# HASIL CEK_Menentukan Rute_Jurnal FOURIER

*by* Menentukan Rute _jurnal Fourier

**Submission date:** 17-Feb-2022 11:31AM (UTC+0700)
**Submission ID:** 1764367122
**File name:** Menentukan_Rute_Jurnal_FOURIER.pdf (500.92K)
**Word count:** 4262
**Character count:** 25924

**JURNAL FOURIER** | Oktober 2020, Vol. 9, No. 2, 85-95 ISSN 2252-763X
DOI: 10.14421/fourier.2020.92.85-95 E-ISSN 2541-5239

# Menentukan Rute Kendaran Pengangkut Sampah Kota Yogyakarta dengan Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* Modifikasi *Route Construction*

Hanifah[1], Dian Eka Wijayanti[2], Aris Thobirin[3], Puguh Wahyu Prasetyo[4]

*[1,2,3]Program Studi Matematika; [4]Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Ahmad Dahlan, Kampus Terpadu Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Lingkar Selatan, Tamanan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia 55191, Telp. (0274) 511830.*

*Korespondensi; Hanifah, Email: hanifah1600015026@webmail.uad.ac.id; Wijayanti, Email: dian@math.uad.ac.id; Aris Thobirin, Email: aris.thobi@math.uad.ac.id; Prasetyo, Email: puguh.prasetyo@pmat.uad.ac.id*

## Abstrak

**Penelitian ini bertujuan untuk menemukan rute perjalanan kendaraan pengangkut sampah di Kota Yogyakarta. Manfaat penelitian ini yaitu sebagai bahan evaluasi serta pertimbangan dalam pemilihan rute alternatif pengangkutan sampah Kota Yogyakarta. Menggunakan metode dengan perpaduan ilmu matematika secara teori, logika pemikiran, dan ilmu komputasi dengan mengambil lokasi penelitian di Sektor Gunung Ketur yang merupakan bagian dari tanggung jawab Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta. Teori yang digunakan yaitu penggunaan graf berupa graf berbobot dan berarah. Sedangkan algoritma yang digunakan yaitu *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) yang merupakan bagian dari algoritma *Insertion* dengan modifikasi Route Construction (RC) yang merupakan salah satu dari metode algoritma *Artificial Immune System* (AIS). Dengan demikian, penerapan ilmu matematika secara teori dan diperkuat komputasi dapat diterapkan secara nyata. Permasalahan penentuan jalur tercepat maupun efektivitas suatu perjalanan sebenarnya tidak memiliki suatu solusi yang pasti. Tentunya setiap metode memiliki pendekatan masing-masing. Namun, yang perlu diperhatikan adalah kepastian langkah yang digunakan agar langkah tersebut dapat menghasilkan output yang sama meskipun menggunakan metode pendekatan yang berbeda. Hasil yang diperoleh pun sebenarnya tidak sepenuhnya sempurna tetapi hanya menghasilkan beberapa solusi ataupun pilihan yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk menyelesaikan suatu permasalahan.**

**Kata Kunci:** Cheapest Insertion Heuristic; Efektivitas; Route Contructions; Rute; Sektor Gunung Ketur.

## Abstract

**This research aims to find the route of the garbage truck in Yogyakarta City. The benefit of this research is to produce the evaluation and the consideration of the selection of alternative routes for transporting the waste in Yogyakarta City. The research has been done by combining theoretical mathematical science, logic, and computational science by focusing on solving the problem at Gunung Ketur Sector, which is under the Environmental Agency of Yogyakarta City. The research used the theory of weighted and directed graphs. Furthermore, the researchers used the Cheapest Insertion Heuristic (CIH), which is a part of the Insertion algorithm with a modified Route Construction (RC), which is one of the methods of Artificial Immune System (AIS) algorithm. Therefore, the application of theoretical mathematical science and computationally could be applied in a real problem. Indeed, the determination of the fastest and the most effective routes has no concrete solutions. Each method has its own approach. However, it is crucial to consider the certainty of the procedure used to produce the same output even though using different ways. The result obtained is not entirely perfect, but the research outcome has made some solutions or alternatives as considerations to solve a problem.**

**Keywords:** Cheapest Insertion Heuristic; Effectiveness; Route Contructions; Route; Sektor Gunung Ketur.

## Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan abad 21 dan era revolusi industri 4.0 merupakan suatu hal baru yang mempengaruhi segala aspek kehidupan. Hal tersebut terlihat dari perkembangan teknologi yang semakin canggih untuk memudahkan segala macam pekerjaan manusia yang masih bersifat manual

© 2020 JURNAL FOURIER 

karena keterbatasan kemampuan dalam mengerjakan beberapa hal dalam waktu bersamaan. Sementara itu tuntutan zaman semakin hari semakin menginginkan adanya perubahan baru supaya pekerjaan dilakukan dengan cepat dan akurat. Akan tetapi, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berbanding terbalik dengan dampak yang dihasilkan. Salah satunya turut serta mempengaruhi pola pikir bahkan tingkah laku manusia dalam bersosialisasi, berinteraksi, simpati, empati, dan sikap terhadap kepedulian lingkungan. Kurangnya sikap peduli lingkungan terlihat ditemukannya sampah yang mencemari lingkungan sehingga menimbulkan dampak negatif bagi kehidupan.

Rian Anggara Putra dalam [1] menyebutkan pengelolaan sampah di Indonesia sudah diatur dalam Undang-undang (UU) Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dan dilengkapi dengan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Jenis Sampah Rumah Tangga. Perwujudan dari UU dan PP tersebut yaitu dengan dibangunnya sarana prasarana seperti Tempat Pembuangan Sementara (TPS) yang meliputi landasan kontainer, depo sampah, bak sampah dan diakhiri dengan adanya Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Tentu saja sarana prasarana tersebut didukung dengan adanya Sumber Daya Manusia (SDM) sebagai tenaga utama dan dilengkapi dengan kendaraan penunjang. Akan tetapi, semua tidak akan berjalan dengan maksimal jika tidak dilaksanakan dan didukung dengan baik oleh masyarakat. Terbukti sampah menjadi salah satu permasalahan di kota-kota besar tak terkecuali Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang tak jarang dapat mengakibatkan permasalahan baru.

