

OPTIMASI RUTE TRUK PENGANGKUT SAMPAH DI KOTA DEPOK

¹Tegar Mujadid Mappa, ²Sudaryanto

^{1,2}Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma

Jalan Margonda Raya No 100, Pondok Cina, Depok, 16424

¹mujadidtegar@gmail.com, ²sudaryanto@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Kota Depok merupakan salah satu wilayah dengan jumlah populasi penduduk terpadat di Indonesia. Jumlah penduduk yang besar menimbulkan permasalahan salah satunya adalah sampah. Pengelolaan sampah yang baik terutama pada pengangkutan sampah dari TPS hingga TPA harus diperhatikan supaya proses transportasi efektif dan efisien. Masalah ini terkait dengan penentuan rute truk sampah. Pada penelitian ini penentuan rute transportasi truk sampah di kota Depok dilakukan menggunakan metode Nearest Neighbour. Metode ini digunakan karena sesuai dengan permasalahan yang terjadi dimana terdapat kendala yaitu kapasitas muatan yang terbatas. Langkah penyelesaiannya yaitu truk mengawali perjalanan dari depot yang berlokasi di area TPA Cipayung menuju TPS terdekat lalu menuju TPA untuk membongkar muatan dan kembali ke depot. Berdasarkan penyelesaian menggunakan metode Nearest Neighbour didapatkan hasil terjadi penggabungan 6 rute baru. Jarak tempuh seluruh armada dalam satu hari yang sebelumnya 845,6 km menjadi 775,6 km sehingga penghematan jarak tempuh sekitar 8,3%. Jumlah truk untuk mengangkut sampah sebanyak 197 m³ yang sebelumnya 40 armada menjadi hanya 34 armada, sehingga ada penghematan sekitar 15%. Waktu waktu proses yang digunakan seluruh armada truk ke seluruh TPS hingga kembali ke depot sebelumnya adalah 9914 menit, dengan metode Nearest Neighbour didapatkan pengurangan waktu proses menjadi 9457 menit, sehingga menghemat waktu sekitar 4,6%.

Kata Kunci: kota Depok, nearest neighbour, optimasi, rute, truk sampah.

Abstract

Depok city is one of the regions with the densest population in Indonesia. A large population certainly raises problems and one of them is about waste, to overcome this, a good management is needed, especially waste management from TPS to TPA which involves the transportation process. The solution to the problem is the garbage truck transportation route in Depok, which uses the Nearest Neighbor method. This method is used because it is in accordance with the problems happened, namely limited load capacity. The completion step is the truck starts the journey from the storehouse located in the Cipayung landfill area to the nearest polling station and then goes to the landfill to unload and return to the storehouse. Based on the solution using the Nearest Neighbour method, the results obtained are the occurrence of combining 6 new routes. The mileage of the entire fleet in one day which was previously 845.6 km became 775.6 km so there was a savings of about 70 km or around 8.3%. The number of trucks used to transport garbage is 197 m³, of which 40 were previously only 34 fleets, resulting in savings of 6 truck fleets or around 15%. The processing time used by the entire fleet of garbage transportation trucks to all polling stations until returning to the previous depot was 9914 minutes, but after following the steps of the Nearest Neighbor method, it was found that the processing time was reduced to 9457 minutes, thus saving time by 4.6%.

Keywords: Depok city, garbage trucks, nearest neighbour, optimization, routes.

PENDAHULUAN

Prospek pekerjaan yang besar di kota membuat peluang mendapatkan pekerjaan juga semakin besar, hal ini dapat memberikan dampak yaitu semakin banyaknya perpindahan masyarakat dari desa ke kota. Perpindahan masyarakat ke kota secara besar-besaran tersebut dapat berpengaruh pada meningkatnya jumlah populasi penduduk di kota yang dapat menyebabkan masalah sosial. Permasalahan sosial adalah salah satu permasalahan yang memiliki dampak yang sangat besar terutama mengenai sampah.

Problematika mengenai sampah merupakan hal yang sangat penting terutama di daerah perkotaan yang berkaitan dengan budaya dan perilaku masyarakat terutama di wilayah perkotaan [1]. Kurangnya kesadaran dan kepedulian dari masyarakat mengenai permasalahan sampah akan berdampak pada kualitas lingkungan yang semakin mengalami penurunan. Peran dari instansi pemerintahan terkait sangat diperlukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pengelolaan sampah dibagi menjadi 2 yaitu pengelolaan sampah setempat (individu) dan pengelolaan sampah terpusat untuk suatu lingkungan permukiman atau kota. Pengelolaan sampah secara terpusat memerlukan teknis operasional yang terkoordinir dan institusi yang menangani langsung pengelolaan persampahan [2].

