

## Perbandingan Algoritma *K-Nearest Neighbor*, *Greedy* dan *Brute Force* dalam Menentukan Rute Pengiriman Barang

Muhamad Ihsan Maulidan\*, Gani Gunawan, M. Yusuf Fajar

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\*maulidanihsan@gmail.com, gani@unisba.ac.id, myusuffajar@unisba.ac.id

**Abstract.** The buying and selling transaction system that is widely used by the public today is the online buying and selling system. In the online buying and selling system, of course there is a process of sending goods. One of the goods delivery companies in Indonesia is J&T Express Cicurug, Sukabumi Regency, West Java. In the process of shipping goods, of course, a shipping line with the shortest distance is needed in order to streamline the process of sending goods. Delivery route problems can be solved using the Traveling Salesman Problem algorithm, in this study using the *K-Nearest Neighbor* (KNN) algorithm, the *Greedy* algorithm, and the *Brute Force* algorithm. This study aims to determine and compare the routes and distances traveled in the delivery of goods using the *K-Nearest Neighbor* algorithm, the *Greedy* algorithm and the *Brute Force* algorithm. The results obtained are that the *K-Nearest Neighbor* algorithm produces a total distance of 24.05 km, for the *Greedy* algorithm it produces a total distance of 23.5 km. Meanwhile, with the *Brute Force* algorithm, it is equal to 21.74 km. So using the *Brute Force* algorithm can produce better routes and total mileage compared to the *K-Nearest Neighbor* algorithm and the *Greedy* algorithm.

**Keywords:** *Goods Delivery Route, K-Nearest Neighbor (KNN) Algorithm, Greedy Algorithm, Brute Force Algorithm.*

**Abstrak.** Sistem transaksi jual beli yang sudah banyak masyarakat memanfaatkannya saat ini adalah dengan sistem jual beli *online*. Pada sistem jual beli *online* tentu terdapat proses pengiriman barang. Salah satu perusahaan pengirim barang yang ada di Indonesia ialah J&T Express Cicurug Kabupaten Sukabumi Jawa Barat. Pada proses pengiriman barang tentu perlu suatu rute pengiriman dengan jarak tempuh yang terpendek agar dapat mengefisienkan proses pengiriman barang. Permasalahan rute pengiriman barang dapat diselesaikan dengan algoritma pada *Travelling Salesman Problem*, dalam penelitian ini yaitu menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN), algoritma *Greedy*, dan algoritma *Brute Force*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan serta membandingkan rute dan jarak tempuh dalam pengiriman barang menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor*, algoritma *Greedy* dan algoritma *Brute Force*. Hasil yang diperoleh yaitu dengan algoritma *K-Nearest Neighbor* menghasilkan total jarak tempuh sepanjang 24,05 km, untuk algoritma *Greedy* menghasilkan total jarak tempuh sebesar 23,5 km. Sedangkan dengan algoritma *Brute Force* yaitu sebesar 21,74 km. Jadi, dengan menggunakan algoritma *Brute Force* dapat menghasilkan rute dan total jarak tempuh yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma *K-Nearest Neighbor* dan algoritma *Greedy*.

**Kata Kunci:** *Rute Pengiriman Barang, Travelling Salesman Problem, Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN), Algoritma Greedy, Algoritma Brute Force.*

## A. Pendahuluan

Transaksi jual beli merupakan suatu hal yang tak asing bagi kehidupan masyarakat di Indonesia maupun bagi masyarakat dunia. Pada umumnya, transaksi jual beli dilakukan secara langsung oleh penjual dan pembeli. Akan tetapi seiring dengan berjalannya waktu dan perkembangan teknologi yang semakin canggih, kini transaksi dapat dilakukan secara *online* melalui media elektronik. Sepanjang tahun 2021, jumlah konsumen belanja *online* di Indonesia yang menggunakan *e-commerce* mencapai 32 juta orang. Jumlahnya melesat 88 persen dibandingkan dengan tahun 2020 yang hanya 17 juta orang [1]

Pada sistem jual beli *online*, tentu terdapat proses pengiriman barang. Salah satu perusahaan yang menyediakan layanan pengiriman barang adalah J&T Express Cicurug Kabupaten Sukabumi Jawa Barat [2]. Pada proses pengiriman barang, J&T Express Cicurug kabupaten Sukabumi Jawa Barat tidak menentukan jadwal urutan dalam pengiriman barang kepada pelanggan, namun hal tersebut diserahkan kepada kurir yang akan mengantarkan barang. Dalam pelaksanaannya, kurir seringkali menggunakan rute yang kurang tepat. Contohnya seperti melewati ruas jalan atau titik lokasi yang sama lebih dari satu kali.