Data tahun 2019 menyebutkan bahwa DIY menghasilkan 644,69 ton sampah pertahun dan tertangani 583.80 ton sampah per tahun [2]. DIY merupakan salah satu provinsi di Pulau Jawa yang terdiri dari empat kabupaten dan satu kota madya. Dari lima daerah tersebut, daerah yang paling banyak menghasilkan sampah yaitu Yogyakarta sebagai kota madya. Sementara itu, DIY memiliki Peraturan Daerah (Perda) yang mengatur pengelolaan sampah yaitu Perda DIY No. 3 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Sedangkan menurut Peraturan Daerah Kota Yogyakarta No.18 Tahun 2002 tentang Pengelolaan Sampah, menyebutkan pengelolaan sampah menjadi tanggung jawab bersama antara Pemerintah Daerah (DLH setempat) dan masyarakat.

Pada saat ini, DLH Kota Yogyakarta membagi sistem penanganan sampah menjadi 5 sektor/wilayah, yaitu Sektor Gunung Ketur, Sektor Ngasem-Gading, Sektor Krasak, Sektor Kotagede, dan Sektor Malioboro-Kranggan. Untuk Sektor Malioboro-Kranggan, DLH Kota Yogyakarta melibatkan pihak ketiga dikarenakan keterbatasan SDM. Sektor yang menarik untuk dilakukan penelitian yaitu Sektor Gunung Ketur yang terdiri atas 18 titik TPS. Sementara rute kendaraan pengangkut sampah di Sektor Gunung Ketur kurang efektif karena rute yang digunakan masih bersifat umum yang artinya rute digunakan untuk meyelesaikan semua sektor dan tidak hanya terfokus pada satu sektor saja. Oleh karena itu, kendaraan pengangkut sampah yang digunakan akan membentuk suatu rute baru untuk menyelesaikan proses pengangkutan sampah tersebut. Tidak jarang adanya penambahan rute tersebut menyebabkan semakin jauh jarak tempuh dari rute yang sudah ditentukan sebelumnya serta tidak memaksimalkan muatan pada kendaraan yang ada. Sedangkan untuk menentukan suatu rute perjalanan yang efektif tentunya dengan memperhatikan jarak tempuh minimum sehingga mempersingkat waktu perjalanan. Selain itu tentu saja tetap memperhatikan kapasitas muatan kendaraan yang digunakan dalam proses pengangkutan.

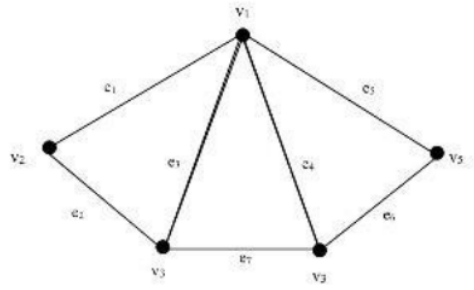
Ilmu matematika khususnya bidang teori graf mampu merepresentasikan kasus penentuan rute kendaraan pengangkutan sampah dalam menentukan efektivitas rute suatu perjalanan. Pada penelitian ini, akan dianalisis metode yang dapat diterapkan untuk menyelesaikan efektivitas rute pengangkutan sampah dengan *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH). CIH merupakan bagian dari algoritma *insertion* dimana pada setiap penyisipan rute baru ke dalam subtour mempunyai bobot paling minimal. Penyisipan tersebut bertujuan untuk meminimalkan jarak tempuh dan waktu perjalanan yang dilalui kendaraan. Pada penelitian ini, peneliti memadukan dengan modifikasi *Route Construction* (RC) dimana peneliti mempertimbangkan titik TPS terjauh dan titik TPS terdekat berdasarkan titik TPS yang telah ditentukan oleh DLH Kota Yogyakarta. Dengan adanya modifikasi tersebut, peneliti akan menganalisis efektivitas rute kendaraan pengangkutan sampah yang telah ditentukan DLH Kota Yogyakarta.

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan terhadap bagaimana memahami penerapan teori graf untuk menentukan efektivitas jalur tempuh kendaraan pengangkut sampah Sektor Gunung Ketur. Selain itu mampu memahami hasil penghitungan menggunakan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH)

dengan modifikasi *Route Construction* (RC) berdasarkan pemilihan TPS yang paling jauh dan TPS yang paling dekat untuk pengangkutan sampah Kota Yogyakarta.

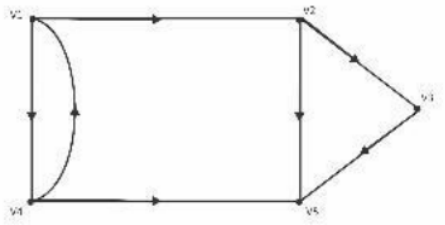
## Landasan Teori

Graf G adalah pasangan himpunan ( V,E ) dengan V adalah himpunan tak kosong berhingga dari elemen yang disebut titik (*vertex*) dan E adalah himpunan berhingga (boleh kosong) dari pasangan titik dalam V × V yang disebut sisi (*edge*) [3]. Berdasarkan keterhubungan arah orientasi pada sisinya, ada dua jenis graf, yaitu graf tak berarah dan graf berarah [4]. Graf tak berarah yaitu graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah, untuk urutan pasangan titik yang dihubungkan oleh sisi tidak diperhatikan. Jadi $(v_i, v_j = v_j, v_i)$.



