

Perencanaan Alokasi dan Rute Distribusi Beras Kota Yogyakarta dengan Metode *K-Means Clustering*, *Tabu Search* dan *Ant Colony System*

Allocation and Distribution Routes Planning of Rice Product in the City of Yogyakarta using K-Means Clustering, Tabu Search and Ant Colony System

Lukman Adhitama ^{a,1*}, Muhammad Arif Wibisono ^{a,2}

^aDepartemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

^{1*}lukmanadhitama@mail.ugm.ac.id, ²arifwibisono@ugm.ac.id

*corresponding e-mail: lukmanadhitama@mail.ugm.ac.id

ABSTRACT

Population growth in urban areas will trigger an increase in demand for staple food, namely rice. Increased demand causes distribution activities to become more massive, resulting in air pollution. To be able to overcome this, an allocation plan is carried out using *k-means clustering* and determining the right distribution route using the *tabu search* method and *ant colony system* so that time, distance, emissions and costs are minimized. With a maximum transport capacity limit of 10,000 kg and consideration of the distance between the market and the warehouse and the amount of demand for each market, there are three groups of visit locations. Each group formed is processed using the *tabu search* method and *ant colony system* to produce a distribution route and the value of the desired goal. Processing with the *tabu search* method is superior with a time value = 189 minutes, distance = 53.3 km, emissions = 448 g and costs = Rp509,000.00.

Keywords : *Distribution Routes, Rice, Market, Tabu Search, Ant Colony System*

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk di wilayah perkotaan akan memicu kenaikan permintaan bahan pangan pokok yaitu beras. Permintaan yang meningkat menyebabkan aktivitas distribusi semakin masif sehingga menghasilkan pencemaran di udara. Untuk dapat mengatasi hal tersebut dilakukan perencanaan alokasi dengan *k-means clustering* dan penentuan rute distribusi yang tepat dengan metode *tabu search* dan *ant colony system* sehingga memiliki waktu, jarak, emisi dan biaya yang minimal. Dengan batasan kapasitas angkut maksimal yaitu 10.000 kg serta pertimbangan jarak pasar dengan gudang dan jumlah permintaan tiap pasar maka terdapat tiga kelompok lokasi kunjungan. Tiap kelompok yang terbentuk diolah menggunakan metode *tabu search* dan *ant colony system* sehingga menghasilkan rute distribusi dan nilai tujuan yang hendak dicapai. Pengolahan dengan metode *tabu search* unggul dengan nilai waktu = 189 menit, jarak = 53,3 km, emisi = 448 g dan biaya = Rp509.000,00.

Kata kunci : *Rute Distribusi, Beras, Pasar, Tabu Search, Ant Colony System.*

A. Pendahuluan

Setiap tahun jumlah penduduk di Indonesia selalu mengalami peningkatan. Hal ini terutama terjadi di wilayah perkotaan yang merupakan jantung perekonomian suatu daerah. Kenaikan jumlah penduduk akibat dari pertumbuhan penduduk itu sendiri maupun perpindahan penduduk dari desa ke kota akan menyebabkan pola konsumsi bahan pangan yang merupakan kebutuhan pokok manusia juga mengalami peningkatan (Bhinadi, 2012). Untuk dapat menyesuaikan dengan keadaan tersebut maka pengelolaan bahan pokok perlu diperhatikan. Bahan pokok yang paling utama perlu dikelola dengan baik adalah beras. Beras merupakan bahan pangan pokok yang dikonsumsi mayoritas penduduk Indonesia sekaligus salah satu penentu kesejahteraan masyarakat (Rohman & Maharani, 2018). Agar setiap orang dapat mencukupi kebutuhan konsumsi beras tersebut maka perlu adanya perencanaan yang tepat terkait alokasi dan distribusi beras agar permintaan konsumen dapat terpenuhi (Bantacut & Fadhil, 2018).

Permasalahan terkait distribusi dan rantai pasok barang di wilayah kota saat ini ramai diperbincangkan dalam isu “*city logistics*” atau “logistik perkotaan”. Hal ini dilandasi karena dengan semakin meningkatnya aktivitas perekonomian di

perkotaan terutama terkait pemenuhan kebutuhan atau logistik maka akan menyebabkan transportasi atau penggunaan kendaraan juga mengalami kenaikan yang signifikan (Asih dkk., 2016). Aktivitas kendaraan yang meningkat akan menyebabkan terjadinya kemacetan hingga pencemaran udara yang apabila dibiarkan terus-menerus akan memicu perubahan iklim akibat dari emisi kendaraan seperti gas karbon yang terus dikeluarkan (Adiba dkk., 2013). Oleh karena itu, dalam isu logistik perkotaan dibahas mengenai perlunya mengatur distribusi atau pengiriman barang yang baik sehingga mampu menghindarkan terjadinya kemacetan sehingga mampu mengurangi emisi yang dihasilkan oleh kendaraan saat beroperasi yang menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan (Taniguchi & Thompson, 2014).