Hal tersebut tentu akan mempengaruhi kenyamanan pelanggan, maka diperlukan suatu rute yang efisien untuk pengiriman barang agar tidak menambah biaya distribusi untuk bahan bakar kendaraan yang digunakan. Terutama di wilayah Kecamatan Cicurug Kabupaten Sukabumi Jawa Barat yang memiliki luas wilayah 4.637.600 Ha dan terdiri dari 1 kelurahan dan 12 desa. Oleh karena itu, pada artikel ini akan dibahas mengenai pencarian rute dan total jarak tempuh yang paling efisien agar J&T Express Cicurug Kabupaten Sukabumi Jawa Barat dapat mengantarkan barang dengan lebih cepat dan juga dapat memuaskan pelanggan.

Permasalahan tersebut dapat diselesaikan menggunakan ilmu Matematika, dengan konsep dari Teori Graf khususnya konsep dari *Travelling Salesman Problem* (TSP). Pada TSP, masalah yang dikaji yaitu menentukan rute yang optimal dengan syarat bahwa tempat hanya dikunjungi satu kali lalu kembali ke tempat awal [3]. Terdapat beberapa algoritma untuk menyelesaikan permasalahan TSP ini, pada artikel ini akan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor*, algoritma *Greedy*, dan algoritma *Brute Force*.

Pada algoritma *K-Nearest Neighbor*, pencarian rute terpendek yaitu dengan mengklasifikasikan objek berdasarkan ( $k$ ) objek terdekatnya [4]. Pada algoritma *Greedy*, prosedur untuk menyelesaikan permasalahan TSP yakni dengan membuat pilihan optimum lokal pada setiap langkah dengan harapan pengambilan langkah optimum lokal akan menuju solusi optimum global [5]. Algoritma *Brute Force* merupakan algoritma sederhana yang melakukan pencarian menyeluruh terhadap kemungkinan yang ada [6]. Selanjutnya, akan dibandingkan dari ketiga algoritma tersebut untuk mengetahui algoritma terbaik dalam menentukan rute dan total jarak tempuh terpendek pengiriman barang.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana menentukan rute dan total jarak tempuh terpendek dalam pengiriman barang?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Menentukan rute dan total jarak tempuh terpendek dalam pengiriman barang menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor*, algoritma *Greedy* dan algoritma *Brute Force*.
2. Membandingkan algoritma *K-Nearest Neighbor*, algoritma *Greedy* dan algoritma *Brute Force* untuk mengetahui algoritma terbaik dalam menentukan rute dan total jarak tempuh pengiriman barang.

## B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data alamat yang diperoleh dari kantor J&T Express Cicurug Kabupaten Sukabumi Jawa Barat dengan metode wawancara. Pada penelitian ini digunakan 17 alamat (lokasi pengiriman) untuk pencarian rute dan total jarak tempuh pengiriman barang.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan tiga algoritma pada permasalahan TSP, yaitu algoritma *K-Nearest Neighbor*, algoritma *Greedy*, dan algoritma *Brute Force*. Kemudian dari ketiga algoritma tersebut akan dibandingkan untuk mengetahui algoritma terbaik dalam

menentukan rute dan total jarak tempuh pengiriman barang.

**C. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Tujuan dari TSP ini adalah untuk mencari rute minimal, sehingga persamaannya yaitu:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$$

Variabel  $x_{ij}$  adalah variabel biner dari kota  $i$  ke kota  $j$  yang bernilai sebagai berikut.

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases}$$

Untuk menjamin bahwa masing-masing kota hanya dikunjungi satu kali, maka persamaan  $\sum_{j=1}^n x_{ij}$  diberi nilai 1. Variabel  $c_{ij}$  dimasukkan dalam persamaan  $\sum_{j=1}^n x_{ij}$  agar dapat diketahui bahwa rute dari kota  $i$  ke kota  $j$  terlewati atau tidak. Variabel  $c_{ij}$  adalah jarak dari kota  $i$  ke kota  $j$ . Variabel  $x_{ij}$  diperoleh dari tabel matriks jarak berikut.

**Tabel 1.** Tabel Matriks Jarak

$x_{ij}$	1	2	3	...	n
1	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	...	$x_{1n}$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	...	$x_{2n}$
3	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	...	$x_{3n}$
...	...	...	...	...	...
n	$x_{n1}$	$x_{n2}$	$x_{n3}$	...	$x_{nn}$