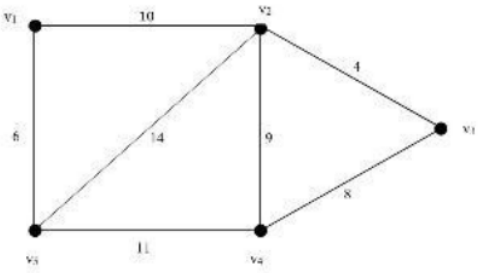

**Gambar 1.** Contoh Graf Tak Berarah.

Graf tak berarah yaitu graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah, untuk urutan pasangan titik yang dihubungkan oleh sisi tidak diperhatikan. Jadi $(v_i, v_j \neq v_j, v_i)$.




**Gambar 2.** Contoh Graf Berarah.

Khasanah dan Fitriani dalam [5] mengemukakan bahwa graf berbobot (*weighted graph*) adalah graf yang setiap sisinya ditandai dengan bilangan bulat positif (bobot).




**Gambar 3.** Contoh Graf Berbobot.

Marsudi dalam [3] menyatakan matriks ketetanggaan (*adjacency*) dari suatu graf $G = (V, E)$ adalah graf berlabel dengan $V = \{ 1v_1, v_2, v_3, \ldots, v_n \}$. Matriks ketetanggaan dari $G$ adalah matriks bujur sangkar orde$-n$ , $A = a_{ij}$ dengan:

$$A = \begin{cases} 1 & jika \;\; v_i \;\; bertetangga \; dengan \; v_j \\ 0 & jika \; v_i \;\; tidak \; bertetangga \; dengan \; v_j \end{cases}$$

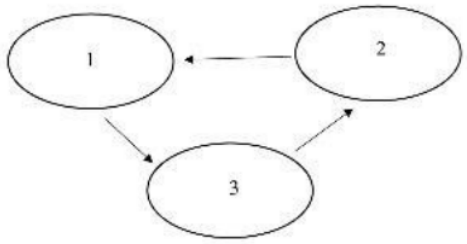
*Vehicle Routing Problem* atau disingkat VRP didefinisikan sebagai sebuah perjalanan untuk mencari efisiensi pengunaan sejumlah kendaraan (*vehicle*) yang harus melakukan perjalanan baik untuk mengantar dan/atau menjemput orang atau barang. Dengan kata lain, VRP merupakan suatu permasalahan distribusi untuk mencari serangkaian rute untuk sejumlah kendaraan dengan kapasitas tertentu dari satu depot atau lebih untuk melayani konsumen. Biasanya setiap titik tujuan atau titik pemberhentian hanya dilayani satu kali saja dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan sekali angkut dengan tujuan meminimalkan biaya yang diperlukan dan berkaitan erat dengan meminimalkan jarak tempuh.

Menurut Toth dan Virgo dalam [6] VRP memiliki tujuan seperti meminimalkan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan penggunaan kendaraan, meminimalkan banyaknya kendaraan yang digunakan, dan juga dapat meminimalkan pelayanan yang kurang memuaskan terhadap konsumen, seperti keterlambatan pengiriman dan lain sebagainya. Salah satu kendala yang dapat mempengaruhi munculnya variasi VRP yaitu terletak pada kapasitas kendaraan atau sering disebut dengan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP).

Algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* atau disingkat dengan Algoritma CIH adalah algoritma *insertion* dimana pada setiap penambahan tempat baru (titik baru) yang akan disisipkan ke dalam *subtour* mempunyai bobot penyisipan paling minimal. Bobot penyisipan tersebut diperoleh dari jumlah titik TPS yang dimiliki, kapasitas muatan di kendaraan maupun di titik TPS, rute serta trip yang dibentuk. Algoritma ini memberikan rute perjalanan yang berbeda tergantung dari urutan penyisipan kota-kota pada subtour yang bersangkutan [7].

Penyelesaian masalah penentuan rute efektif suatu perjalanan guna optimalisasi waktu menggunakan algoritma CIH ini ada beberapa tahapan dalam penggunaannya. Berikut adalah tahapan dalam penggunaan algoritma CIH [7]:

1. Perjalanan dimulai dari titik kunjungan pertama yang terhubung dengan titik kunjungan terakhir.
2. Dibuat sebuah hubungan sirkuit antara kedua titiik tersebut. Misalkan sirkuit yang dibuat adalah $(1,3) \rightarrow (3,2) \rightarrow (2,1)$ maka dapat digambar sebagai berikut:




**Gambar 4.** Ilustrasi Rute.

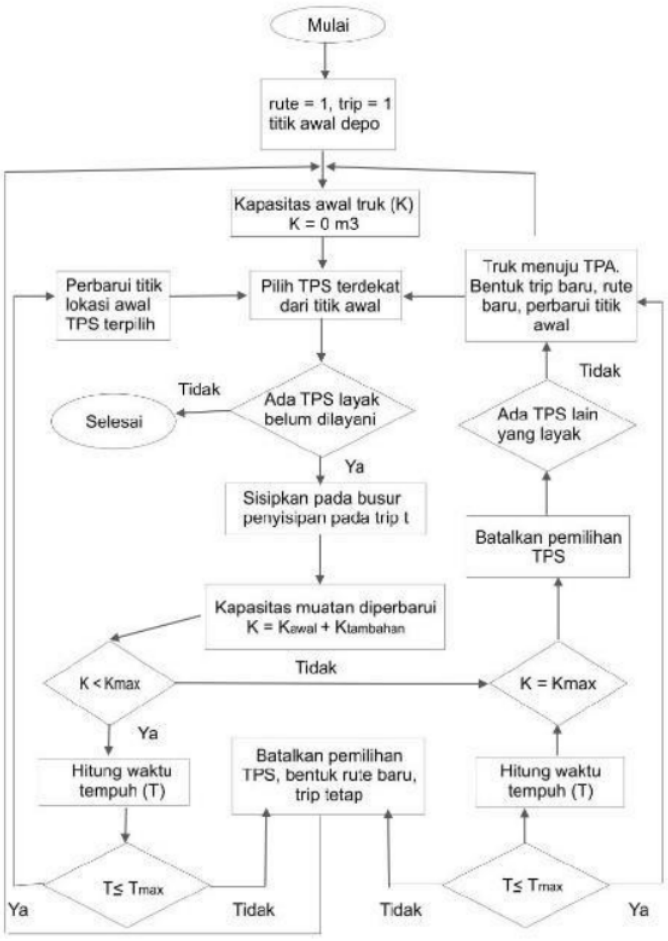
3. Ganti salah satu arah hubungan (sisi) dari dua titik dengan kombinasi dua busur, yaitu sisi $(i, j)$ dengan sisi $(i, k)$ dan sisi $(k, j)$, dengan k diambil dari daerah yang belum masuk subtour dan dengan menambahkan jarak terkecil. Jarak diperoleh dari $c_{ik} + c_{kj} - c_{ij}$, dengan
   - $c_{ik}$ adalah jarak dari titik $i$ ke titik $k$,
   - $c_{kj}$ adalah jarak dari titik $k$ ke titik $j$,
   - $c_{ij}$ adalah jarak dari titik $i$ ke titik $j$.
4. Ulangi tahapan nomor 3 hingga seluruh titik berhasil dikunjungi dan masuk dalam rute.
5. Hentikan proses jika semua titik berhasil dikunjungi dan membuat suatu rute.