Kota Yogyakarta merupakan salah satu kawasan yang ramai di Pulau Jawa akibat dari majunya aktivitas perekonomian, pendidikan hingga pariwisata di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Oleh karena itu, aktivitas distribusi bahan pokok seperti beras di Kota Yogyakarta perlu diatur dengan baik karena di berbagai sektor memerlukan konsumsi makanan. Dalam praktek distribusi selama ini, tujuan utama dari tercapainya distribusi

yang optimal menekankan pada biaya yang minimal. Biaya ini biasanya dikonversi dari jarak tempuh dan waktu transportasi kendaraan yang kemudian dikaitkan dengan komponen biaya yang menjadi pertimbangan (Jaramillo, 2011). Dengan berkembangnya era saat ini, selain mempertimbangkan aspek ekonomi dalam optimalisasi distribusi, aspek lingkungan perlu juga mendapat perhatian khusus (Lin dkk., 2014). Apabila produk yang didistribusikan cepat membusuk (*perishable*), maka kualitas produk pun juga dapat menjadi perhatian sendiri sehingga risiko yang menyebabkan produk berkurang kualitas juga terkadang perlu diperhatikan (Wang dkk., 2019). Akan tetapi, apabila produk bukan dari jenis *perishable* maka sekurang-kurangnya memperhatikan emisi yang dihasilkan oleh kendaraan distribusi yang dipakai (Zhao dkk., 2020). Sama seperti dengan perhitungan biaya, aspek emisi dapat didekati berdasarkan jenis bahan bakar dan faktor emisi yang timbul kemudian dikaitkan dengan penggunaannya dalam menempuh jarak dan waktu tertentu (Gharehyakheh dkk., 2020). Oleh karena itu, pada penelitian ini, dalam merencanakan distribusi beras di Kota Yogyakarta tidak hanya harus mencapai

waktu, jarak dan biaya yang minimal namun juga mempertimbangkan emisi.

Dalam penelitian ini akan melakukan alokasi dan distribusi beras bagi pasar-pasar di Kota Yogyakarta. Dalam prosesnya, metode metaheuristik dipilih karena mampu memberi solusi mendekati nilai optimal pada masalah dengan data cukup besar namun tidak memerlukan waktu perhitungan yang lama (Asih dkk., 2017). Pada pembahasan selanjutnya akan dijelaskan mengenai metode yang digunakan. Kemudian, data disajikan, diolah dan dianalisis sehingga memberi kesimpulan yang mampu menjawab tujuan penelitian ini yaitu mengoptimalkan distribusi beras untuk pasar-pasar yang berada di Kota Yogyakarta.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahap. Tahap pertama yaitu dengan mengelompokkan pasar tradisional di Kota Yogyakarta menjadi beberapa kluster untuk memudahkan alokasi distribusi beras. Tahap tersebut dilakukan dengan menggunakan metode *K-Means Clustering*. Tahap kedua yaitu menentukan rute distribusi. Proses ini dilakukan dengan mengujicobakan beberapa metode metaheuristik yaitu *tabu search* dan *ant colony system*. Ketiga metode ini memiliki struktur yang berbeda dalam menyelesaikan

kasus optimasi. Secara lebih rinci, berikut adalah langkah algoritma tiap metode dalam menyelesaikan permasalahan.

K-Means Clustering

K-Means Clustering adalah suatu metode yang berusaha mengelompokkan sejumlah data menjadi sejumlah kelompok tertentu berdasarkan kedekatannya pada kriteria yang ditentukan (Kamila dkk., 2019). Metode ini dalam masalah rantai pasok biasa digunakan untuk mengelompokkan lokasi kunjungan atau *customer* berdasarkan wilayah dan kapasitas angkut kendaraan (Afandi dkk., 2021). Hasil dari metode ini yaitu sejumlah kelompok tertentu beranggotakan sejumlah pelanggan yang berbeda antara satu kelompok tertentu dengan yang lain sehingga mudah dilayani (Agustine dkk., 2022). Langkah-langkah dalam metode ini adalah sebagai berikut.

- 1) Menentukan jumlah titik tengah atau kluster (k) sejumlah tertentu.
- 2) Menghitung jarak tiap data terhadap titik tengah yang telah ditentukan.
- 3) Mengelompokkan berdasarkan jarak terdekat.
- 4) Membuat titik tengah baru hingga semua data telah berhasil dikelompokkan.

Tabu Search

Tabu search merupakan metode optimasi yang mencari solusi di sekitar solusi yang sudah ada (*initial solution*) hingga iterasi yang dituju tercapai (Santosa, 2017). *Tabu search* memiliki keunggulan dimana terdapat memori berupa *tabu list* yang menghindari terjadinya pengulangan solusi yang dihasilkan sehingga dianggap dapat menghindari jebakan *local optimum* (Gonzalez, 2007). Penelitian masalah distribusi telah dilakukan sebelumnya dengan hasil yaitu minimasi jarak, waktu, penggunaan bahan bakar hingga emisi kendaraan sehingga menjadi dasar diterapkannya pada penelitian ini (Úbeda dkk., 2014). Langkah-langkah dalam metode ini adalah sebagai berikut.

- 1) Menentukan solusi awal dan menginisialisasikan parameter *tabu list* dan iterasi.
- 2) Melakukan perubahan solusi berdasarkan teknik pencarian solusi berbasis *neighbourhood*.
- 3) Memilih solusi terbaik kemudian melakukan pembaruan *tabu list* sesuai nilai parameter agar tidak dikerjakan lagi di perhitungan selanjutnya.
- 4) Mengulangi langkah tersebut hingga iterasi maksimal tercapai.

