

Masalah *Vehicle Routing Problem* pada Pengiriman Barang di Kota Bandung Utara dengan Menggunakan Kluster K-Means dan Algoritma Nearest Neighbor

Debby Agustine^{1, a)}, Ibnu Hadi^{1, b)}, Devi Eka Wardani Meganingtyas^{1, c)}

¹*Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Jakarta*

Email: ^{a)}debby_agustine@gmail.com, ^{b)}ibnu_hadi@unj.ac.id, ^{c)}deviekawm@unj.ac.id

Abstract

The Vehicle Routing Problem (VRP) is an optimization in determining the route of packet distribution with limited vehicle capacity. Routing in the distribution of packets is important so that the shortest route will be sought so that the package arrives on time. One of the algorithms that discusses the search for vehicle routes with VRP problems is the Nearest Neighbor Algorithm, as for the stages in finding the best route by enumerating all possible sequences of existing routes and selecting the best set of routes in order to find the shortest route from one node to all other nodes so it becomes a connected route.

Keywords: VRP, Nearest Neighbor, Clustering K-Means

Abstrak

Masalah *Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan masalah optimasi dalam menentukan rute pendistribusian paket dengan keterbatasan kapasitas kendaraan. Perutean pada distribusi paket adalah hal penting sehingga akan dicari rute terpendek agar paket sampai dengan tepat waktu. Salah satu algoritma yang membahas tentang pencarian rute kendaraan masalah VRP adalah Algoritma Nearest Neighbor, adapun tahapan dalam mencari rute terbaik dengan mengenumerasi semua rangkaian yang mungkin dari rute yang ada dan memilih rangkaian rute yang terbaik agar dapat mencari rute terpendek dari satu simpul ke semua simpul lain sehingga menjadi rute yang terhubung.

Kata-kata kunci: VRP, Nearest Neighbor, Klustering K-Means

PENDAHULUAN

Perkembangan jaman yang semakin pesat, membuat masyarakat mempunyai berbagai pilihan dalam membeli barang, salah satunya adalah pembelian online, pembelian online menjadi tren saat ini karena dirasa lebih mudah dalam pemesanan barang dan harga barang dirasa lebih murah apabila membeli barang di situs barang tersebut, walaupun terdapat biaya pengiriman paket dan kendala waktu tunggu barang sampai ke konsumen dapat tepat waktu. Masalah yang dihadapi tersebut dinamakan *Vehicle Routing Problem* (VRP). *Vehicle Routing Problem* adalah masalah optimasi dalam

menentukan rute pendistribusian barang dengan keterbatasan kapasitas kendaraan. Permasalahan VRP bermula dengan adanya sebuah depot (tempat menyimpan barang) awal dan sejumlah n tempat berbeda untuk dikunjungi dengan permintaan yang berbeda-beda. Serta, terdapat kendaraan yang mampu memenuhi permintaan setiap tempat dari depot.

Tujuan Vehicle Routing Problem (VRP) adalah menentukan rute yang optimal untuk beberapa kendaraan yang mengunjungi satu set lokasi. (Jika terdapat satu kendaraan, ini menjadi masalah tenaga penjual bepergian). Rute optimal untuk VRP adalah mencari rute dengan total jarak paling sedikit, namun jika tidak ada kendala lain, solusi optimal menugaskan hanya satu kendaraan untuk mengunjungi semua lokasi, dan menemukan rute terpendek untuk kendaraan itu.

Pada tahun 2018 Adyan, Wayan, dan Yusuf membahas penelitian tentang K-Means Klustering dan Algoritma Genetika untuk Memecahkan Masalah Perutean Kendaraan dengan Masalah Windows Waktu. Penelitian ini menggabungkan metode Klustering K-means dan Algoritma Genetika untuk menyelesaikan masalah VRPTW. Distribusi merupakan aspek terpenting dari kegiatan industri yang berkontribusi pada pengiriman produk dari produsen kepada konsumen [1]. Tanpa saluran distribusi yang sistematis, promosi yang baik dan strategi tidak akan membuat produk dikenal dan dikonsumsi oleh konsumen[2]. Tujuan distribusi yang sistematis adalah untuk melayani produk pelanggan tepat waktu dan meminimalkan biaya operasional.