Algoritma CIH sendiri telah banyak diterapkan dalam menyelesaikan permasalahan khususnya dalam bidang distribusi barang, seperti yang disampaikan dalam [8] bahwa algoritma CIH diterapkan dalam rang optimasi distribusi produk dengan berbantuan atau berbasis website. Di lain pihak, [9] menerapkan algoritma CIH dalam rangka menyelesaikan *Travelling Salesman Problem* (TSP). Lebih lanjut, [10] menggunakan algoritma CIH untuk menyelesaikan permasalahan tentang bagaimana menyisipkan pelanggan dalam rute distribusi suatu produk berdasarkan kriteriany[illegible]. Sementara itu Paul dan Harvey Deitel dalam [11] menyebutkan bahwa RC merupakan suatu teknik pengurutan dengan cara membandingkan dan mengurutkan dua data pertama pada *array* berikutnya untuk memastikan apakah *array* sudah berada di tempat yang semestinya. Dengan kata lain, algoritma ini digunakan untuk mengurutkan suatu *array* data yang belum terurut agar menjadi *array* data yang terurut dan sesuai dengan yang diinginkan. Algoritma ini cocok digunakan untuk mengurutkan angka yang memiliki jumlah elemen sedikit. Teori lain yang dikemukakan oleh Dasgupta dan Nino dalam [12] bahwa RC merupakan salah satu metode algoritma *Artificial Immune System* (AIS) yang merupakan bagian dari algoritma genetika. Hingga saat ini, algoritma AIS banyak digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan seperti optimasi, klasifikasi, *clustering*, deteksi anomali, *machine learning*, *adaptive control*, dan *associative memories*. Secara umum, langkah-langkah yang digunakan dalam modifikasi RC adalah sebagai berikut:

1. Siapkan rute acak yang akan digunakan untuk mengidentifikasi penyelesaian permasalahan letak titik bagi seluruh titik yang sebelumnya tidak masuk ke rute.
2. Buat tabel yang berisi data untuk melakukan perhitungan posisi titik terbaik.
3. Hasil akhir yang akan diperoleh yaitu terbentuknya sebuah rute pada tahap RC sehingga jika rute yang dihasilkan melebihi kapasitas kendaraan maka akan dilakukan *ejection pool* sebelum akhirnya dilanjutkan ke tahap *local search*. Hal ini dilakukan dengan catatan apabila rute-rute yang dihasilkan memiliki kapasitas seditit, maka pada saat *ejection pool* dapat digabung sengan syarat tidak melebihi kapasitas yang tersedia.

## Metode Penelitian

Penelitian ini dikembangkan dengan metode studi kasus yang bertujuan untuk menentukan rute kendaraan pengangkut sampah di Sektor Gunung Ketur Kota Yogyakarta dengan menggunakan algoritma CIH dengan memodifikasi *route construction*. Pencarian rute tersebut dilakukan untuk mendapatkan rute yang efektif dengan kriteria: meminimumkan total jarak, total waktu perjalanan, dan meminimalkan jumlah kendaraan yang digunakan untuk mengangkut sampah di Sektor Gunung Ketur Kota Yogyakarta. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui wawancara dan survei sehingga diperoleh data berupa kapasitas kendaraan, data volume sampah per hari dan per sektor, rute kendaraan pengangkut sampah, jarak tempuh perjalanan, dan waktu tempuh kendaraan pengangkutan sampah Sektor Gunung Ketur Kota Yogyakarta. Penelitian ini termasuk penelitian yang melibatkan *Vehicle Routing Problem* (VRP). Dengan memadukan antara penggunakaan maka selanjutnya akan dibuat suatu logika pemikiran serta pemodelan yang memanfaatkan bahasa pemrograman Python untuk menganalisis pencarian rute yang efektif. Pemilihan bahasa pemrograman Python dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal seperti penggunaan bahasa pemrograman yang lebih sederhana dibanding bahasa pemrograman yang lain, dan merupakan *open source software,* serta mendukung *Internet of Things* (IoT).