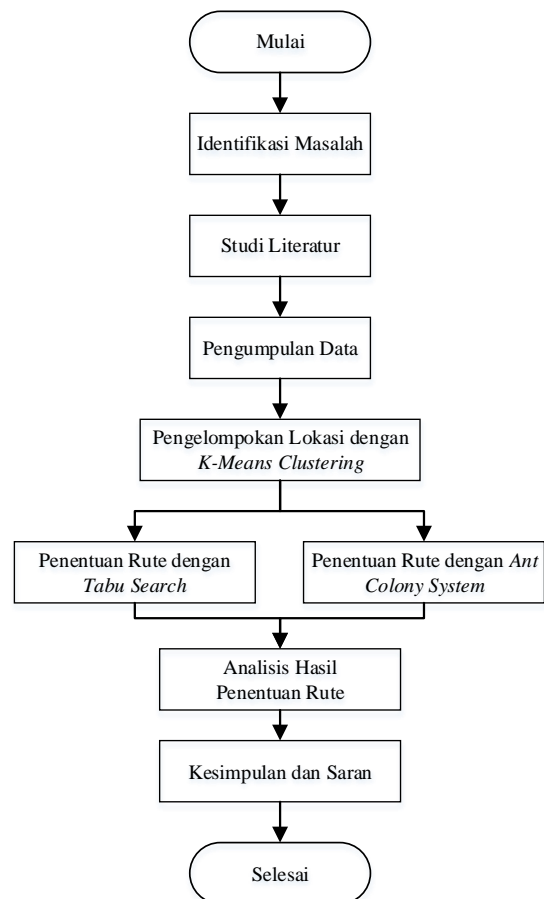
Ant Colony System

Ant Colony System melakukan metode metaheuristik yang berusaha mencari solusi optimal dengan mengadaptasi perilaku semut saat mencari makanan maupun melintasi kawasan dengan melewati rintangan tertentu (Santosa, 2017). Saat melakukannya, semut akan meninggalkan jejak berupa zat feromon. Jejak ini akan memandu semut lain melewati jalan yang sama sehingga feromon yang ditinggalkan akan semakin tebal dan memudahkan semut mencapai tujuan (Dorigo dkk., 2006). Metode ini telah diimplementasikan pada penelitian terdahulu sehingga menghasilkan rute distribusi dari satu depot ke sejumlah pelanggan dengan meminimalkan jarak, waktu, emisi serta energi yang dikonsumsi kendaraan (Li dkk., 2019). Bahkan pada masalah dengan depot lebih dari 1 pun juga telah dilakukan optimasi dengan metode ini (Jabir dkk., 2017). Berikut adalah tahapan dari metode *Ant Colony System*.

- 1) Melakukan inisialisasi parameter yang terdiri dari bobot feromon atau alpha (α), bobot *visibility* atau betha (β), koefisien penguapan feromon atau rho (ρ), jumlah semut (m) dan iterasi (i).
- 2) Memilih *node* berdasarkan matriks *visibility* dan melakukan pembaruan matriks setelah ada yang terpilih.

- 3) Memperbarui nilai feromon yang ada akibat *node* yang baru dipilih serta menguranginya di *node* yang lain karena belum atau sudah terpilih.
- 4) Menentukan solusi berdasarkan nilai feromon terbesar yang ditinggalkan oleh parameter semut.

Untuk memahami alur penelitian yang kami lakukan maka kami sajikan diagram alir seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Proses komputasi penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Matlab. Proses klusterisasi dilakukan dengan menggunakan software Minitab versi 21.1 tahun 2021. Program Matlab untuk

menentukan rute distribusi dibuat secara *online* dengan versi Matlab R2022b. Matlab dipilih karena cukup mumpuni dalam menyelesaikan masalah *combinatorial optimization*. Hasil akhir dari penelitian ini adalah rute terbaik dari skenario tiap metode pengolahan yang telah dilakukan.

C. Hasil dan Pembahasan

Yogyakarta merupakan sebuah kota di Daerah Istimewa Yogyakarta yang memiliki 14 kecamatan. Jumlah penduduk Kota Yogyakarta saat ini adalah 449.890, dengan estimasi rincian tiap kecamatan

adalah seperti pada tabel 1 (BPS, 2022). Masyarakat di Yogyakarta saat ini diketahui mengonsumsi beras sebagai makanan pokok sehari-hari. Menurut data Bappeda DIY, setiap hari orang mengonsumsi beras atau nasi sebanyak 0,22 kg per hari (BAPPEDA DIY, 2022). Kemudian sebanyak 20,05% penduduk memenuhi kebutuhan beras dengan cara berbelanja di pasar (Rizaty, 2022). Oleh karena itu, estimasi permintaan beras penduduk Kota Yogyakarta per harinya adalah seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Permintaan

| No | Kecamatan | Penduduk (jiwa) | Permintaan (kg) |
|----|--------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Gondomanan | 36.180 | 1.618 |
| 2 | Umbulharjo | 19.970 | 893 |
| 3 | Jetis | 33.478 | 1.497 |
| 4 | Gondokusuman | 90.578 | 4.050 |
| 5 | Pakualaman | 36.853 | 1.648 |
| 6 | Kotagede | 51.767 | 2.315 |
| 7 | Wirobrajan | 20.964 | 937 |
| 8 | Kraton | 10.651 | 476 |
| 9 | Danurejan | 14.889 | 666 |
| 10 | Mergangsan | 18.653 | 834 |
| 11 | Mantrijeron | 28.390 | 1.269 |
| 12 | Tegalrejo | 19.644 | 878 |
| 13 | Gedongtengen | 26.805 | 1.199 |
| 14 | Ngampilan | 41.066 | 1.836 |
| | Total | 449.890 | 20.116 |