Menurut Toth dan Vigo[3] bahwa penggunaan prosedur terkomputerisasi untuk proses perencanaan distribusi dapat menekan biaya 5 – 20 % sehingga ini menggunakan pemrograman matematika akan lebih efektif dalam proses penentuan manajemen rute pelayanan barang distribusi. Penentuan distribusi barang adalah Vehicle Routing Problem (VRP). VRP merupakan masalah kombinatorial yang membahas tentang proses pendistribusian barang dari suatu depot kepada pelanggan yang tersebar diberbagai lokasi dengan keterbatasan kendaraan, jarak antar depot dan pelanggan, kapasitas dan waktu kendaraan [4].

Karena melewati rute pengiriman barang sekali, maka perlu ada pengelompokan wilayah untuk melayani banyak pelanggan, sehingga membuat pelanggan puas. Menurut MacQueen [5] K-Means adalah metode yang melakukan clustering sehingga akan mendapatkan hasil yang maksimal. Menetapkan titik tengah yang tepat pada setiap cluster sehingga dapat memberikan hasil yang tepat dalam pengelompokan data. K-Means adalah metode yang baik untuk clustering yang mendapat solusi yang cepat. K-Means dapat memberikan solusi yang baik untuk pemecahan dalam mengelompokkan daerah prioritas.

Salah satu cara mendesain rute distribusi adalah menggunakan K-means dan Algoritma Genetika. K-Means dapat melakukan pengelompokan dengan baik dan algoritma genetika dapat mengoptimalkan rute. Algoritma genetika yang diusulkan menggunakan inisialisasi kromosom dari hasil k-means dan menggunakan metode seleksi pengganti. Berdasarkan perbandingan antara algoritma genetika dan algoritma hybrid K-Means membuktikan bahwa algoritma genetika K-Means adalah metode kombinasi yang cocok dengan waktu komputasi yang relatif rendah.

Dalam penelitian ini, penentuan titik pusat adalah diatur secara manual. Setiap objek akan disisipkan dan diatur ke cluster tertentu, dimana setiap objek termasuk dalam cluster yang sama memiliki kemiripan. Untuk menentukan kesamaan objek dengan titik pusat dari cluster diukur dengan jarak Euclidian (D). Dengan adanya permasalahan tersebut, maka akan digunakan dengan menggunakan metode yang berbeda yaitu penggabungan cluster K-Means dan Algoritma Nearest Neighbor karena dianggap lebih cepat dalam mendapatkan hasil waktu dalam iterasi.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah observasi, yaitu pengumpulan data dengan melakukan suatu pengamatan secara langsung pada perusahaan yang akan menjadi objek penelitian. Selain observasi, peneliti juga

melakukan wawancara, yaitu mengadakan tanya jawab secara langsung kepada pihak instansi yang bertanggung jawab membantu penelitian ini.

Ada pun objek yang diteliti dalam penelitian ini adalah data jarak pengiriman pesanan di Kota Bandung Utara.

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dikelompokkan dalam tiga tahapan sebagai berikut: Tahap pertama adalah penelitian pendahuluan yaitu pengumpulan data, analisis data dengan metode yang sesuai dengan bentuk permasalahan, dan membuat kesimpulan akhir. Tahap kedua adalah studi literatur dimana pada tahap ini dikumpulkan bahan, informasi, keterangan dan teori dalam buku, dan konsultasi dengan para ahli atau narasumber serta rujukan dari artikel dan jurnal yang berhubungan dengan masalah optimalisasi dengan metode transportasi. Tahap ketiga adalah observasi yaitu melakukan pengamatan secara langsung pada variabel yang diteliti yaitu masalah transportasi dengan pertimbangan data permintaan, biaya kirim, kapasitas produksi, jarak antar distributor dan kapasitas armada pengiriman.

Teknik Analisis Data

1. Algoritma Nearest Neighbor

VRP klasik merupakan graf tak berarah yang dinyatakan sebagai berikut :

$$G = (V, E)$$

Dimana V menunjukkan depot dan E menunjukkan jarak depot awal dan depot yang berbeda-beda. Lintasan terpendek adalah masalah pencarian rute yang dapat diselesaikan dengan menggunakan graf. Jika graf diberikan bobot maka lintasan terpendek adalah pencarian rute pada graf berbobot dengan mencari rute pada graf tersebut dengan meminimumkan jumlah bobot sisi pembentuk rute tersebut. Lintasan terpendek melewati simpul hanya satu kali sehingga menjadi graf terhubung dari simpul awal ke simpul akhir.

