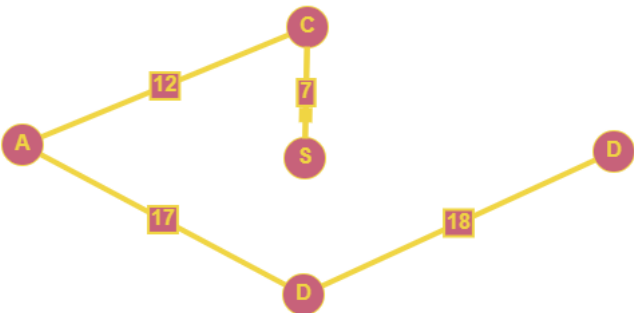
Gambar 13 : Langkah 3

4. Mencari rute terpendek selanjutnya yang belum pernah dilewati



Gambar 14 : Kemungkinan Rute

Kemudian diambil rute menuju B, karena rute menuju S akan kembali ke *Starting Point*



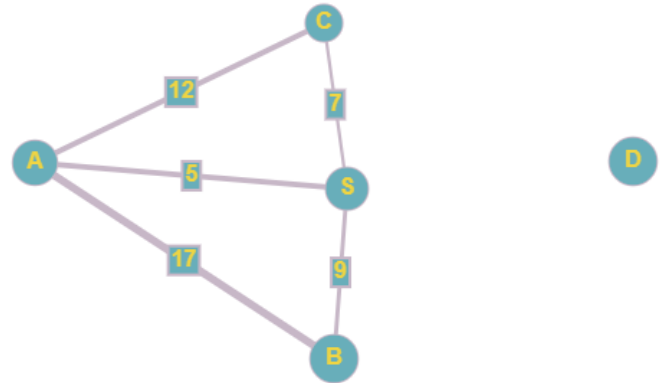
Gambar 15 : Langkah 4

Rute yang diambil diatas dari penyelesaian ke-4 langkah menghasilkan rute yang melalui semua *vertex* dan melalui rute terpendek. Dengan menggunakan asumsi mengambil rute terpendek saat itu dan tidak melewati *vertex* yang telah dilewati

sebelumnya

Hal ini terjadi karena harapan dengan mengambil nilai minimum untuk setiap titik akan menghasilkan nilai rute yang minimal

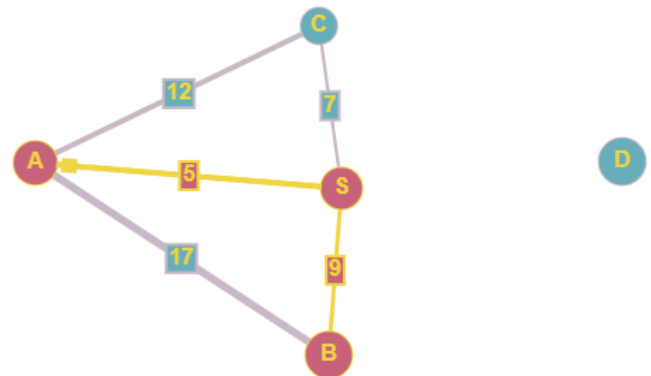
Akan tetapi, hasil dari algoritma yang digunakan belum cukup memuaskan karena tidak mempertimbangkan nilai heuristik masing-masing rute. Ada kemungkinan dengan kita melewati titik yang sudah dilewati dapat menghasilkan nilai rute yang lebih baik sebagai contoh penulis memodifikasi rute pada langkah 3



Gambar 14 : Modifikasi pada langkah 3

Dengan menggunakan TSP maka hasil yang didapat akan sama seperti pada Gambar 13.

Namun, apabila menggunakan Algoritma Dijkstra rute yang dihasilkan akan berbeda dan lebih optimal



Gambar 15 : Hasil Algoritma Dijkstra

Hasil ini menunjukkan bahwa rute yang dihasilkan dengan menggunakan *Travelling Salesman Problem (TSP)* belum cukup memuaskan dan harus menggunakan tambahan algoritma lain untuk menghasilkan nilai rute yang minimum.

V. PENUTUP

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT karena berkat kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas pembuatan makalah ini. Terimakasih kepada orang tua penulis yang selalu mendukung penulis baik secara moral dan material sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini. Terima kasih juga kepada dosen pengajar mata kuliah IF2120 Matematika Diskrit K-03, Ibu Fariska Zakhralativa Ruskanda S.T., M.T yang selalu semangat dalam mengajar. Juga ucapan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. yang telah menyediakan berbagai sumber untuk dijadikan dasar penulis

untuk menulis makalah ini Terakhir, penulis ingin berterima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi pada pembuatan makalah ini terutama kepada kakak tingkat dan seluruh pemilik referensi yang telah penulis cantumkan karena pembuatan makalah ini tidak mungkin selesai tanpa adanya bantuan dari referensi tersebut. Penulis sadar bahwa dalam penyusunan makalah ini terdapat banyak kekurangan. Penulis memohon maaf jika ada kesalahan baik dalam penulisan karena penulis masih dalam proses belajar untuk membuat makalah dengan baik dan benar.

Akhir kata, penulis berharap pembuatan makalah ini kekurangan yang terdapat pada makalah ini dapat diselesaikan dan dapat dikembangkan sehingga dapat bermanfaat untuk banyak orang.

REFERENSI

- [1] Rosen, Kenneth. H , “Discrete Mathematic and it’s Application Seventh Edition” 2012. McGraw-Hill International..
- [2] Munir, R. (n.d.). Graf Bagian 1. Diakses pada Desember 10, 2020, melalui <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian1.pdf>
- [3] Munir, R. (n.d.). Graf Bagian 3. Diakses pada Desember 10, 2020, from <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2020-2021/Graf-2020-Bagian3.pdf>
- [4] Wiyanti, Dian Tri. “Algoritma Optimasi Untuk Penyelesaian Travelling Salesman Problem”. Diakses pada Desember 11, 2020 melalui <https://media.neliti.com/media/publications/144533-ID-none.pdf>

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 2020



Kresna Faza Rizkyawan 13519095