

MODEL VEHICLE ROUTING PROBLEM DALAM MENGOPTIMUMKAN RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH DI KOTA BOGOR

Maya Widyastiti⁽¹⁾, Isti Kamila^{(2)*}

Abstract

Garbage is a common problem that often occurs in many cities, including in Bogor. Every day, the volume of garbage in Bogor reaches 600 tons and only 475 tons can be transported to the Galuga Landfill. However, the vehicle which is owned by the Environmental Agency of Bogor is limited and has certain capacity. In this study, we formulated garbage transportation in the form of a Vehicle Routing Problem model with Branch and Bound method and completed using LINGO 11.0. The optimal solution obtained is a garbage transport route with a minimum distance, and obtained a distance is 1583.24 km, with West Bogor is 172.6 km, Central Bogor is 344.99 km, East Bogor is 298.79 km, North Bogor is 267.4 km, South Bogor is 252.41 km and Tanah Sareal is 247.05 km. Of the six sub-districts, there was a decrease in the distance of garbage transportation from Temporary Disposal sites to the Galuga Landfill.

Keywords: Garbage transportation, Optimization, Vehicle Routing Problem.

Abstrak

Sampah merupakan masalah yang sering terjadi di beberapa kota, termasuk Kota Bogor. Setiap harinya, volume sampah di Kota Bogor mencapai 600 ton dan hanya sekitar 475 ton yang dapat diangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Galuga. Selain itu, banyaknya armada pengangkut sampah yang dimiliki oleh Dinas Lingkungan Hidup pun terbatas dan memiliki kapasitas tertentu. Pada penelitian ini, kami memformulasikan masalah pengangkutan sampah ke dalam bentuk Vehicle Routing Problem dengan metode Branch and Bound dan diselesaikan menggunakan perangkat lunak LINGO 11.0. Solusi optimal yang diperoleh adalah rute pengangkutan sampah dengan jarak tempuh yang minimum dan diperoleh sebesar 1583.24 km, dengan Bogor Barat sebesar 172.6 km, Bogor Tengah sebesar 344.99 km, Bogor Timur sebesar 298.79 km, Bogor Utara sebesar 267.4 km, Bogor Selatan sebesar 252.41 km dan Tanah Sareal sebesar 247.05 km. Dari keenam kecamatan, terjadi penurunan jarak tempuh pengangkutan sampah dari beberapa Tempat Pembuangan Sementara (TPS) ke TPA Galuga.

Kata kunci: Optimisasi, Pengangkutan Sampah, Vehicle Routing Problem.

* Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Pakuan
Email: maya.widyastiti@unpak.ac.id, istikamila@unpak.ac.id

1. Pendahuluan

Persampahan merupakan permasalahan umum yang sering terjadi di perkotaan, termasuk di Kota Bogor. Berdasarkan catatan dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bogor, sampah di Kota Bogor setiap harinya mencapai 600 ton dan hanya 475 ton yang dapat diangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Galuga. Pada umumnya pengangkutan sampah telah dilakukan secara rutin dari Tempat Penampungan Sementara (TPS) dan dibuang ke TPA dengan menggunakan tipe armada tertentu, seperti *arm roll truck*, *dump truck*, ataupun *container*. Banyaknya armada yang dimiliki oleh DLH Kota Bogor masih terbatas dan armada tersebar di setiap kecamatan dengan jumlah yang berbeda. Armada yang ada di setiap kecamatan hanya akan mengangkut sampah di kecamatan tersebut. Selain itu, setiap tipe armada pun memiliki kapasitas tertentu.

DLH Kota Bogor juga memiliki target untuk dapat mengangkut semua sampah dari TPS. Namun, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Kota Bogor, volume sampah yang terkumpul pun semakin banyak. Apabila sampah sudah melebihi batas maksimum dari armada tertentu yang digunakan, maka armada pengangkut tersebut tidak dapat mengangkut semua sampah sehingga penumpukan sampah pun terjadi. Oleh karena itu, diperlukan suatu model pengoptimuman rute pengangkutan sampah di Kota Bogor sehingga tidak terjadi penumpukan sampah.

Model pengoptimuman rute pengangkutan sampah ini diharapkan dapat membantu DLH Kota Bogor khususnya bidang persampahan untuk lebih tepat dalam menangani pengangkutan sampah. Model yang akan diperoleh diharapkan membantu dalam meminimumkan jarak tempuh armada DLH Kota Bogor dalam proses pengangkutan sampah. Pada penelitian ini, model pengoptimuman rute pengangkutan sampah menggunakan model *Vehicle Routing Problem*.