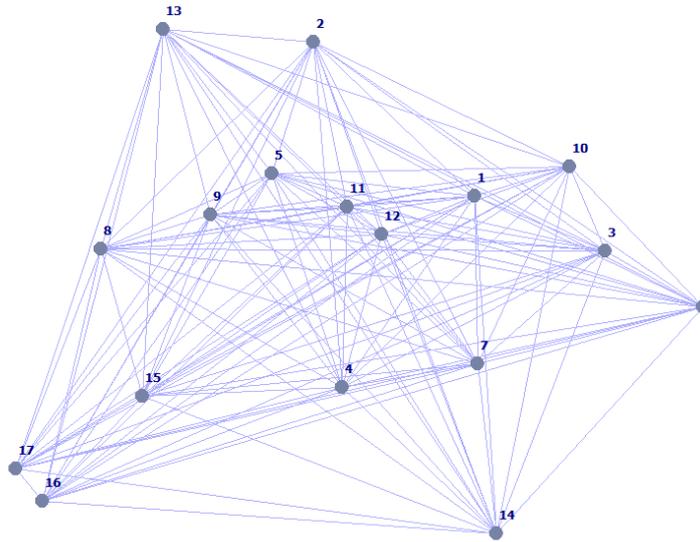
Berdasarkan data yang diperoleh, pada Gambar 1 ditunjukkan tabel matriks jarak antar titik pelanggan dari J&T Express Cicurug Kabupaten Sukabumi Jawa Barat.

From/to	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0	1,5	0,85	2	0,9	1,1	2,1	2,6	1,7	0,21	0,55	0,3	2,1	3,2	2,3	3,7	3,6
2	1,5	0	2,4	3,6	2,5	2,6	3,7	3,9	3,2	1,3	2,1	1,9	3,6	4,8	3,9	5,3	5,2
3	0,85	2,4	0	2,3	1,4	0,55	2,4	2,6	2,1	0,65	1	0,75	2,5	3,5	2,6	4	3,9
4	2	3,6	2,3	0	2,5	2,5	0,4	2,9	3,3	2,2	2,1	1,9	3,7	1,5	0,45	1,7	1,6
5	0,9	2,5	1,4	2,5	0	1,6	2,6	2,9	0,75	1,1	0,45	0,6	1,2	3,7	2,9	4,2	4,1
6	1,1	2,6	0,55	2,5	1,6	0	2,6	2,9	2,3	0,9	1,2	1	2,8	4,9	2,9	4,2	4,1
7	2,1	3,7	2,4	0,4	2,6	2,6	0	3,1	3,4	2,3	2,3	2	3,8	1,1	0,85	2,1	2
8	2,6	3,9	2,6	2,9	2,9	2,9	3,1	0	2,8	2,6	2,5	2,3	3,7	4,2	3,4	4,7	4,6
9	1,7	3,2	2,1	3,3	0,75	2,3	3,4	2,8	0	1,9	1,1	1,4	0,9	4,5	3,7	5	4,9
10	0,21	1,3	0,65	2,2	1,1	0,9	2,3	2,6	1,9	0	0,75	0,5	2,3	3,5	2,7	4	3,9
11	0,55	2,1	1	2,1	0,45	1,2	2,3	2,5	1,1	0,75	0	0,24	1,6	3,4	2,6	3,9	3,8
12	0,3	1,9	0,75	1,9	0,6	1	2	2,3	1,4	0,5	0,24	0	1,8	3,1	2,3	3,6	3,5
13	2,1	3,6	2,5	3,7	1,2	2,8	3,8	3,7	0,9	2,3	1,6	1,8	0	4,9	4,1	5,4	5,3
14	3,2	4,8	3,5	1,5	3,7	4,9	1,1	4,2	4,5	3,5	3,4	3,1	4,9	0	2	3,3	3,2
15	2,3	3,9	2,6	0,45	2,9	2,9	0,85	3,4	3,7	2,7	2,6	2,3	4,1	2	0	1,3	1,2
16	3,7	5,3	4	1,7	4,2	4,2	2,1	4,7	5	4	3,9	3,6	5,4	3,3	1,3	0	0,1
17	3,6	5,2	3,9	1,6	4,1	4,1	2	4,6	4,9	3,9	3,8	3,5	5,3	3,2	1,2	0,1	0

**Gambar 1.** Tabel Matriks Jarak Antar Titik Pelanggan J&T Express Cicurug Kabupaten Sukabumi Jawa Barat

Dari Gambar 1 diatas, semua *edge* atau sisi terhubung dan memiliki bobot masing-masing. Maka, pada Gambar 2 ditunjukkan representasi graf dari lokasi pelanggan J&T Express Cicurug Kabupaten Sukabumi Jawa Barat. Graf yang terbentuk adalah graf lengkap dengan  $n =$

17, sehingga akan terbentuk jumlah *edge* atau sisi yakni  $\frac{n(n-1)}{2} = \frac{17(17-1)}{2} = 136$ .



**Gambar 2.** Graf Data lokasi pelanggan J&T Express Cicurug Kabupaten Sukabumi Jawa Barat

Berdasarkan Gambar 2, titik 1 adalah titik lokasi J&T Express Cicurug Kabupaten Sukabumi Jawa Barat, sedangkan titik 2-17 merupakan titik lokasi pelanggan yang akan dicari rute dan total jarak tempuh pengiriman barang.