Algoritma Nearest Neighbor merupakan algoritma yang pengambilan sisi atau rute dengan mencari kemungkinan terbaik yang digunakan. Tahapan algoritma Nearest Neighbor adalah menentukan simpul atau depot awal selanjutnya menentukan simpul atau depot lain yang bobotnya dekat dengan simpul atau depot awal. Lakukan Langkah tersebut secara berulang sampai dengan simpul akhir. Algoritma ini mencari panjang lintasan terpendek dari simpul atau depot awal ke simpul atau depot akhir dalam sebuah graf berbobot terhubung. Misalkan Bobot dari simpul (i, j) adalah $v(i, j) > 0$ dan label untuk simpul atau depot awal x adalah $M(x)$. selanjutnya, label untuk simpul atau depot akhir $M(y)$ merupakan panjang lintasan terpendek dari depot awal ke depot lainnya yaitu x ke y . Algoritma Nearest Neighbor merupakan tahapan dalam membentuk rute berdasarkan clustering yang terdapat pada pendekatan Algoritma K-Means.

2. Kluster K-Means

Algoritma K-Means adalah algoritma untuk membagi n buah pengamatan menjadi k kelompok sedemikian hingga tiap pengamatan termasuk ke dalam kelompok dengan rata-rata terdekat (mendekati titik tengah kelompok).^[1] Pengklasteran k means meminimalkan ragam dalam kluster (kuadrat jarak Euklides, bukan jarak Euklides biasa). Permasalahan ini sulit secara komputasi. Namun, algoritma heuristik yang efisien dapat mencapai optimum lokal dengan cepat. Penerapan pengklasifikasi 1 tetangga terdekat ke titik tengah kelompok yang didapatkan oleh k means dapat mengelompokkan data baru ke dalam kelompok yang sudah ada. Cara ini disebut sebagai pengklasifikasi sentroid terdekat atau algoritma Rocchio. Algoritma pengklasteran k means adalah sebagai berikut.^[2]

1. Pilih k buah titik tengah secara acak.
2. Kelompokkan data sehingga terbentuk k buah kelompok dengan titik tengah tiap kelompok merupakan titik tengah yang telah dipilih sebelumnya.
3. Memperbaharui nilai titik tengah setiap kelompok.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 sampai titik tengah semua kelompok tidak lagi berubah.

Proses pengklasteran data ke dalam suatu kelompok dapat dilakukan dengan cara menghitung jarak terdekat dari suatu data ke sebuah titik tengah. Perhitungan jarak Minkowski dapat digunakan untuk menghitung jarak antara 2 buah data.

Pembaruan titik tengah dapat dilakukan dengan rumus berikut:^[3]

$$\mu_k = \frac{1}{N_k} \sum_{j=1}^{N_k} x_j$$

dengan μ_k adalah titik tengah kelompok ke- k , N_k adalah banyak data dalam kelompok ke- k , dan x_j adalah data ke- j dalam kelompok ke- k .

Menurut Daniel dan Eko, Langkah-langkah algoritma K-Means adalah sebagai berikut:

- a. Pilih secara acak k buah data sebagai pusat cluster.
- b. Jarak antara data dan pusat cluster dihitung menggunakan Euclidian Distance. Untuk menghitung jarak semua data ke setiap titik pusat cluster dapat menggunakan teori jarak Euclidean yang dirumuskan sebagai berikut:

$$D(i, j) = \sqrt{(X_{1i} - X_{1j})^2 + (X_{2i} - X_{2j})^2 + \dots + (X_{ki} - X_{kj})^2}$$

dimana:

$D(i, j)$ = Jarak rute data i ke pusat cluster j

X_{ki} = Data ke i pada atribut data ke k

X_{kj} = Titik pusat ke j pada atribut ke c .

- c. Data ditempatkan dalam cluster yang terdekat, dihitung dari tengah cluster.
- d. Pusat cluster baru akan ditentukan bila semua data telah ditetapkan dalam cluster terdekat.
- e. Proses penentuan pusat cluster dan penempatan data dalam cluster diulangi sampai nilai centroid tidak berubah lagi.