Kota Yogyakarta memiliki 30 pasar tradisional yang tersebar di 14 kecamatan (Dinas Penanaman Modal dan Perizinan Kota Yogyakarta, 2022). Akan tetapi, tidak

semua pasar ini merupakan pasar sembako. Beberapa di antaranya hanya menjual barang atau komoditas tertentu saja. Oleh karena itu, distribusi beras di Kota

Yogyakarta hanya akan disalurkan ke pasar-pasar yang menjual sembako saja sejumlah 20 pasar. Pusat distribusi beras sendiri akan bersumber dari BULOG yang merupakan salah satu perusahaan logistik

milik pemerintah yang menjual sembako, termasuk beras. Data lokasi dan alamat gudang serta pasar sembako di Yogyakarta dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

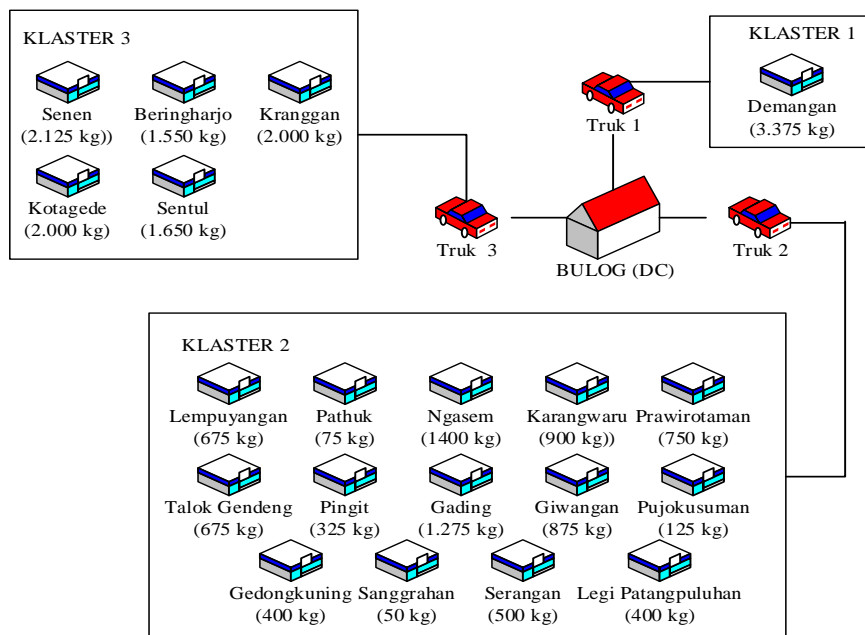
Tabel 2. Data Lokasi

| No | Lokasi | Alamat |
|----|------------------------|--|
| 1 | BULOG (Distributor) | Jl. Suroto No.6, 001, Kotabaru, Kec. Gondokusuman, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55224 |
| 2 | Lempuyangan | Jl. Hayam Wuruk No.179, Tegal Panggung, Kec. Danurejan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55212 |
| 3 | Senen | Jl. Jogonegaran No.13, Ngampilan, Gedong Tengen, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55272 |
| 4 | Demangan | Jl. Affandi No.345, Demangan, Kec. Gondokusuman, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55221 |
| 5 | Talok Gendeng | Jl. Tri Dharma, Baciro, Kec. Gondokusuman, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55225 |
| 6 | Beringharjo | Jl. Pabringan, Ngupasan, Kec. Gondomanan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55122 |
| 7 | Pathuk | Jl. Bhayangkara No.6, Ngupasan, Kec. Gondomanan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55261 |
| 8 | Kranggan | Jl. Poncowinatan, Gowongan, Kec. Jetis, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55233 |
| 9 | Pingit | Jl. Kyai Mojo No.9, Bumijo, Kec. Jetis, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55231 |
| 10 | Kotagede | Jl. Mentaok Raya, Purbayan, Kec. Kotagede, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55173 |
| 11 | Gedongkuning | Jl. Kebun Raya, Rejowinangun, Kec. Kotagede, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55171 |
| 12 | Ngasem | Jl. Polowijan No.11, Patehan, Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55133 |
| 13 | Gading | Jl. Mayjen DI Panjaitan, Mantrijeron, Kec. Mantrijeron, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55143 |
| 14 | Prawirotaman | Jl. Parangtritis No.103, Brontokusuman, Kec. Mergangsan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55153 |
| 15 | Pujokusuman | Jl. Sisingamangaraja, Keparakan, Kec. Mergangsan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55131 |
| 16 | Sentul | Jl. Sultan Agung No.67, Gunungketur, Pakualaman, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55166 |

| No | Lokasi | Alamat |
|----|------------|---|
| 17 | Karangwaru | Jl. Magelang, Karangwaru, Kec. Tegalrejo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55241 |
| 18 | Giwangan | Jl. Imogiri No.212, Giwangan, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55163 |
| 19 | Sanggrahan | Jl. Mawar, Semaki, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55166 |
| 20 | Serangan | Jl. R. E. Martadinata No.2, Pakuncen, Wirobrajan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55252 |