**Gambar 5.** *Flowchart* Logika Pemikiran.

## Hasil dan Pembahasan

Menurut data perencanaan kinerja tahun 2019 dari Bidang Pengelolaan Persampahan, DLH Kota Yogyakarta memiliki Sumber Daya Manusia (SDM) yang terdiri dari 190 Pegawai Negeri Sipil (PNS), 19 Tenaga Bantuan (Naban), dan 231 tenaga teknis. Sementara untuk jumlah bangunan dan kendaraan yang dimiliki disajikan dalam Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut:

**Tabel 1.** Data Bangunan Milik DLH Kota Yogyakarta.

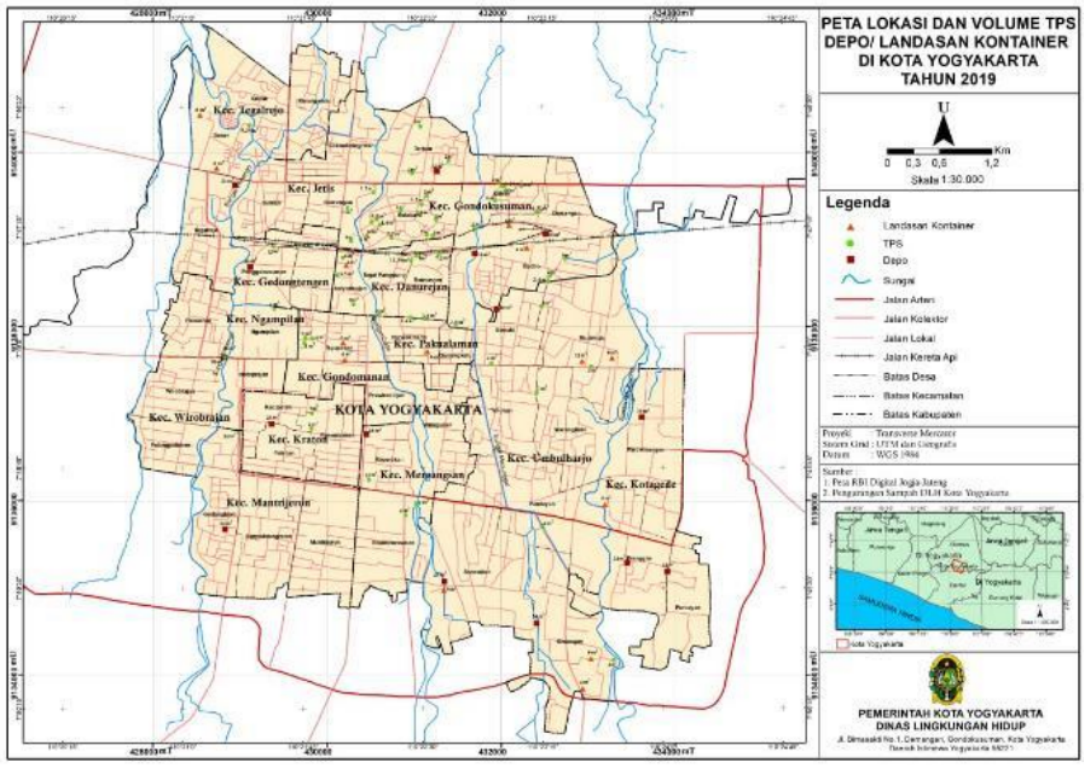
| No | Jenis TPS | Jumlah |
|---|---|---|
| 1. | TPS | 74 |
| 2. | Landasan Kontainer | 18 |
| 3. | Depo | 11 |
| 4. | Bak Kontainer | 28 |
| 5. | Bak JR | 2 |
| 6. | Bak Sampah Induk | 1 |
| 7. | Kantor Sektor | 8 |

**Tabel 2.** Data Kendaraan Milik DLH Kota Yogyakarta.

| No | Jenis TPS | Jumlah |
|---|---|---|
| 1. | *Dump Truck* Sampah | 31 |
| 2. | *Amrol Truck* Sampah | 6 |
| 3. | *Compactor* Sampah | 3 |
| 4. | *Road Sweeper* | 2 |
| 5. | Mobil *Pick Up* | 5 |
| 6. | Motor Roda 3 | 30 |
| 7. | Gerobak Sampah | 54 |

Berdasarkan pengumpulan data dengan menggunakan metode wawancara diperoleh hasil yang berbeda. Dalam kesehariannya hanya 29 *dump truck*, 5 *compactor truck*, dan 3 *pick up* yang digunakan. Sedangkan jumlah *amrol truck* yang digunakan sesuai dengan data kinerja tahun 2019. Akan tetapi, terdapat perbedaan jumlah bangunan milik DLH Kota Yogyakarta jika dilihat dari data perencanaan kinerja tahun 2019 dari Bidang Pengelolaan Persampahan dengan data yang diperoleh secara langsung dari penentuan rute yang sudah ditentukan.

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data volume sampah per hari per sektor Kota Yogyakarta, dan data rute kendaraan yang digunakan DLH Kota Yogyakarta pada tahun 2019. Data yang diperoleh kemudian akan digunakan untuk menentukan jarak antar lokasi. Lokasi yang digunakan yaitu pangkalan truk Kota Yogyakarta selaku depot, TPS, dan TPA yang diterletak di Desa Ngablak, Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. Berikut disajikan peta lokasi depo/landasan kontainer Kota Yogyakarta:




**Gambar 6.** Peta Lokasi DEPO atau Landasan Kontainer Kota. (Sumber: Bidang Pengelolaan Persampahan DLH Kota Yogyakarta)

Sebelum dilakukan pengujian menggunakan bahasa pemrograman, tentu terlebih dahulu dirancang suatu logika pemikiran penentuan rute kendaraan yang akan digunakan. Hal ini penting dilakukan agar program dapat bekerja sesuai pemikiran manusia. Logika-logika tersebut diterjemahkan dalam bahasa pemrograman supaya dapat diterima, dimengerti, dan direpresentasikan ke dalam mesin komputer yang akan dibuat seperti halnya alur sebuah cerita. Alur cerita tersebut seperti bagaimana awal masalah itu terjadi, bagaimana cara untuk mengatasinya, dan hasil apa yang didapat saat menyelesaikan masalah tersebut.