Model *Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan masalah optimisasi kombinatorial dan *Integer Linear Programming* dalam menentukan rute optimal untuk dilalui suatu armada atau kendaraan dengan tujuan meminimumkan biaya, jarak, atau waktu tempuh. Pada masalah VRP terdapat beberapa batasan yang harus dipenuhi, yaitu setiap armada harus memulai rute perjalanan dari depot atau tempat produksi, setiap konsumen hanya akan dilayani satu kali oleh satu armada, setiap konsumen mempunyai sejumlah permintaan yang harus dipenuhi, setiap armada memiliki batasan kapasitas, dan tidak terdapat subrute untuk setiap armada.

Pada penelitian sebelumnya, Apriyanti D., dkk pada tahun 2018 [1] telah menganalisis rute truk pengangkutan sampah di Kota Bogor dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis. Hasil yang diperoleh berupa jumlah konsumsi bahan bakar (solar) dari 88 rute yang dihasilkan yaitu 1131,822 liter atau biaya yang dibutuhkan untuk satu kali pengangkutan sampah sebesar Rp. 5.834.000. Selain itu, model optimasi pengelolaan sampah juga telah diteliti oleh Supriyo P., dkk pada tahun 2016 [4] dengan studi kasus di Kota Jakarta. Model pengangkutan sampah di Kota Bangli juga telah diteliti oleh Saraswati P.N.S, dkk pada tahun 2013 [3] dengan menentukan jumlah dan sebaran TPS yang dibutuhkan, serta menentukan rute pengangkutan, jumlah armada, jenis armada dan pengaturan waktu pengangkutan sampah.

Penelitian ini bertujuan untuk membangun model pengoptimuman rute pengangkutan sampah di Kota Bogor. Penentuan rute pengangkutan sampah tersebut diatur dengan memperhatikan banyaknya armada dalam mengangkut sampah Kota Bogor. Model yang terbentuk diharapkan dapat digunakan untuk menentukan rute armada dalam pengangkutan sampah dengan jarak yang minimum.

2. Model Matematika

Model matematika yang dibangun merupakan model yang telah dimodifikasi dari model yang dikemukakan oleh Lubis H.A.R., dkk pada tahun 2016 [2]. Modifikasi dilakukan terhadap kendala yang dibutuhkan.

Himpunan

$K = \{1, 2, \dots, r\}$ = himpunan armada,

$A = \{2, 3, \dots, n\}$ = himpunan TPS,

$B = \{1, 2, \dots, n\}$ = himpunan TPA dan TPS, dengan 1 menyatakan TPA.

Indeks

i, j, p = indeks untuk menyatakan TPS dan TPA,

k = indeks untuk menyatakan armada.

Parameter

q_i = banyaknya volume sampah di TPS i

a_k = kapasitas dari armada k

d_{ij} = jarak antara TPS i dan TPS j

u_{ik} = variabel tambahan apabila TPS i dikunjungi oleh armada k

N = banyaknya armada

Variabel keputusan

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jika armada } k \text{ mengunjungi TPS } j \text{ setelah TPS } i \text{ dikunjungi} \\ 0, & \text{jika selainnya} \end{cases}$$

Fungsi Objektif

Fungsi objektif dari permasalahan ini adalah meminimumkan jarak tempuh armada dalam proses pengangkutan sampah dari TPS ke TPA.

$$\text{Minimumkan } \sum_{i \in B} \sum_{j \in B} \sum_{k \in K} d_{ij} x_{ijk}$$

Kendala

Kendala yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

1. Setiap armada harus berangkat dari TPA dan seluruh armada harus digunakan untuk mengunjungi TPS tertentu,

$$\sum_{j \in B} x_{1jk} = 1, \forall k \in K.$$

2. Setiap TPS akan dikunjungi tepat satu kali oleh satu armada,

$$\sum_{k \in K} \sum_{\substack{i \in B \\ i \neq j}} x_{ijk} = 1, \forall j \in B,$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{\substack{j \in B \\ i \neq j}} x_{ijk} = 1, \forall i \in B.$$

3. Setiap armada yang mengunjungi suatu TPS pasti akan meninggalkan TPS tersebut,

$$\sum_{\substack{i \in B \\ i \neq j}} x_{ipk} - \sum_{\substack{j \in B \\ j \neq p}} x_{pjk} = 0, \forall p \in B, \forall k \in K.$$

4. Volume sampah dari suatu TPS yang dikunjungi oleh suatu armada tidak boleh melebihi kapasitas dari armada tersebut,

$$\sum_{i \in B} \sum_{\substack{j \in B \\ i \neq j}} q_i x_{ijk} \leq a_k, \forall k \in K.$$