Untuk memudahkan pendistribusian maka dilakukan pengelompokan pasar ke dalam sejumlah klaster. Hal ini terutama untuk mengatasi batasan kapasitas maksimal kendaraan distribusi yaitu truk dengan kapasitas angkut 10.000 kg (Pramudyo & Ramadhani, 2020). Kemudian berdasarkan jumlah lapak di tiap pasar maka dilakukan pembobotan dan pembagian kapasitas permintaan. Kecamatan yang tidak memiliki pasar sembako maka akan disuplai oleh

kecamatan yang mengelilinginya. Hasil permintaan ini kemudian dibulatkan menjadi kelipatan 25 untuk mengakomodir jenis beras yang didistribusikan yaitu 25 kg per karungnya. Data pasar dan permintaan beras tersebut kemudian dikelompokkan menggunakan *K-Means Clustering* berdasarkan indikator jarak terhadap pusat distribusi dan jumlah permintaan sehingga didapatkan pembagian menjadi 3 klaster distribusi seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Pengelompokan dan Alokasi Beras Setiap Pasar

Perhitungan rute distribusi dengan menggunakan metode *ant colony system* oleh *software* Matlab akan menghasilkan urutan lokasi kunjungan dan waktu tempuh yang diperlukan. Urutan lokasi tersebut akan menjadi acuan dalam perhitungan jarak tempuh yang diperlukan. Berdasarkan jarak tempuh yang didapat, maka dapat diketahui nilai emisi CO yang dihasilkan. Diketahui berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup, truk berbahan bakar solar memiliki faktor emisi CO sebesar 8,4 per km (Kementerian Lingkungan Hidup, 2013). Hasil emisi distribusi akan diperoleh dengan mengalikan faktor emisi tersebut dengan jarak tempuh kendaraan.

Hasil waktu dan jarak tempuh juga menjadi acuan dalam perhitungan biaya. Perhitungan biaya diperoleh dari kalkulasi biaya tenaga kerja dan bahan bakar. Saat ini Kota Yogyakarta memiliki upah minimum yaitu Rp2.153.970,00 yang apabila dikoversi menjadi per jam yaitu sekitar Rp13.000,00 (asumsi sebulan 22 hari kerja dengan sistem 5 hari kerja per minggu) (Setyaningrum, 2022). Pada setiap kendaraan diasumsikan terdapat 3 pekerja yaitu 1 pengemudi dan 2 kuli angkut. Kemudian jam kerja diperoleh dari waktu distribusi oleh pengemudi ditambah waktu bongkar muat oleh kuli angkut. Waktu muat diasumsikan bahwa 1 pekerja dalam 1 menit

dapat mengangkut 3 karung beras ke dalam truk. Waktu bongkar diasumsikan dalam 1 menit 1 pekerja dapat membawa 1 karung beras karena pasar terkadang terhambat oleh keramaian pengunjung dan lokasi titik pengantaran yang tersebar. Dengan dua acuan tersebut maka diperoleh total waktu bongkar muat. Waktu tersebut kemudian dijumlahkan dengan waktu tempuh/distribusi dan totalnya dikalikan tarif tenaga kerja maka akan diperoleh biaya tenaga kerja. Kemudian, perhitungan biaya bahan bakar didekati dari jarak tempuh yang diperoleh. Berdasarkan data Kemenperind diketahui bahwa 1 liter bahan bakar dapat menempuh jarak 20 km (Kementerian Perindustrian, 2013). Apabila jarak dibagi 20 maka akan diperoleh jumlah kebutuhan bahan bakar yang diperlukan. Angka tersebut kemudian dikalikan dengan harga bahan bakar saat ini yaitu Rp6.800,00 per liter sehingga biaya bahan bakar pun diperoleh (Pertamina, 2022). Total biaya diperoleh dengan menjumlahkan biaya tenaga kerja dan bahan bakar. Hasil perhitungan rute, waktu, jarak, emisi dan biaya yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabu Search

Penentuan rute distribusi dengan metode *tabu search* hanya dilakukan pada klaster 2 dan 3. Hal ini dikarenakan klaster

1 hanya memiliki jumlah *node* 2 saja. Artinya, proses distribusi klaster 1 hanya dilakukan dari pusat distribusi menuju 1 lokasi tujuan atau pasar sehingga tanpa diproses dengan metode ini pun sudah

didapatkan hasil yang pasti. Kemudian, hasil rute klaster 1 tersebut dikompilasikan dengan rute klaster 2 dan 3 dengan perolehan hasil keseluruhan tertera pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Rute *Tabu Search*

| Klaster | Rute | Waktu (menit) | Jarak (Km) | Emisi CO (g/km) | Biaya (Rp) |
|--------------|---|---------------|-------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 1 → 4 → 1 | 18 | 5 | 42 | 75.366,67 |
| 2 | 1 → 2 → 19 → 5 → 11 → 18 → 14 → 15 → 13 → 12 → 21 → 20 → 7 → 17 → 9 → 1 | 100 | 29,3 | 246 | 219.695,33 |
| 3 | 1 → 8 → 3 → 6 → 16 → 10 → 1 | 71 | 19 | 160 | 214.243,33 |
| Total | | 189 | 53,3 | 448 | 509.305,33 |