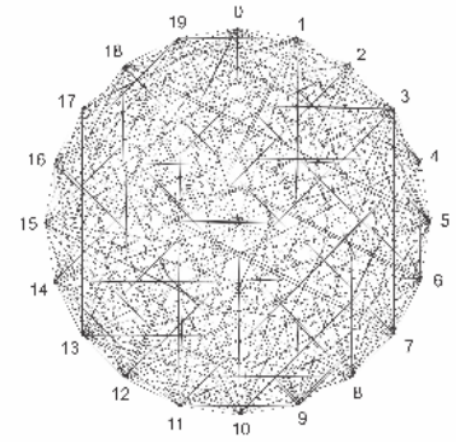
Merepresentasikan sebuah graf diperlukan suatu titik dan sisi dari data titik letak TPS yang digunakan. Data tersebut digunakan sebagai titik acuan untuk membentuk rute sebagai sisi yang menghubungkan antar titik. Dalam graf ini, rute pengangkutan sampah dimulai dari DLH Kota Yogyakarta, kemudian sejumlah TPS Sektor Gunung Ketur, dilanjutkan menuju TPA Piyungan untuk membuang sampah, dan berakhir di DLH Kota Yogyakarta sebagai titik akhir atau titik berhenti.

Pendefinisian penulisan tempat atau lokasi TPS yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Sektor Gunung Ketur, maka diberikan notasi sebagai berikut:

**Tabel 3.** Penotasian TPS di Sektor Gunung Ketur.

| Notasi | Nama Lokasi | Volume ($m^3$) |
|---|---|---|
| 0 | Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta | 0 |
| 1 | TPS Jl. Hayam Wuruk | 3,5 |
| 2 | TPS Jl. Lempuyangan (Barat) | 1 |
| 3 | TPS Jl. Lempuyangan (Timur) | 1,5 |
| 4 | TPS Jl. Bausasran (Barat) | 3 |
| 5 | TPS Jl. Bausasran (Timur) | 2 |
| 6 | TPS Jl. Mangunsarkoro | 6 |
| 7 | TPS Jl. Cantel 1 | 1 |
| 8 | TPS Jl. Cantel 2 | 1 |
| 9 | TPS Jl. Cantel Baru | 1 |
| 10 | TPS Kowilhan | 2 |
| 11 | TPS Jl. Kusumanegara (UST) | 5 |
| 12 | TPS Jl. Juminahan (Rusunawa) | 3 |
| 13 | TPS Dinas Sosial Karangwaru | 4,5 |
| 14 | TPS Dinas Sosial Karangkajen | 3 |
| 15 | TPS Jl. Gajah | 2 |
| 16 | TPS Jl. Pramuka | 4 |
| 17 | TPS Asrama Brimob | 2 |
| 18 | TPS LP Wirogunan | 2 |
| 19 | TPA Piyungan | 0 |

Data tempat atau lokasi yang berada di Sektor Gunung Ketur disajikan melalui sebuah matriks. Matriks tersebut memberikan gambaran mengenai besarnya jarak tempuh dari satu TPS menuju TPS lain. Jarak tempuh yang dihasilkan dan disajikan dalam bentuk matriks tersebut selanjutnya digunakan sebagai salah satu komponen pelengkap penyusunan algoritma penyelesaian. Selain itu, data tempat atau lokasi TPS Sektor Gunung Ketur dapat direpresentasikan pula melalui gambar graf sebagai berikut:




**Gambar 7.** Graf Rute Sektor Gunung Ketur.

Pada penelitian ini kendaraan yang digunakan yaitu *dump truck* milik DLH Kota Yogyakarta berjenis Isuzu dengan kapasitas 5-6 $m^3$. Selain itu, diasumsikan kendaraan pengangkut selalu dalam keadaan baik, arus kendaraan lancer, dan jumlah volume sampah tidak mengalami kenaikan secara signifikan. Penentuan jarak pada penelitian ini menggunakan *google maps*. Pemilihan rute dititik beratkan pada jarak terdekat pada titik keberangkatan terakhir kendaraan dan beban yang ada pada masing-masing TPS. Jika pada suatu percobaan terdapat titik dengan jarak terdekat namun beban yang tersedia pada titik tersebut tidak mampu di angkut oleh kendaraan, maka secara otomatis akan dicari titik terdekat lainnya dengan mempertimbangkan ka-pasitas sisa ruang yang ada pada kendaraan pengangkut tersebut.

Adapun komponen jarak didapat dari perhitungan jumlah jarak pada masing-masing rute perjalanan yang terbentuk dari jarak TPS satu ke TPS yang lain. Pada beberapa output jika ditemukan adanya beberapa hal yang sama baik dalam kapasitas beban terangkut serta jarak, maka langkah selanjutnya keputusan akan diambil berdasarkan waktu tempuh. Perhitungan waktu tempuh ini didapatkan dari jumlah jarak pada setiap rute perjalanan dibagi dengan kecepatan kendaraan pengangkut sampah yang digunakan yaitu 35 km/jam kemudian dikalikan dengan 60 yang merupakan satuan jumlah jam dalam menit. Satuan jarak yang digunakan yaitu km, satuan beban yang digunakan yaitu $m^3$ dan satuan waktu yang digunakan yaitu menit.