Untuk dapat melakukan pengelompokan data-data tersebut menjadi beberapa cluster perlu dilakukan beberapa langkah, yaitu :

1. Tentukan jumlah cluster yang diinginkan. Pada kasus contoh penelitian ini data yang ada dikelompokkan dua cluster.
2. Tentukan titik pusat awal dari setiap cluster. Pada kasus contoh penelitian ini titik pusat awal ditentukan secara random dan didapat titik pusat dari setiap cluster.
3. Tempatkan setiap data pada cluster. Dalam penelitian ini digunakan metode k-means untuk mengalokasikan setiap data ke dalam suatu cluster, sehingga data akan dimasukkan dalam suatu cluster yang memiliki jarak paling dekat dengan titik pusat dari setiap cluster. Untuk mengetahui cluster mana yang paling dekat dengan data, maka perlu dihitung jarak setiap data dengan titik pusat setiap cluster.
4. Setelah semua data ditempatkan ke dalam cluster yang terdekat, kemudian hitung kembali pusat cluster yang baru berdasarkan rata-rata anggota yang ada pada cluster tersebut.
5. Setelah didapatkan titik pusat yang baru dari setiap cluster, lakukan kembali dari langkah ketiga hingga titik pusat dari setiap cluster tidak berubah lagi dan tidak ada lagi data yang berpindah dari satu cluster ke cluster yang lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Misalkan terdapat permasalahan VRP dimana hanya terdapat satu truk yang tersedia untuk mengantar paket di Kota Bandung mengelilingi 10 depot yang ada di Kota Bandung Utara . Diberikan suatu peta yang menggambarkan depot sebagai berikut :

Terdapat 10 depot yang ada di Kota Bandung Utara seperti terlihat pada Tabel 1.

TABEL 1 : Data Jarak Depot Kota Bandung Utara Dalam Satuan Km

Cabang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	90,6	58,9	52,5	17,2	46	8,4	59,6	68,3	15,1
2	90,6	0	17,5	48	27,6	50,9	32	36,7	30,9	21,8
3	58,9	17,5	0	7	10,9	14,9	29,9	13,2	28,7	19,6
4	52,5	48	7	0	4,5	7,6	14,9	14,4	31,5	21,6
5	17,2	27,6	10,9	4,5	0	5,7	13	16,3	31,5	35,2
6	46	50,9	14,9	7,6	5,7	0	19	24,9	37,3	40,9
7	8,4	32	29,9	14,9	13	19	0	4,7	20,1	23,8
8	59,6	36,7	13,2	14,4	16,3	24,9	4,7	0	22	23,1
9	68,3	30,9	28,7	31,5	31,5	37,3	20,1	22	0	17,2
10	15,1	21,8	19,6	21,6	35,2	23,8	23,8	23,1	17,2	0

Permasalahan optimasi dibatasi dengan kondisi bahwa setiap barang yang diantarkan pada interval waktu yang sama dan hanya mencari rute terpendek kendaraan dari satu depot awal ke depot akhir. Untuk memudahkan dilakukan klustering data atau pengelompokan data sehingga diperlukan data tambahan yaitu titik koordinat berupa lintang selatan dan bujur timur sesuai dengan nama tempat data tersebut.

Untuk $i = 1, 2, \dots, m$ kita punya

v_i	Volume item barang ke- i
j_i	Jarak tujuan item barang satu depot ke depot lainnya

Untuk $j = 1, 2, \dots, p$ kita punya

$Cap v_j$	Kapasitas daya tampung volume kendaraan j
$Cap K_j$	Kapasitas jarak tempuh kendaraan j

Permasalahan VRP di atas adalah untuk kendaraan 1 truk yang mengantar barang dari 1 depot ke depot lain. Terdapat 2 truk dengan kapasitas volume kendaraan yang sama dan tipe kendaraan yang sama dalam 1 depot awal, apakah jarak tempuh efisien jika membagi 2 truk menjadi 2 rute atau 2 graf yang terhubung. Karena setiap depot memiliki tipe kendaraan yang sama dan jumlah kapasitas volume yang sama, maka untuk permasalahan 1 truk yang beredar mengelilingi depot satu ke depot lainnya akan dicari rute terbaik sehingga pengiriman memiliki jarak tempuh yang optimal.