Dengan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* pencarian rute terpendek berdasarkan pada titik atau objek terdekat dari objek sebelumnya. Berdasarkan Gambar 1, berikut adalah Gambar 3 yang merupakan proses pencarian rute terpendek menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor*.

From/to	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0	1,5	0,85	2	0,9	1,1	2,1	2,6	1,7	0,21	0,55	0,3	2,1	3,2	2,3	3,7	3,6
2	1,5	0	2,4	3,6	2,5	2,6	3,7	3,9	3,2	1,3	2,1	1,9	3,6	4,8	3,9	5,3	5,2
3	0,85	2,4	0	2,3	1,4	0,55	2,4	2,6	2,1	0,65	1	0,75	2,5	3,5	2,6	4	3,9
4	2	3,6	2,3	0	2,5	2,5	0,4	2,9	3,3	2,2	2,1	1,9	3,7	1,5	0,45	1,7	1,6
5	0,9	2,5	1,4	2,5	0	1,6	2,6	2,9	0,75	1,1	0,45	0,6	1,2	3,7	2,9	4,2	4,1
6	1,1	2,6	0,55	2,5	1,6	0	2,6	2,9	2,3	0,9	1,2	1	2,8	4,9	2,9	4,2	4,1
7	2,1	3,7	2,4	0,4	2,6	2,6	0	3,1	3,4	2,3	2,3	2	3,8	1,1	0,85	2,1	2
8	2,6	3,9	2,6	2,9	2,9	2,9	3,1	0	2,8	2,6	2,5	2,3	3,7	4,2	3,4	4,7	4,6
9	1,7	3,2	2,1	3,3	0,75	2,3	3,4	2,8	0	1,9	1,1	1,4	0,9	4,5	3,7	5	4,9
10	0,21	1,3	0,65	2,2	1,1	0,9	2,3	2,6	1,9	0	0,75	0,5	2,3	3,5	2,7	4	3,9
11	0,55	2,1	1	2,1	0,45	1,2	2,3	2,5	1,1	0,75	0	0,24	1,6	3,4	2,6	3,9	3,8
12	0,3	1,9	0,75	1,9	0,6	1	2	2,3	1,4	0,5	0,24	0	1,8	3,1	2,3	3,6	3,5
13	2,1	3,6	2,5	3,7	1,2	2,8	3,8	3,7	0,9	2,3	1,6	1,8	0	4,9	4,1	5,4	5,3
14	3,2	4,8	3,5	1,5	3,7	4,9	1,1	4,2	4,5	3,5	3,4	3,1	4,9	0	2	3,3	3,2
15	2,3	3,9	2,6	0,45	2,9	2,9	0,85	3,4	3,7	2,7	2,6	2,3	4,1	2	0	1,3	1,2
16	3,7	5,3	4	1,7	4,2	4,2	2,1	4,7	5	4	3,9	3,6	5,4	3,3	1,3	0	0,1
17	3,6	5,2	3,9	1,6	4,1	4,1	2	4,6	4,9	3,9	3,8	3,5	5,3	3,2	1,2	0,1	0

**Gambar 3.** Hasil Perhitungan Algoritma K-Nearest Neighbor

Sehingga menghasilkan persamaan :

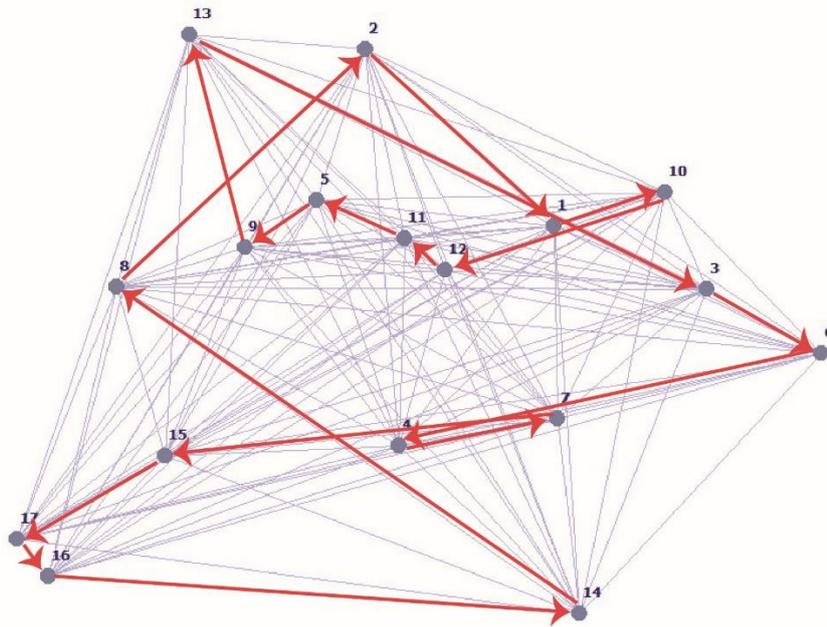
$$x_{1,10}, x_{10,12}, x_{12,11}, x_{11,5}, x_{5,9}, x_{9,13}, x_{13,3}, x_{3,6}, x_{6,4}, x_{4,7}, x_{7,15}, x_{15,17}, x_{17,16}, x_{16,14}, x_{14,8}, x_{8,2}, x_{2,1} = 1$$