Berikut merupakan langkah yang digunakan dalam pemanfaatan bahasa pemrograman Python:

1. Membuat dan menyusun suatu fungsi untuk membuang kemungkinan mengunjungi jalur yang sama. Dengan kata lain, setiap titik TPS hanya berlaku maksimal satu kali kunjungan.
2. Membuat suatu fungsi untuk membaca node dengan mengubah fungsi berbasis bilangan tertentu yang sudah disesuaikan menjadi kemungkinan jalur.
3. Membuat suatu fungsi untuk menentukan semua jalur yang mungkin terjadi. Pada tahap ini akan disajikan maksimal jalur yang mungkin terbentuk.
4. Membuat suatu fungsi untuk menghitung berat angkut kendaraan, jarak tempuh kendaraan, dan waktu tempuh.
5. Input data berupa jarak dari masing-masing titik TPS dan beban yang terdapat pada masing-masing titik TPS. Data tersebut diinput secara manual dalam bentuk matriks.
6. Membuat suatu fungsi untuk mempertimbangkan syarat dalam mere-presentasikan permasalahan ke dalam algoritma yang digunakan.
7. Membuat suatu fungsi untuk membaca rute pilihan yang sudah terbentuk. Tahap ini dibuat untuk menyempurnakan langkah awal yaitu langkah nomor satu sekaligus menginformasikan titik mana saja yang sudah dikunjungi.
8. Pada tahap terakhir, dibuat suatu fungsi untuk menolak jalannya program yang sudah disusun jika kemungkinan jalur yang diinginkan terlalu sedikit.

Pada saat melakukan operasi hitung dengan menjalankan algoritma yang sudah terbentuk, peneliti melakukan beberapa literasi untuk memperoleh hasil berupa kunjungan pada semua titik TPS. Pada

literasi tersebut tentu saja menghasilkan beberapa array output yang jumlahnya tidak sedikit. Hal itu terjadi karena ketika sudah diplih rute yang akan digunakan maka setelahnya akan dilakukan run kembali hingga semua titik TPS berhasil dikunjungi dan program berhenti berjalan.

Dari hasil penghitungan pada masing-masing titik antara titik awal depo dengan titik akhir maka diperoleh hasil berupa rute kendaraan pengangkut sampah yaitu sebagai berikut:

**Tabel 4.** Hasil Uji Menggunakan Algoritma CIH dengan Modifikasi RC

| Berat ($m^3$) | Jarak (Km) | Waktu (Menit) | Rute | Penggunaan Kapasitas Kendaraan (%) |
|---|---|---|---|---|
| 6 | 68,4 | 117,2571 | 0 6 19 | 100 % |
| 6 | 27,6 | 47,3142 | 19 - 3 - 13 19 | 100 % |
| 6 | 25,9 | 44,4 | 19 7 8 16 19 | 100 % |
| 6 | 25,4 | 43,5428 | 19 - 5 - 15 - 17 19 | 100 % |
| 5,5 | 27,0 | 46,2857 | 19 18 1 19 | 91, 67 % |
| 6 | 26,1 | 44,7428 | 19 - 9 - 11 19 | 100 % |
| 6 | 26,2003 | 44,9142 | 19 12 4 19 | 100 % |
| 6 | 29,2997 | 50,2285 | 19 - 2 - 10 - 14 19 | 100 % |
| 0 | 9,5 | 16,285 | 19 0 | 0 % |

## Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan penghitungan komputasi menggunakan bahasa pemrograman Python maka dapat ditarik kesimpulan rraf yang dihasilkan dalam representasi rute jalur dan tata letak TPS milik Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Yogyakarta yaitu graf berarah dengan label bilangan positif berupa waktu tempuh dan jarak dari satu TPS ke TPS lain. Dalam representasi tersebut, terdapat 28 titik dan 27 sisi. Representasi graf tersebut tentunya dapat diaplikasikan untuk menyederhanakan jarak dan waktu dalam menentukan efektifitas suatu perjalanan kendaraan pengangkut sampah Kota Yogyakarta. Hasil penghitungan menggunakan algoritma *Cheapest Insertion Heuristic* (CIH) dengan modifikasi *Route Construction* (RC) berdasarkan pemilihan TPS yang paling jauh dan TPS yang paling dekat untuk pengangkutan sampah Kota Yogyakarta diperoleh sebagai berikut:

a. DLH Kota Yogyakarta - TPS Jl. Mangunsarkoro - TPS Piyungan.
b. TPA Piyungan - TPS Jl. Lempuyangan (Timur) - TPS Dinas Sosial Karangwaru - TPA Piyungan.
c. TPA Piyungan - TPS Jl. Cantel 1 - TPS Jl. Cantel 2 - TPS Jl. Pramuka - TPA Piyungan.
d. TPA Piyungan - TPS Jl. Bausasran (Timur) - TPS Jl. Gajah - TPS Asrama Brimob - TPA Piyungan.
e. TPA Piyungan - TPS LP Wirogunan - TPS Jl. Hayam Wuruk -TPA Piyungan.
f. TPA Piyungan - TPS Jl. Cantel Baru - TPS Jl. Kusumanegara (UST) - TPA Piyungan.
g. TPA Piyungan - TPS Jl. Juminahan (Rusunawa) -TPS Jl. Bausasran (Barat) - TPA Piyungan.
h. TPA Piyungan - TPS Jl. Lempuyangan (Barat) - TPS Kowilhan - TPS Dinas Sosial Karangkajen - TPA Piyungan.
i. TPA Piyungan - DLH Kota Yogyakarta.

Pada penelitian selanjutnya dengan tema yang sama diharapkan dapat menggunakan metode lain untuk menentukan titik dalam satu rute, memperluas komponen-komponen yang digunakan seperti biaya, dan dilakukan penyempurnaan dan perbaikan secara komputasi baik menggunakan bahasa pemrograman yang sama maupun berbeda sehingga dapat menghasilkan simulasi efektivitas rute dan dapat menghasilkan simulasi graf sesuai dengan letak sebenarnya sesuai dengan yang diharapkan.

## Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bappeda Kota Yogyakarta atas bantuan serta ijin serta data yang diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan lancar. Peneliti juga mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi Terapan dan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan atas segala dukungan dalam yang bersifat administratif dalam penelitian ini.

## Referensi


[1] **R. A. Putra**, Efektivitas Metode Sequential Insertion dan Metode Nearest Neighbor dalam Penentuan Rute Kendaraan Pengangkut Sampah di Kota Yogyakarta, Universitas Negeri Yogyakarta, 2014.