5. Memastikan tidak terjadi subroute untuk setiap kendaraan

$$u_{ik} - u_{jk} + N x_{ijk} \leq N - 1, \forall i, j \in B, k \in K$$

3. Hasil dan Pembahasan

Pada proses pengangkutan sampah, sampah diambil dari setiap TPS kontainer dan kemudian dibuang ke TPA Galuga. Banyaknya TPS kontainer yang tersebar di 6 kecamatan tidak merata. Selain itu, armada yang digunakan adalah jenis *arm roll truck* dengan kapasitas 6 ton yang jumlahnya pun tidak sama di setiap kecamatan. Data diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Bogor, sedangkan jarak antar TPS dan TPA diperoleh melalui aplikasi *Goolge Maps*. Berikut banyaknya TPS kontainer dan armada yang tersedia di setiap kecamatan.

Tabel 1. Data Banyaknya TPS dan armada

Kecamatan	Banyaknya TPS	Banyaknya armada
Bogor Barat	12	4
Bogor Tengah	17	7
Bogor Timur	14	5
Bogor Utara	13	5
Bogor Selatan	16	4
Tanah Sereal	17	6

Implementasi model *Vehicle Routing Problem* menggunakan bantuan *software* LINGO 11.0 memerlukan waktu eksekusi yang cukup lama. Dari 6 kecamatan yang dicari solusinya, 2 kecamatan diinterupsi setelah melakukan running selama lebih dari 24 jam, yaitu kecamatan Bogor Selatan dan Bogor Tengah. Dari hasil tersebut diperoleh total jarak tempuh minimum sebesar 1583.24 km. Rute pengangkutan sampah setiap kecamatan di Kota Bogor dapat dilihat pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 7.

Tabel 2. Rute Kecamatan Bogor Barat

Armada	Rute	Jarak (km)
1	TPA Galuga – Curug Induk – Giant Yasmin – Gang Kelor – TPA Galuga	42.1
2	TPA Galuga – Yasmin Sektor 6 – Rumah Sakit Marzuki Mahdi – Kapuk Loji – TPA Galuga	42.8

Maya Widyastiti, Isti Kamila

3	TPA Galuga – Pasar Gunung Batu – Pasir Kuda – Jalan Manunggal – TPA Galuga	47.6
4	TPA Galuga – Pusdik Intel – Gang Bengkong – Terminal Bubulak – TPA Galuga	40.1
Total		172.6

Tabel 3. Rute Kecamatan Bogor Tengah

Armada	Rute	Jarak (km)
1	TPA Galuga – Pasar Depris – TPA Galuga	42
2	TPA Galuga – Cilibende – Universitas Pakuan – TPA Galuga	54
3	TPA Galuga – RS. PMI – Jalan Roda – TPA Galuga	51.5
4	TPA Galuga – IPB Tegallega – Bogor Plaza – TPA Galuga	51.1
5	TPA Galuga – Sempur – Regina Pacis – TPA Galuga	48.2
6	TPA Galuga – Kantor Batu – Gedong Sawah – Propindo – Mayor Oking – TPA Galuga	47.69
7	TPA Galuga – Superindo – SMP Negeri 7 – Pusdikzi – Jalan MA Salmun – TPA Galuga	50.5
Total		344.99

Tabel 4. Rute Kecamatan Bogor Timur

Armada	Rute	Jarak (km)
1	TPA Galuga – Taman Pajajaran – Taman Pajajaran 2 – Parung Banteng – SKI – Mutiara Bogor Raya – TPA Galuga	65.64
2	TPA Galuga – Bakongsi – Lorena – TPA Galuga	60.85
3	TPA Galuga – Jalan Riau – Terminal Baranangsiang – Binamarga – Bogor Medical Center – Sukamulya – TPA Galuga	68.3
4	TPA Galuga – PDAM – TPA Galuga	52
5	TPA Galuga – X-One Sukasari – TPA Galuga	52
Total		298.79

Tabel 5. Rute Kecamatan Bogor Utara

Armada	Rute	Jarak (km)
1	TPA Galuga – Indraprasta – Plaza Jambu 2 – Perum. Pabaton – TPA Galuga	52
2	TPA Galuga – RS. Mulia – Pasar Tanah Baru – Pandu Raya – TPA Galuga	54.1
3	TPA Galuga – Ciparigi – TPA Galuga	48
4	TPA Galuga – Ciparigi – Brimob – TPA Galuga	53.4
5	TPA Galuga – Bantar Jati Atas – IPB III – Botanica – RS. Azra – TPA Galuga	59.9
Total		267.4