$$Z = c_{1,10} + c_{10,12} + c_{12,11} + c_{11,5} + c_{5,9} + c_{9,13} + c_{13,3} + c_{3,6} + c_{6,4} + c_{4,7} + c_{7,15} + c_{15,17} + c_{17,16} + c_{16,14} + c_{14,8} + c_{8,2} + c_{2,1}$$

$$Z = 0,21 + 0,5 + 0,24 + 0,45 + 0,75 + 0,9 + 2,5 + 0,55 + 2,5 + 0,4 + 0,85 + 1,2 + 0,1 + 3,3 + 4,2 + 3,9 + 1,5$$

$$Z = 24,05$$

Warna merah menandakan bahwa jalur tersebut tidak dilalui, sedangkan warna hijau adalah jalur yang dilalui. Diketahui bahwa rute yang dihasilkan yakni : 1-10-12-11-5-9-13-3-6-4-7-15-17-16-14-8-2-1 dengan total jarak tempuh sepanjang 24,05 Km. Sehingga akan terbentuk suatu sirkuit Hamilton pada graf sebagai berikut :



**Gambar 4.** Graf Hasil Algoritma *K-Nearest Neighbor*

Dengan menggunakan algoritma *Greedy*, pencarian rute terpendek yakni berdasarkan pada total jarak terpendek dari *edge* atau sisi yang terhubung. Berdasarkan Gambar 1, berikut adalah Gambar 5 yang merupakan proses pencarian rute dan total jarak tempuh terpendek menggunakan algoritma *Greedy*.

From/to	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0	1,5	0,85	2	0,9	1,1	2,1	2,6	1,7	0,21	0,55	0,3	2,1	3,2	2,3	3,7	3,6
2	1,5	0	2,4	3,6	2,5	2,6	3,7	3,9	3,2	1,3	2,1	1,9	3,6	4,8	3,9	5,3	5,2
3	0,85	2,4	0	2,3	1,4	0,55	2,4	2,6	2,1	0,65	1	0,75	2,5	3,5	2,6	4	3,9
4	2	3,6	2,3	0	2,5	2,5	0,4	2,9	3,3	2,2	2,1	1,9	3,7	1,5	0,45	1,7	1,6
5	0,9	2,5	1,4	2,5	0	1,6	2,6	2,9	0,75	1,1	0,45	0,6	1,2	3,7	2,9	4,2	4,1
6	1,1	2,6	0,55	2,5	1,6	0	2,6	2,9	2,3	0,9	1,2	1	2,8	4,9	2,9	4,2	4,1
7	2,1	3,7	2,4	0,4	2,6	2,6	0	3,1	3,4	2,3	2,3	2	3,8	1,1	0,85	2,1	2
8	2,6	3,9	2,6	2,9	2,9	2,9	3,1	0	2,8	2,6	2,5	2,3	3,7	4,2	3,4	4,7	4,6
9	1,7	3,2	2,1	3,3	0,75	2,3	3,4	2,8	0	1,9	1,1	1,4	0,9	4,5	3,7	5	4,9
10	0,21	1,3	0,65	2,2	1,1	0,9	2,3	2,6	1,9	0	0,75	0,5	2,3	3,5	2,7	4	3,9
11	0,55	2,1	1	2,1	0,45	1,2	2,3	2,5	1,1	0,75	0	0,24	1,6	3,4	2,6	3,9	3,8
12	0,3	1,9	0,75	1,9	0,6	1	2	2,3	1,4	0,5	0,24	0	1,8	3,1	2,3	3,6	3,5
13	2,1	3,6	2,5	3,7	1,2	2,8	3,8	3,7	0,9	2,3	1,6	1,8	0	4,9	4,1	5,4	5,3
14	3,2	4,8	3,5	1,5	3,7	4,9	1,1	4,2	4,5	3,5	3,4	3,1	4,9	0	2	3,3	3,2
15	2,3	3,9	2,6	0,45	2,9	2,9	0,85	3,4	3,7	2,7	2,6	2,3	4,1	2	0	1,3	1,2
16	3,7	5,3	4	1,7	4,2	4,2	2,1	4,7	5	4	3,9	3,6	5,4	3,3	1,3	0	0,1
17	3,6	5,2	3,9	1,6	4,1	4,1	2	4,6	4,9	3,9	3,8	3,5	5,3	3,2	1,2	0,1	0