Jika nilai $i = j$ maka jarak rute tersebut bernilai 0. Nyatakan V sebagai himpunan simpul dari semua depot yang ditempatkan pada 1 kendaraan, dan E adalah himpunan semua sisi yang menghubungkan rute setiap depot ke depot lainnya. sehingga kita mempunyai graf bobot lengkap yang dinyatakan dalam $G = (V, E)$ dengan bobot adalah jarak antardepot. Dan nyatakan d sebagai total jarak atau bobot yang diperoleh dari lintasan Hamiltonian graf G . Untuk kendaraan 1 truk haruslah memenuhi

$$d \leq Cap K_j$$

sehingga diperoleh rute untuk 1 truk kendaraan menggunakan algoritma Nearest Neighbor adalah 157,6.

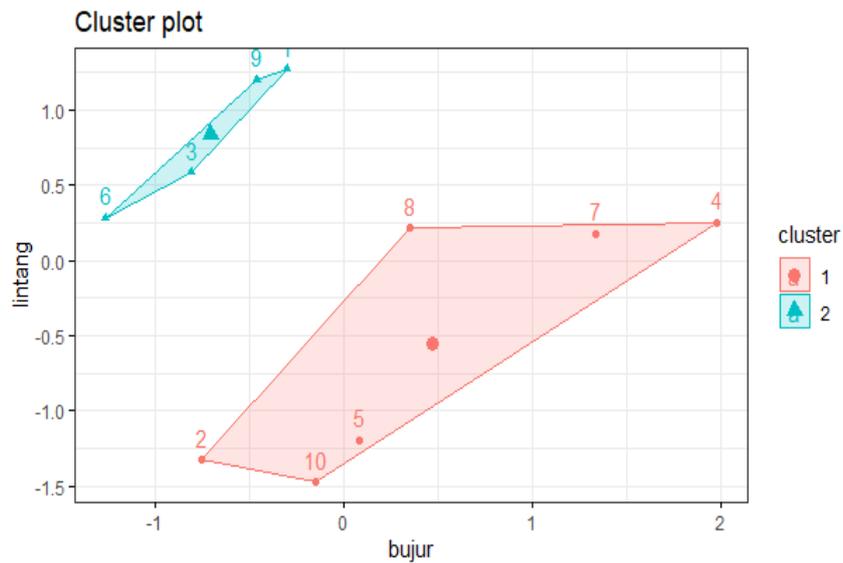
Lakukan hal yang sama untuk permasalahan 2 kendaraan truk. Langkah pertama untuk penyelesaian masalah di ini adalah dengan melakukan klusterin K-Means, memilih rute yang jaraknya terdekat dengan depot asal masing-masing. Karena terdapat 2 truk yang bergerak mengelilingi Kota Bandung Utara maka yang pertama dilakukan adalah mencari tahu dulu kesamaan data untuk memudahkan menklusterkan depot mana saja yang akan dilalui oleh truk 1 dan truk 2. Pertama ubah data jarak kedalam bentuk titik koordinat sehingga diperoleh data sebagai berikut.

TABEL 2. Data Jarak Depot Kota Bandung Utara Yang Telah Disesuaikan

Cabang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	19.1	9.4	2.8	24.3	16.3	29	11.3	7	17.2
2	19.1	0	19.8	24.2	11	13.4	27	17.1	27.7	8
3	11.6	19.8	0	11.1	28	9.7	29.7	14.3	13.2	13.2
4	2.8	24.2	11.1	0	23	14.9	27.6	9.9	8.8	11.4
5	24.3	11	28	23	0	21.3	25.6	18.4	35.5	13.9
6	16.3	13.4	9.7	14.9	21.3	0	26.8	13.5	20	13.1
7	29	27	29.7	27.6	25.6	26.8	0	22.6	32.1	18.4
8	11.3	17.1	14.3	9.9	18.4	13.5	22.6	0	14.9	7.2
9	7	27.7	13.2	8.8	35.5	20	32.1	14.9	0	27.3
10	17.2	8	11.6	11.4	13.9	13.1	18.4	7.2	27.3	0

Dengan menggunakan data baru yang telah disesuaikan, jika terdapat 1 truk yang berkeliling maka rute minimum yang diperoleh menggunakan nearest neighborhood yaitu 118, 20. Jika terdapat 2 truk yang mengelilingi depot cabang Kota Bandung Utara dengan menggunakan data di atas dan algoritma K-means diperoleh pembagian cluster sebagai berikut :

Dengan menggunakan Algoritma K-Means dimana jumlah cluster telah ditentukan.