[2] **Badan Perencanaan Pembangunan Daerah DIY**, Pengelolaan Sampah, *Report*, 2020. http://bappeda.jogjaprov.go.id/dataku/data_dasar/index/208-pengelolaan-sampah?id_skpd=25.

[3] **Marsudi**, *Teori Graf*. Malang: Universitas Brawijaya Press, 2016.

[4] **T. Harju**, *Graph Theory*. Turku: Mathematics Department, University of Turku, 2012.

[5] **U. Khasanah** and **H. Fitriyani**, *Matematika Diskret*. Yogyakarta: JPMIPA FKIP Universitas Ahmad Dahlan, 2012.

[6] **D. Vigo** and **P. Toth**, *Vehicle Routing*. 2014.

[7] **A. Priyanto**, Algoritma Cheapest Insertion Heuristic Untuk Menyelesaikan Asymmetric Traveling Salesman Problem, Universitas Negeri Yogyakarta, 2009.

[8] **K. Meliantari**, **D. Putra Githa**, and **N. K. Ayu Wirdiani**, Optimasi Distribusi Produk Menggunakan Metode Cheapest Insertion Heuristic Berbasis Web, *J. Ilm. Merpati (Menara Penelit. Akad. Teknol. Informasi)*, 2018, doi: 10.24843/jim.2018.v06.i03.p07.

[9] **R. G. Utomo**, **D. S. Maylawati**, and **C. N.** Alam, Implementasi Algoritma Cheapest Insertion Heuristic (CIH) dalam Penyelesaian Travelling Salesman Problem (TSP), *J. Online Inform.*, 2018, doi: 10.15575/join.v3i1.218.

[10] **M. Alssager**, **Z. A. Othman**, and **M. Ayob**, Cheapest insertion constructive heuristic based on two combination seed customer criterion for the capacitated vehicle routing problem, *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, 2017, doi: 10.18517/ijaseit.7.1.1792.

[11] **P. Deitel** and **H. Deitel**, Intro to Python for Computer Science and Data Science: Learning to Program with Ai, Big Data and the Cloud, *Pearson*, 2019.

[12] **D. Dasgupta**, Artificial Immune Systems : A Bibliography, 2007.

THIS PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

# HASIL CEK_Menentukan Rute_Jurnal FOURIER

ORIGINALITY REPORT

| 13% | 12% | 5% | 6% |
|---|---|---|---|
| SIMILARITY INDEX | INTERNET SOURCES | PUBLICATIONS | STUDENT PAPERS |

PRIMARY SOURCES

| | | |
|---|---|---|
| 1 | ejournal.unib.ac.id<br>Internet Source | 1% |
| 2 | repository.ub.ac.id<br>Internet Source | 1% |
| 3 | repository.usd.ac.id<br>Internet Source | 1% |
| 4 | Submitted to Universitas Jember<br>Student Paper | 1% |
| 5 | buat.web.id<br>Internet Source | 1% |
| 6 | asrulhoesein.blogspot.com<br>Internet Source | 1% |
| 7 | media.neliti.com<br>Internet Source | 1% |
| 8 | Submitted to UPN Veteran Yogyakarta<br>Student Paper | 1% |
| 9 | Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya<br>Student Paper | <1% |

| | | |
|---|---|---|
| 10 | fr.scribd.com<br>Internet Source | <1 % |
| 11 | journal.uii.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 12 | jurnalmadaris.org<br>Internet Source | <1 % |
| 13 | repository.unej.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 14 | www.journal2.uad.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 15 | Aditia Sovia Pramudita. Jurnal Logistik Bisnis, 2019<br>Publication | <1 % |
| 16 | Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya<br>Student Paper | <1 % |
| 17 | article.binus.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 18 | journal.ummat.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 19 | jurnal.uns.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 20 | repo.uho.ac.id<br>Internet Source | <1 % |

| | | |
|---|---|---|
| 21 | www.yumpu.com<br>Internet Source | <1 % |
| 22 | jimfeb.ub.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 23 | acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080<br>Internet Source | <1 % |
| 24 | docobook.com<br>Internet Source | <1 % |
| 25 | eigen.unram.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 26 | eproceedings.umpwr.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 27 | journal.bio.unsoed.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 28 | Fani Darmawan Putra, Fibri Rakhmawati, Hendra Cipta. "Penentuan Rute Transportasi Kendaraan Umum Kota Medan Dengan Menggunakan Nearest Neighbor Method Dan Closed Insertion Method", Zeta - Math Journal, 2021<br>Publication | <1 % |
| 29 | jrmsi.studentjournal.ub.ac.id<br>Internet Source | <1 % |
| 30 | repository.ar-raniry.ac.id<br>Internet Source | <1 % |

| | | |
|---|---|---|
| 31 | Rohmaul Listyana, Yudi Hartono. "Persepsi Dan Sikap Masyarakat Terhadap Penanggalan Jawa Dalam Penentuan Waktu Pernikahan (Studi Kasus Desa Jonggrang Kecamatan Barat Kabupaten Magetan Tahun 2013)", AGASTYA: JURNAL SEJARAH DAN PEMBELAJARANNYA, 2015<br>Publication | <1% |
| 32 | Yusma Dewi, Trisno Raharjo. "Aspek Hukum Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan Serta Solusinya", Kosmik Hukum, 2019<br>Publication | <1% |
| 33 | www.bangkalankab.go.id<br>Internet Source | <1% |
| 34 | Ul Qadri, Riska Wahyuni, Lilis Listiyawati. "Inovasi Manajemen Pengelolaan Sampah yang Berwawasan Lingkungan di Kota Pontianak berbasis Aplikasi", Eksos, 2020<br>Publication | <1% |
| 35 | online-journal.unja.ac.id<br>Internet Source | <1% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Exclude quotes | On | Exclude matches | Off |
| Exclude bibliography | On | | |