Berdasarkan hasil di atas maka dapat diketahui urutan perjalanan tiap klaster atau kendaraan. Klaster 1 dengan menggunakan truk 1 akan menempuh perjalanan dari pusat distribusi menuju Pasar Demangan lalu kembali ke titik awal. Truk 2 akan menempuh perjalanan mengunjungi klaster 2 dengan urutan dari pusat distribusi lalu ke Pasar Lempuyangan lalu ke Pasar Sanggrahan lalu ke Pasar Talok Gendeng lalu ke Pasar Gedongkuning lalu ke Pasar Giwangan lalu ke Pasar Prawirotan lalu ke Pasar Pujokusuman lalu ke Pasar Gading lalu ke Pasar Ngasem lalu ke Pasar Legi Patangpuluhan lalu ke Pasar Serangan lalu ke Pasar Pathuk lalu ke Pasar Karangwaru lalu ke Pasar Pingit kemudian kembali ke

pusat distribusi. Klaster 3 dengan menggunakan truk 3 melakukan distribusi dari titik keberangkatan pusat distribusi lalu ke Pasar Kranggan lalu ke Pasar Senen lalu ke Pasar Beringharjo lalu ke Pasar Sentul lalu ke Pasar Kotagede dan akan kembali lagi ke titik awal.

Ant Colony System

Penentuan rute distribusi dengan metode *ant colony system* hanya dilakukan pada klaster 2 dan 3. Rute klaster 1 sudah menjadi nilai tetap karena hanya terdapat 1 lokasi saja yang perlu dikunjungi. Kemudian, rute pada klaster 1 tersebut dikompilasikan dengan pengolahan *ant colony system* pada klaster 2 dan 3 dengan hasil pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Rute *Ant Colony System*

| Klaster | Rute | Waktu (menit) | Jarak (Km) | Emisi CO (g/km) | Biaya (Rp) |
|--------------|---|---------------|-------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 1 → 4 → 1 | 18 | 5 | 42 | 75.366,67 |
| 2 | 1 → 2 → 5 → 19 → 11 → 18 → 14 → 13 → 15 → 12 → 21 → 20 → 7 → 9 → 17 → 1 | 104 | 30,9 | 260 | 222.839,33 |
| 3 | 1 → 8 → 3 → 6 → 16 → 10 → 1 | 71 | 19 | 160 | 214.243,33 |
| Total | | 193 | 54,9 | 461 | 512.449,33 |

Berdasarkan hasil di atas maka dapat diketahui rute distribusi tiap klaster atau kendaraan. Klaster 1 dengan menggunakan truk 1 akan menempuh perjalanan diawali dari pusat distribusi menuju Pasar Demangan lalu kembali ke titik awal. Truk 2 akan menempuh perjalanan mengunjungi klaster 2 dengan titik keberangkatan dari pusat distribusi lalu ke Pasar Lempuyangan lalu ke Pasar Talok Gendeng lalu ke Pasar Sanggrahan lalu ke Pasar Gedongkuning lalu ke Pasar Giwangan lalu ke Pasar Prawirotan lalu ke Pasar Gading lalu ke Pasar Pujokusuman lalu ke Pasar Ngasem lalu ke Pasar Legi Patangpuluhan lalu ke Pasar Serangan lalu ke Pasar Pathuk lalu ke Pasar Pingit lalu ke Pasar Karangwaru kemudian kembali ke pusat distribusi. Klaster 3 dengan menggunakan truk 3 akan melakukan distribusi dengan titik awal yaitu pusat distribusi lalu ke Pasar Kranggan lalu ke Pasar Senen lalu ke Pasar Beringharjo lalu ke Pasar Sentul lalu ke

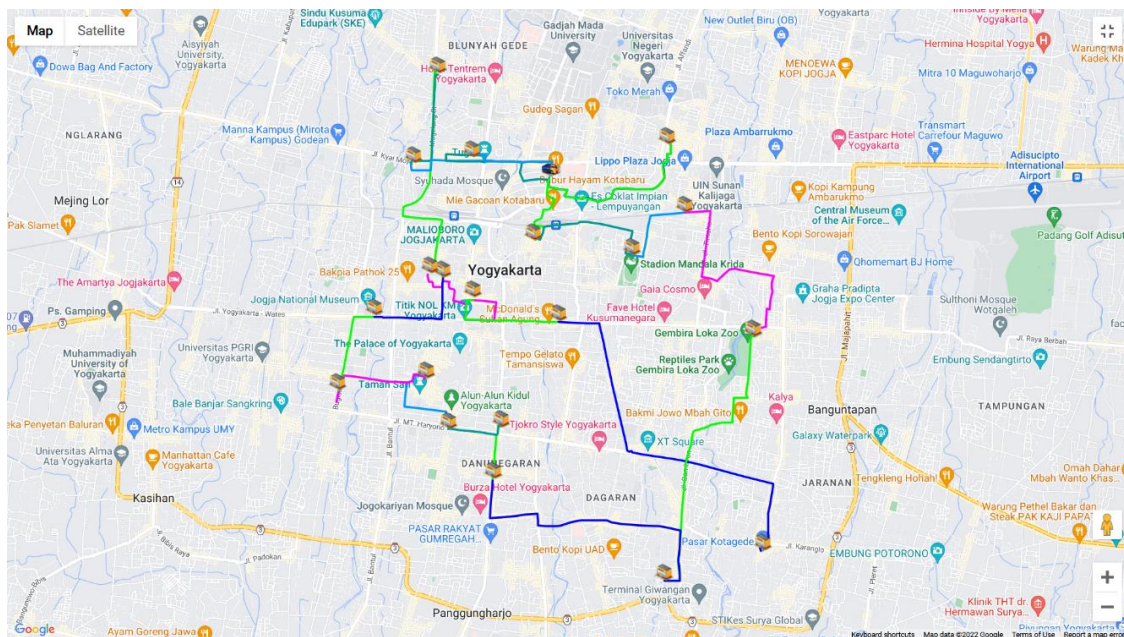
Pasar Kotagede dan akan kembali lagi ke titik awal.