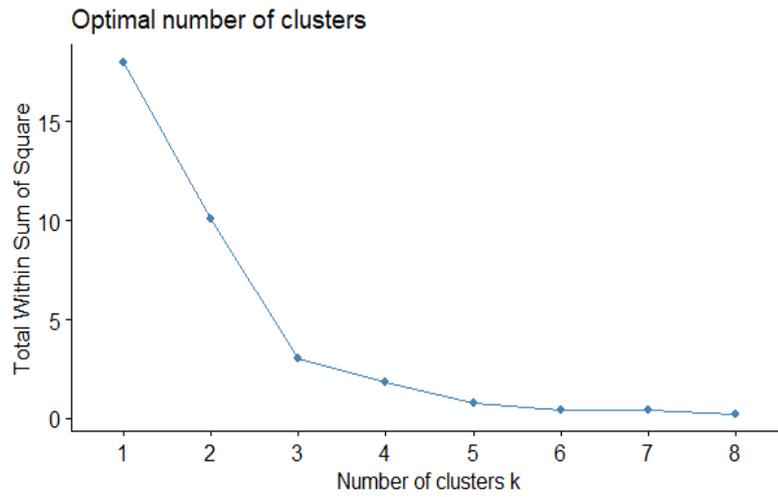
GAMBAR 2. Plot kluster K-Means untuk 2 truk menggunakan data titik koordinat

Selanjutnya setelah diperoleh pembagian 2 buah cluster tersebut maka akan digunakan algoritma Nearest Neighbor untuk menghitung rute jarak yang optimal dengan menggunakan software Octave.

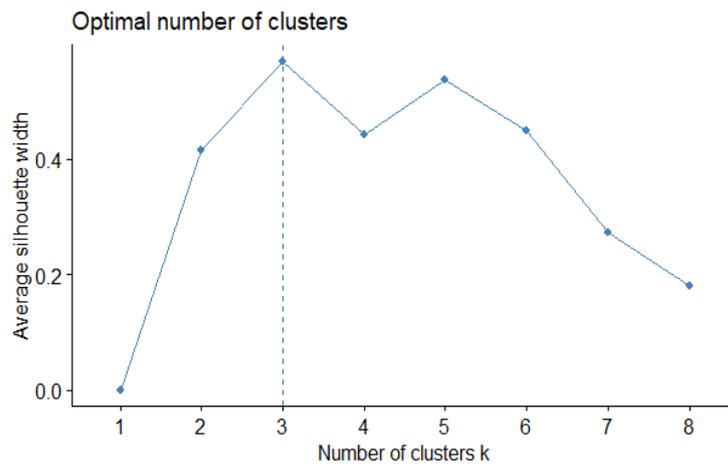
Rute optimal kluster 1 Jarak rute minimum menggunakan Nearest Neighbor = 49.8

Rute optimal kluster 2 Jarak rute minimum menggunakan Nearest Neighbor = 93.3

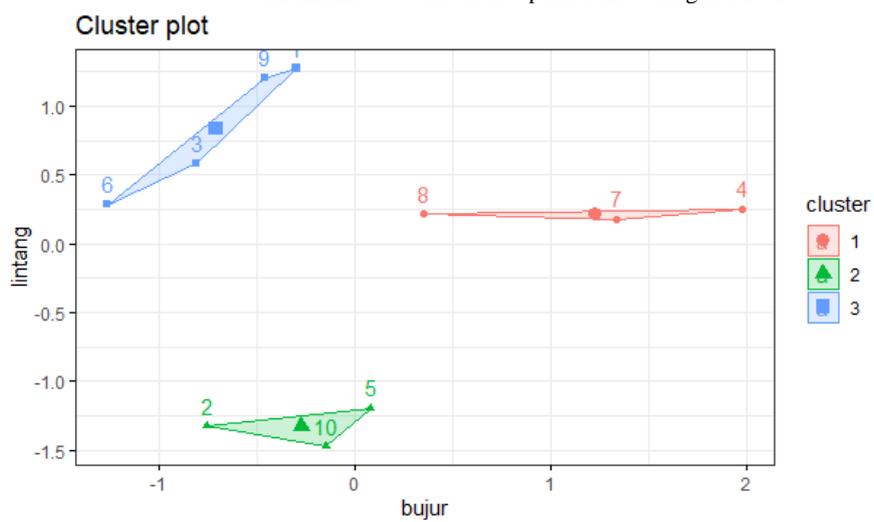
Dengan menggunakan klustering K-Means, kita dapat mencari berapa jumlah truk yang optimal, dalam mengantarkan paket agar paket sampai tepat waktu. Dengan menggunakan program R diperoleh 3 truk.