Gambar 5. Hasil Perhitungan Algoritma Greedy

Sehingga menghasilkan persamaan :

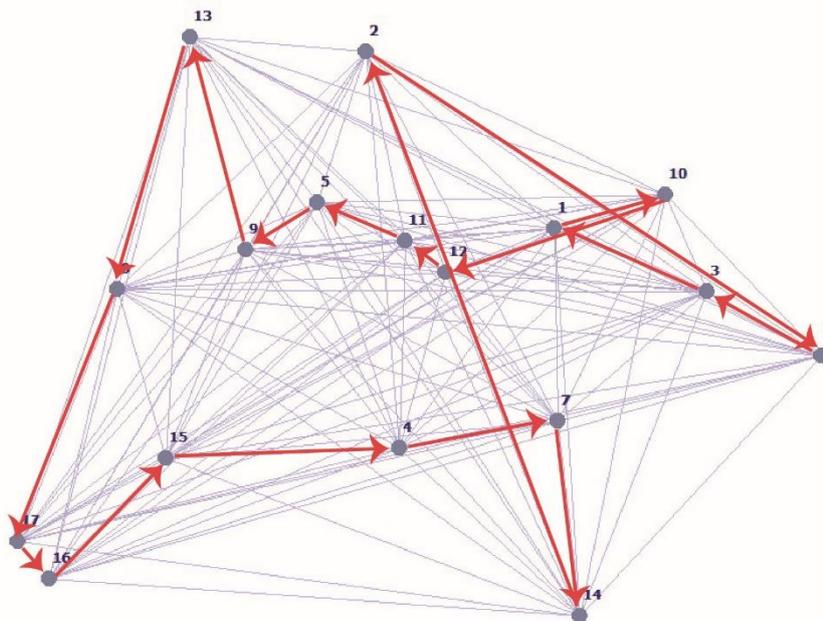
$$x_{1,10}, x_{10,12}, x_{12,11}, x_{11,5}, x_{5,9}, x_{9,13}, x_{13,8}, x_{8,17}, x_{17,16}, x_{16,15}, x_{15,4}, x_{4,7}, x_{7,14}, x_{14,2}, x_{2,6}, x_{6,3}, x_{3,1} = 1$$

$$Z = c_{1,10} + c_{10,12} + c_{12,11} + c_{11,5} + c_{5,9} + c_{9,13} + c_{13,8} + c_{8,17} + c_{17,16} + c_{16,15} + c_{15,4} + c_{4,7} + c_{7,14} + c_{14,2} + c_{2,6} + c_{6,3} + x_{3,1}$$

$$Z = 0,21 + 0,5 + 0,24 + 0,45 + 0,75 + 0,9 + 3,7 + 4,6 + 0,1 + 1,3 + 0,45 + 0,4 + 1,1 + 4,8 + 2,6 + 0,55 + 0,85$$

$$Z = 23,5$$

Warna merah menandakan bahwa jalur tersebut tidak dilalui, sedangkan warna hijau adalah jalur yang dilalui. Diketahui bahwa rute yang dihasilkan yakni : 1-10-12-11-5-9-13-8-17-16-15-4-7-14-2-6-3-1 dengan total jarak tempuh yaitu sepanjang 23,5 Km. Sehingga akan terbentuk suatu sirkuit Hamilton pada graf sebagai berikut :



Gambar 6. Graf Hasil Algoritma Greedy

Dengan menggunakan algoritma *Brute Force*, pencarian rute terpendek yakni dengan membuat semua kemungkinan kombinasi jalur yang dapat dibuat, kemudian memilih total jarak tempuh terpendek dari semua kemungkinan kombinasi jalur yang dapat dibuat tersebut.

Terdapat  $(17 - 1)!$  Kemungkinan kombinasi jalur yang dapat dibuat. Namun pada penelitian ini, hanya akan dituliskan 16 kemungkinan kombinasi jalur yang dapat dibuat karena keterbatasan dalam membuat seluruh kemungkinan tersebut. Berdasarkan Gambar 1, berikut adalah Gambar 7 yang merupakan proses pencarian rute dan total jarak tempuh terpendek menggunakan algoritma *Brute Force*.