Tabel 6. Rute Kecamatan Bogor Selatan

Armada	Rute	Jarak (km)
1	TPA Galuga – Bondongan – Warung Bandrek – Paspampres – Bogor Nirwana Residence – TPA Galuga	58.41
2	TPA Galuga – RS. Melania – Pamoyanan sari – Batutulis – Warban – TPA Galuga	54.9
3	TPA Galuga – Ciawi – Jalan Rolita – Perum. Pakuan – Jalan Pahlawan – TPA Galuga	67.5
4	TPA Galuga – Nutrifood – Dekeng – Perumda – Villa Kebun Raya – TPA Galuga	71.6
Total		252.41

Tabel 7. Rute Kecamatan Tanah Sareal

Armada	Rute	Jarak (km)
1	TPA Galuga – Sinbad Agung Residence – TPA Galuga	42
2	TPA Galuga – Taman sari Persada – SMP 16 – Bukit Cimanggu I – Bukit Cimanggu II – TPA Galuga	46.75
3	TPA Galuga – Lottemart – TPA Galuga	40
4	TPA Galuga – Sukaresmi – Bogor Indah Plaza (Yogya) – TPA Galuga	45.9
5	TPA Galuga – Saung Kuring – Blender – Pondok Rumput – Good Year – Haur Jaya – TPA Galuga	49.8
6	TPA Galuga – Kedung Badak II – Kedung Badak I – Pasar Jambu 2 – Kedung Badak III – TPA Galuga	50.4
Total		247.05

Berdasarkan hasil yang diperoleh dengan menggunakan model *Vehicle Routing Problem*, terjadi penurunan jarak tempuh jika dibandingkan dengan rute yang saat ini diterapkan oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bogor. Perbandingan jarak tempuh antara model *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan rute dari DLH dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Jarak Tempuh

Kecamatan	Model VRP	Rute DLH	Persentase Penurunan
Bogor Barat	172.6	180.1	4.16%
Bogor Tengah	344.99	359.1	3.93%
Bogor Timur	298.79	329.15	9.22%
Bogor Utara	267.4	286.2	6.57%
Bogor Selatan	252.41	275.2	8.28%
Tanah Sareal	247.05	310.1	20.33%

4. Kesimpulan

Telah diperlihatkan bahwa model *Vehicle Routing Problem* dapat digunakan dalam mengoptimalkan rute pengangkutan sampah di Kota Bogor. Hasil yang diperoleh adalah total jarak minimum yang ditempuh sebesar 1583.24 km, dengan rincian Bogor Barat sebesar 172.6

km, Bogor Tengah 344.99 km, Bogor Timur 298.79 km, Bogor Utara 267.4 km, Bogor Selatan 252.41 km, dan Tanah Sareal 247.05 km. Hal ini menunjukkan adanya penurunan jarak tempuh yang cukup signifikan dalam pengangkutan sampah di Kota Bogor jika dibandingkan dengan rute pengangkutan yang saat ini diterapkan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Bogor.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh dana Kemenristekdikti dengan Surat Keputusan Nomor 110/SP2H/LT/DRPM/2019 dan Perjanjian/ Kontrak Nomor 2654/L4/PP/2019 dan Nomor 34/LPPM-UP/KP-PDP/III/2019. Ucapan terima kasih ini juga ditujukan kepada semua pihak terkait sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Apriyanti, D., Kresnawati, D.K., Diniyah, W.F. 2018. Pemanfaatan sistem informasi geografis untuk analisis rute truk pengangkutan sampah di kota bogor. Prosiding Seminar Nasional Geomatika. Badan Informasi Geospasial, Bogor.
- [2] Lubis, H.A.R., Maulana, A., Frazila, R.B. 2016. Penerapan Konsep Vehicle Routing Problem dalam Kasus Pengangkutan Sampah di Perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 23, no 2, hal. 213 – 222.
- [3] Saraswati, P.N.S., Dharma, I.G.B.S., Sudipta, I.G.K. 2013. Model Pengangkutan Sampah di Kota Bangli. *Jurnal Spektran*, Vol. 1, no. 2, hal. 24 – 29.
- [4] Supriyo, P.T., Aman, A., Bakhtiar, T., Hanum, F. 2017. Model Optimasi Pengelolaan Sampah Perkotaan: Penentuan Lokasi Pembuangan Sampah. Prosiding Seminar Nasional Matematika X UNNES, Vol.1, no.1 tahun 2017, hal 701-708. Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Semarang.