GAMBAR 3. Grafik Optimal Truk Menggunakan Kluster K-Means



GAMBAR 4. Grafik Titik Optimal Klustering K-Means



GAMBAR 5. Plot Kluster K-Means Untuk 3 Truk Menggunakan Data Titik Koordinat

Pengantaran paket antar kota di sekitaran Kota Bandung Utara sampai tepat waktu. Adapun rute pengelompokan kluster sebagai berikut : Jarak rute kluster 1 minimum menggunakan Nearest Neighbor 1 = 49.8. Jarak rute kluster 2 minimum menggunakan Nearest Neighbor = 60.1 dan jarak rute kluster 3 minimum menggunakan Nearest Neighbor = 32.9.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Jarak rute lintasan yang diusulkan menggunakan klustering K-Means dan Algoritma Nearest Neighbor memberikan rute optimal yang efektif sehingga pemecahan rute masalah terpendek disarankan menggunakan hasil optimal dari klustering K-Means bukan penetapan kendaraan yang ada. Dengan waktu komputasi lebih cepat yaitu 3 kluster dibandingkan pembagian 2 kluster.

Saran

Penelitian ini terbuka bagi peneliti lain yang ingin mencoba melakukan penelitian serupa dengan menggunakan metode selain Nearest Neighbor dengan data yang sama. Selain itu akan lebih baik jika dilakukan pengembangan dengan cara memperbanyak jumlah depot yang ada, maupun berbagai bentuk kendaraan dengan volume kendaraan yang berbeda - beda dalam pengantaran sehingga ditemukan prosedur solusi yang lebih efisien masih terbuka untuk penelitian di masa depan.

REFERENSI

- D. V. Paolo Toth. (2014). *Vehicle Routing: Problems, Methods and Applications*, Second Edition. USA: Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia
- Harco, Leslie Hendric, Spits Warnas. (2020). Penentuan Rute Pengiriman Barang Dengan Metode Nearest Neighbor. *PETIR: Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika* Vol. 13, No. 1, Maret 2020, P-ISSN 1978-9262, E-ISSN 2655-5018 DOI: <https://doi.org/10.33322/petir.v13i1.869>
- Hunwisai, D. dan Poom Kumam, A Method for Solving a Fuzzy Transportation Problem via Robust Ranking Technique and ATM, *Cogent Mathematics*. 2017 <https://doi.org/10.1080/23311835.2017.1283730>
- Julie Prive, J. R. (2006). Solving a Vehivle-Routing Problem Arising in Soft Drink Distribution. *Journal of Operational Research Society*, 1045-1052.
- Khan, Ajaz Ahmed. (2016). A Comparitive Study Of Nearest Neighbour Algorithm And Genetic Algorithm In Solving Travelling Salesman Problem. (Vol. 03, pp. 234–238).
- Kusumadewi, S. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- M. Amri, A.Rahman, and R. Yuniarti (2013). Nearest Neighbor Method To solve Vehicle Routing Problem (Case Study : MTP Nganjuk Distributor of PT Coca Cola). *media.neliti.com*.
- R. Nallusamy, K. Duraiswamy, R. Dhanalaksmi, and P. Parthiban. (2009). Optimization of Multiple Vehicle Routing Problems Using Approximation Algorithms, *Int. J. Eng. Sci. Technol.* (vol. 1, no. 3, pp. 129–135).
- Salman, Moh Raid . 2017. *Konsep dan Sifat Dasar Graf Fuzzy*. Fakultas Mipa. Universitas Negeri Makassar. Makassar
- Sari, E. R, *Studi Tentang Persamaan Fuzzy*, Cauchy Vol. 02, No. 2: 54-65, 2012.