1-2-10-3-6-12-11-5-13-9-8-7-14-4-15-17-16-1 = 21,74  
 1-3-6-10-12-11-5-13-9-8-7-14-4-15-17-16-2-1 = 22,64  
 1-4-15-17-16-7-14-8-9-5-13-11-12-6-3-10-2-1 = 22,74  
 1-5-13-9-8-11-12-10-3-6-7-14-4-15-17-16-2-1 = 23,99  
 1-6-3-10-2-12-11-5-13-9-8-7-14-4-15-17-16-1 = 22,24  
 1-7-4-15-17-16-14-6-3-10-2-12-11-5-9-8-13-1 = 26,89  
 1-8-9-5-13-11-12-4-15-16-17-7-14-6-3-10-2-1 = 24,94  
 1-9-8-5-13-11-12-4-15-17-16-7-14-6-2-10-2-1 = 26,19  
 1-10-2-3-6-12-11-5-13-9-8-4-15-17-16-7-14-1 = 22,1  
 1-11-5-13-9-8-12-7-4-15-17-16-14-6-3-10-2-1 = 24,55  
 1-12-11-5-13-9-8-4-15-17-16-14-7-3-6-2-10-1 = 22  
 1-13-5-9-8-11-12-2-10-3-6-14-7-4-15-17-16-1 = 25,84  
 1-14-7-4-15-17-16-12-11-5-9-8-13-10-2-3-6-1 = 25,64  
 1-15-17-16-4-7-14-12-11-5-13-9-8-2-10-3-6-1 = 22,99  
 1-16-17-15-4-7-14-6-3-10-2-12-11-5-13-9-8-1 = 24,44  
 1-17-16-15-4-7-14-12-11-5-13-9-8-10-3-6-2-1 = 23,54

### Gambar 7. Kombinasi Jalur Algoritma Brute Force

Dari Gambar 7 diatas terlihat bahwa rute yang terpendek adalah 1-2-10-3-6-12-11-5-13-9-8-7-14-4-15-17-16-1 dengan total jarak tempuh yakni 21,74 Km. Sehingga persamaan yang dapat dibuat yakni :

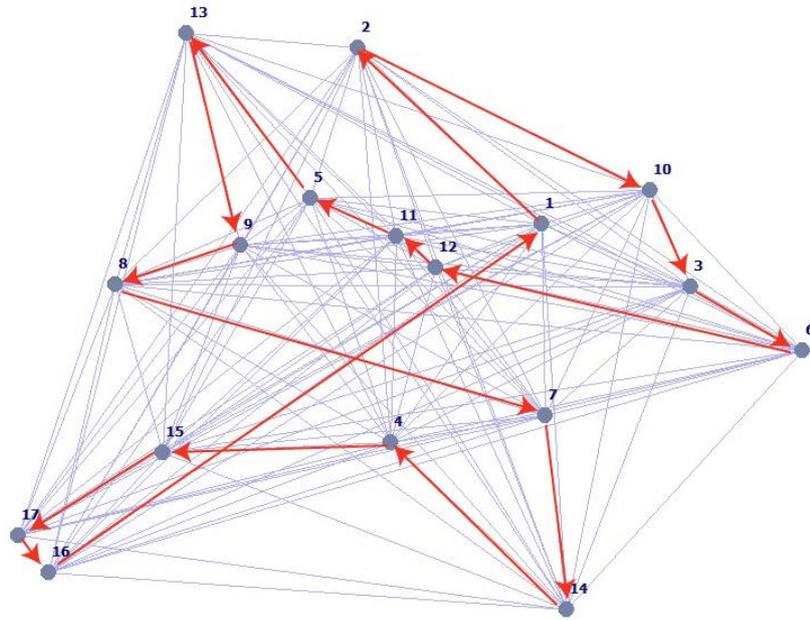
$$x_{1,2}, x_{2,10}, x_{10,3}, x_{3,6}, x_{6,12}, x_{12,11}, x_{11,5}, x_{5,13}, x_{13,9}, x_{9,8}, x_{8,7}, x_{7,14}, x_{14,4}, x_{4,15}, x_{15,17}, x_{17,16}, x_{16,1} = 1$$

$$Z = c_{1,2} + c_{2,10} + c_{10,3} + c_{3,6} + c_{6,12} + c_{12,11} + c_{11,5} + c_{5,13} + c_{13,9} + c_{9,8} + c_{8,7} + c_{7,14} + c_{14,4} + c_{4,15} + c_{15,17} + c_{17,16} + x_{16,1}$$

$$Z = 1,5 + 1,3 + 0,65 + 0,55 + 1 + 0,24 + 0,45 + 1,2 + 0,9 + 2,8 + 3,1 + 1,1 + 1,5 + 0,45 + 1,2 + 0,1 + 3,7$$

$$Z = 21,74$$

Sirkuit Hamilton pada graf yang terbentuk yaitu:



**Gambar 8.** Graf Hasil Algoritma Brute Force

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa hasil rute dan total jarak tempuh pengiriman barang dari setiap algoritma berbeda. Total jarak tempuh yang paling pendek yaitu menggunakan algoritma *Brute Force* dengan total jarak tempuh sepanjang 21,74 Km. Pada Tabel 1 berikut adalah perbandingan hasil rute dan total jarak tempuh dari setiap algoritma.