Solusi Terbaik

Pada hasil rute yang dikeluarkan oleh *tabu search* dan *ant colony system* untuk klaster 1 memiliki hasil yang sama. Hal ini karena klaster 1 hanya mengunjungi 1 pasar saja. Hasil rute yang sama juga terjadi pada klaster 1. Hal ini kemungkinan terjadi karena jumlah anggota klaster tersebut tidak terlalu banyak sehingga dengan iterasi berapapun variasi yang terbentuk menjadi lebih sedikit. Perbedaan rute terlihat dengan jelas pada klaster 2. Ditinjau dari segi waktu tidak terjadi selisih yang banyak namun nilai yang lebih kecil menandakan performansi yang lebih baik. Perbedaan ini terjadi karena jumlah pasar yang dikunjungi lebih banyak sehingga kemungkinan timbulnya variasi antara dua jenis pengolahan dengan metode yang berbeda sangat mungkin terjadi.

Agar mencapai biaya dan emisi yang minimal maka distribusi beras untuk pasar-pasar di Kota Yogyakarta harus memiliki rute distribusi dengan waktu tempuh dan jarak yang minimal juga. Berdasarkan hasil pengolahan dengan 2 jenis metode metaheuristik yaitu *tabu search* dan *ant colony system* diperoleh hasil bahwa metode *tabu search* memiliki solusi terbaik. Hal ini karena ditinjau dari keempat aspek yang diukur memiliki nilai yang lebih kecil. Selisih hasil waktu, jarak, emisi dan biaya

antara rute yang diproses dengan metode *tabu search* dan *ant colony system* secara berturut-turut adalah 4 menit, 1,6 km, 13,4 g dan Rp3.144,00. Dengan demikian, maka rute distribusi hasil pengolahan *tabu search* terpilih sebagai rute distribusi yang lebih layak diterapkan untuk mendistribusikan beras bagi pasar-pasar di Kota Yogyakarta. Apabila digambarkan dengan peta maka proses distribusi yang dilakukan adalah seperti gambar 3.



Gambar 3. Peta Rute Distribusi Beras Kota Yogyakarta

D. Simpulan

Kasus perencanaan alokasi dan penentuan rute distribusi beras untuk pasar-pasar wilayah Kota Yogyakarta dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *K-Means Clustering*, *Tabu Search* dan *Ant Colony System*. Berdasarkan hasil yang

diperoleh diketahui bahwa *tabu search* memberikan solusi yang lebih baik karena memiliki nilai waktu, jarak, emisi dan biaya lebih kecil daripada hasil metode *ant colony system*. Oleh karena itu, pemerintah dapat memanfaatkan hasil penelitian ini sehingga dapat mendistribusikan beras secara merata

namun dengan prosesnya berjalan dengan efisien.

Dalam penelitian ini hanya dilakukan perencanaan alokasi dan rute distribusi beras ke pasar saja. Penelitian selanjutnya dapat dengan mengolaborasikannya dengan lokasi distribusi lain seperti warung, minimarket hingga supermarket. Jangkauan ke tingkat wilayah provinsi juga layak untuk dicoba agar cakupannya lebih luas. Metode metaheuristik lain dapat juga diterapkan sehingga dapat diketahui manakah hasil yang lebih baik.

E. Daftar Pustaka

- Adiba, E., Elhassania, M., & Ahemd, E. (2013). A hybrid ant colony system for green capacitated vehicle routing problem in sustainable transport. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 54(2), 198–208.
- Afandi, Y., Cholissodin, I., & Rahayudi, B. (2021). Optimasi Multiple Travelling Salesmen Problem Distribusi Produk PT Indomarco Adi Prima (Stock Point Nganjuk) dengan menggunakan Algoritma K-Means dan Algoritma Genetika (GKA). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(11), 4929–4937.
- Agustine, D., Hadi, I. H., & Devi Eka Wardani Meganingtyas. (2022). Masalah Vehicle Routing Problem Pada Pengiriman Barang di kota Bandung utara dengan menggunakan Kluster KMeans dan Algoritma Nearest Neighbor. *JMT : Jurnal Matematika dan Terapan*, 4(2), 1–8. <https://doi.org/10.21009/jmt.4.2.1>
- Asih, A. M. S., Jatiningrum, W. S., & Sopha, B. M. (2016). Collaborative distribution—Application to the city of Yogyakarta, Indonesia. *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1141–1145. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7798056>
- Asih, A. M. S., Sopha, B. M., & Kriptaniadewa, G. (2017). Comparison study of metaheuristics: Empirical application of delivery problems. *International Journal of Engineering Business Management*, 9, 184797901774360. <https://doi.org/10.1177/1847979017743603>
- Bantacut, T., & Fadhil, R. (2018). Penerapan LOGIASRTTIKI K4E.0L Penerapan LOGISTIK 4.0 dalam Manajemen Rantai Pasok Beras Perum BULOG: Sebuah Gagasan Awal. *Jurnal Pangan*, 27(2), 141–154.
- BAPPEDA DIY. (2022). *Jumlah Konsumsi Pangan*. https://bappeda.jogjaprovo.go.id/dataaku/data_dasar/index/114-jumlah-konsumsi
- Bhinadi, A. (2012). STRUKTUR PASAR, DISTRIBUSI, DAN PEMBENTUKAN HARGA BERAS. *Jurnal Ekonomi & Studi Pembangunan*, 13(1), 24–32.
- BPS. (2022). *Proyeksi Jumlah Penduduk menurut Kabupaten Kota di D.I. Yogyakarta*. <https://yogyakarta.bps.go.id/indicator/12/133/2/proyeksi-jumlah-penduduk-menurut-kabupaten-kota-di-d-i-yogyakarta-.html>
- Dinas Penanaman Modal dan Perizinan Kota Yogyakarta. (2022). *Pusat*