**Tabel 2.** Perbandingan Rute dan Total Jarak Tempuh Pengiriman Barang

No	Hasil	Rute	Jarak Tempuh
1	Algoritma <i>K-Nearest Neighbor</i>	1-10-12-11-5-9-13-3-6-4-7-15-17-16-14-8-2-1	24,05 km
2	Algoritma <i>Greedy</i>	1-10-12-11-5-9-13-8-17-16-15-4-7-14-2-6-3-1	23,5 km
3	Algoritma <i>Brute Force</i>	1-2-10-3-6-12-11-5-13-9-8-7-14-4-15-17-16-1	21,74 km

**D. Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Rute pengiriman barang menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* menghasilkan rute: 1-10-12-11-5-9-13-3-6-4-7-15-17-16-14-8-2-1 dengan total jarak tempuh sepanjang 24,05 Km.
2. Rute pengiriman barang menggunakan algoritma *Greedy* menghasilkan rute : 1-10-12-11-5-9-13-8-17-16-15-4-7-14-2-6-3-1 dengan total jarak tempuh sepanjang 23,5 Km.
3. Rute pengiriman barang menggunakan algoritma *Brute Force* adalah 1-2-10-3-6-12-11-5-13-9-8-7-14-4-15-17-16-1 dengan total jarak tempuh sepanjang 21,74 km.

4. Hasil yang didapat menggunakan algoritma *Brute Force* merupakan hasil yang paling optimal karena hasil yang didapat adalah hasil yang terpendek.
5. Terdapat kelebihan dan kekurangan dari algoritma *K-Nearest Neighbor* ini. Kelebihan dari algoritma *K-Nearest Neighbor* yaitu permasalahan TSP dapat diselesaikan dengan lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan algoritma *Brute Force*, adapun kekurangan dari algoritma *K-Nearest Neighbor* ini yaitu solusi rute yang didapat tidak menjamin paling optimal.
6. Algoritma *Greedy* memiliki kelebihan sama seperti pada algoritma *K-Nearest Neighbor* yakni dapat diselesaikan dengan lebih cepat dan efisien. Namun, kekurangan algoritma tersebut adalah tidak menjamin bahwa solusi yang didapat paling optimal
7. Adapun pada algoritma *Brute Force*, kelebihanannya yaitu rute yang didapat memiliki solusi yang paling optimal karena memilih solusi dari seluruh kemungkinan kombinasi rute yang dapat dibuat. Namun, kelemahan algoritma *Brute Force* yaitu pada proses penyusunan rute pengiriman barang diperlukan waktu yang lebih lama, terlebih lagi jika data titik lokasi yang akan dikunjungi cukup banyak, tidak menutup kemungkinan terjadi kesalahan sehingga dibutuhkan ketelitian yang baik.

#### Daftar Pustaka

- [1] CNN Indonesia, “Konsumen Belanja RI Melonjak 88 Persen Pada 2021,” *Bisnis*, 29 Desember 2021. [Online]. Available: <https://www.cnnindonesia.com>. [Diakses 30 Mei 2022].
- [2] J&T Express, “J&T Express,” About Us: Company, [Online]. Available: <https://jet.co.id>. [Diakses 31 Mei 2022].
- [3] F. Sologia, R. Aurachman dan P. G. A. Kusuma, “Rekomendasi Rute Wisata Menggunakan Metode Travelling Salesman Problem dengan Algoritma K-Nearest Neighbour (Studi Kasus : Toraja Utara),” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 7, no. 2, p. 6423, 2020.
- [4] F. Goronescu, “Data Mining Concepts, Models and Techniques,” *Intelligent Systems Reference Library*, vol. 12, 2011.
- [5] S. A. Haryono, “Perbandingan Algoritma Branch and Bound, Greedy, dan Nearest Neighbor dalam Menentukan Rute Perjalanan,” 8 Mei 2016. [Online]. Available: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2015-2016/Makalah-2016/MakalahStima-2016-044.pdf>. [Diakses Januari 13 2023].
- [6] M. Kurniawan dan N. Suciati, “Modifikasi Kombinasi Particle Swarm Optimization dan Genetic Algorithm untuk Permasalahan Fungsi Non-Linear,” *Jurnal Teknologi Informasi*, pp. 31-40, 2017.
- [7] Fargiana Farid Risqullah. (2021). *Implementasi Algoritma Cheapest Insertion Heuristic dalam Menentukan Rute Pengiriman Barang*. *Jurnal Riset Matematika*, 1(2), 129-136.