- Perdagangan Kota Yogyakarta*. <https://investasi.jogjakota.go.id/id/more/page/45/Pusat-Perdagangan>
- Dorigo, M., Birattari, M., & Stutzle, T. (2006). Ant colony optimization. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 1(4), 28–39. <https://doi.org/10.1109/MCI.2006.329691>
- Gharehyakheh, A., Krejci, C. C., Cantu, J., & Rogers, K. J. (2020). A Multi-Objective Model for Sustainable Perishable Food Distribution Considering the Impact of Temperature on Vehicle Emissions and Product Shelf Life. *Sustainability*, 12(16), 6668. <https://doi.org/10.3390/su12166668>
- Gonzalez, T. (2007). *Handbook of Approximation Algorithms and Metaheuristics*. Chapman & Hall/CRC.
- Jabir, E., Panicker, V. V., & Sridharan, R. (2017). Design and development of a hybrid ant colony-variable neighbourhood search algorithm for a multi-depot green vehicle routing problem. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57, 422–457. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.09.003>
- Jaramillo, J. (2011). The Green Vehicle Routing Problem. *Southeastern INFORMS Proceedings*, 470–477.
- Kamila, I., Khairunnisa, U., & Mustakim, M. (2019). Perbandingan Algoritma K-Means dan K-Medoids untuk Pengelompokan Data Transaksi Bongkar Muat di Provinsi Riau. *Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Manajemen Sistem Informasi*, 5(1), 119. <https://doi.org/10.24014/rmsi.v5i1.7381>
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2013). *Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan*. Kementerian Lingkungan Hidup.
- Kementerian Perindustrian. (2013). *Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 33/M-Ind/PER/7/2013 tentang Pengembangan Produksi Kendaraan Bermotor Roda Empat yang Hemat Energi dan Harga Terjangkau*. Kementerian Perindustrian.
- Li, Y., Soleimani, H., & Zohal, M. (2019). An improved ant colony optimization algorithm for the multi-depot green vehicle routing problem with multiple objectives. *Journal of Cleaner Production*, 227, 1161–1172. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.185>
- Lin, C., Choy, K. L., Ho, G. T. S., Chung, S. H., & Lam, H. Y. (2014). Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 1118–1138. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.107>
- Pertamina. (2022). *Harga BBM Pertamina*. <https://mypertamina.id/fuels-harga>
- Pramudyo, C. S., & Ramadhani, S. D. R. (2020). OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BERAS BANTUAN PANGAN NON TUNAI DI PERUM BULOG GUDANG BANTUL. *Industrial Engineering National Conference (IENACO)*, 8, 130–140.
- Rizaty, M. A. (2022). *Survei: Warga yang Belanja Bulanan di E-Commerce Masih Sedikit*. <https://databoks.katadata.co.id/data/publish/2022/06/09/survei-warga-yang-belanja-bulanan-di-e-commerce-masih-sedikit>
- Rohman, A., & Maharani, A. D. (2018). PROYEKSI KEBUTUHAN KONSUMSI PANGAN BERAS DI

- DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 32(1), 29. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v32i1.12144>
- Santosa, B. (2017). *Pengantar Metaheuristik: Implementasi dengan Matlab*. ITS Tekno Sains.
- Setyaningrum, P. (2022, Desember 7). *Daftar UMP dan UMK Jogja 2023, Berlaku Mulai 1 Januari 2023*. KOMPAS.com. <https://yogyakarta.kompas.com/read/2022/12/07/180314278/daftar-ump-dan-umk-jogja-2023-berlaku-mulai-1-januari-2023>
- Taniguchi, E., & Thompson, R. (2014). *City Logistics: Mapping The Future*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Úbeda, S., Faulin, J., Serrano, A., & Arcelus, F. J. (2014). Solving the green capacitated vehicle routing problem using a tabu search algorithm. *Lecture Notes in Management Science*, 6, 141–149.
- Wang, Y., Yang, C., & Hou, H. (2019). Risk management in perishable food distribution operations: A distribution route selection model and whale optimization algorithm. *Industrial Management & Data Systems*, 120(2), 291–311. <https://doi.org/10.1108/IMDS-03-2019-0149>
- Zhao, Z., Li, X., & Zhou, X. (2020). Optimization of transportation routing problem for fresh food in time-varying road network: Considering both food safety reliability and temperature control. *PLOS ONE*, 15(7), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235950>