Pengelolaan persampahan suatu daerah sangat ditentukan oleh peraturan yang mendukungnya terutama dalam hal pengelolaan

sampah yang dimulai dari Tempat Penampungan Sementara (TPS) sampai dengan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Pengelolaan sampah dari TPS sampai TPA tersebut melibatkan proses transportasi yang dimana truk sampah digunakan sebagai kendaraan untuk melakukan pengangkutannya.

Proses pengangkutan sampah ke setiap wilayah mengalami beberapa permasalahan, salah satu contohnya masalah yang muncul di wilayah kota Depok. Masalah yang muncul adalah penentuan rute pengangkutan sampah yang kurang efisien dengan kendala kapasitas muatan dari truk sampah dan biaya operasional yang terbatas. Berdasarkan kondisi tersebut, maka diperlukan kajian terutama untuk mengoptimalkan rute pengangkutan sampah sehingga pengangkutan sampah dari TPS ke TPA menjadi efisien. Selain itu, dengan dilakukannya pengoptimalan rute transportasi truk sampah diharapkan dapat memaksimalkan pengangkutan sampah dan memperpendek jaraknya tempuhnya.

Masalah pengangkutan sampah dari TPS ke TPA merupakan salah satu contoh *Vehicle Routing Problem* (VRP). Terdapat 5 variasi dari bentuk VRP muncul tergantung pada suatu kondisi yang ada. Pertama *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) adalah masalah optimasi kombinatorial yang berkaitan dengan terbatasnya waktu penyediaan layanan. Kedua, *Open Vehicle Routing Problem* (OVRP) yaitu model VRP dengan rute terbuka. Ketiga *Multi-Depot Vehicle Routing Problem* (MDVRP)

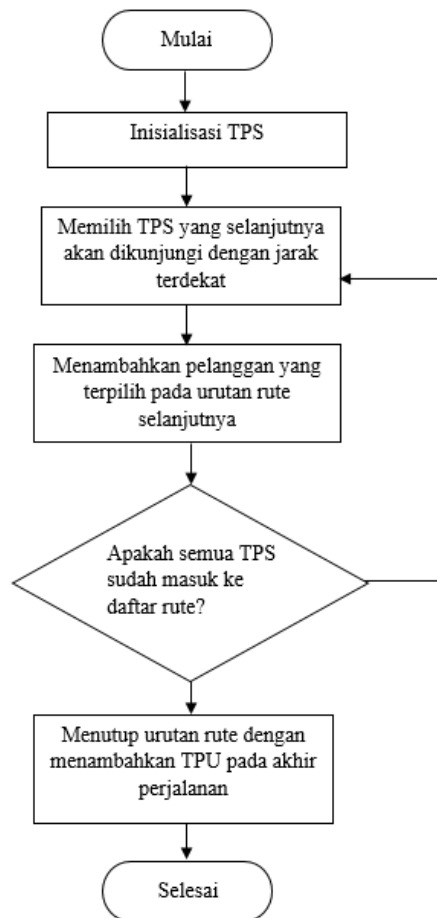
merupakan permasalahan VRP dengan kondisi dimana depot yang digunakan sebagai pusat distribusi barang lebih dari satu. Keempat *Site-Dependent Vehicle Routing Problem* (SDVRP) digunakan untuk melayani satu set pelanggan, tetapi ada ketergantungan kompatibilitas antara pelanggan dan jenis kendaraan. Kelima *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yaitu VRP yang memiliki batasan kapasitas kendaraan [3,4].

Penelitian terdahulu mengenai CVRP dilakukan untuk optimalisasi rute jasa pengiriman barang menggunakan pendekatan heuristik [3]. Permasalahan CVRP yang lain adalah kasus pendistribusian air isi ulang menggunakan metode *sequential insertion* dan berhasil menentukan rute distribusi dengan lebih efektif [5]. Penelitian terkait pengelolaan sampah sudah banyak dilakukan salah satunya untuk menghitung jumlah dump truck dan arm roll truck yang dibutuhkan untuk mengangkut sampah yang dihasilkan di Kecamatan Klungkung ke TPA [6]. Tujuan penelitian ini adalah optimasi rute truk pengangkutan sampah dari TPS ke TPA sehingga didapatkan rute terpendek dan sampah yang terangkut maksimal. Optimasi dapat dilakukan dengan algoritma optimasi deterministik dan probabilistik. Algoritma optimasi probabilistik digunakan untuk menyelesaikan ruang masalah dengan ruang solusi yang besar dan bahkan tak terbatas [7]. Pada penelitian ini, optimasi menggunakan algoritma *nearest neighbour*.

METODE PENELITIAN

Permasalahan pengangkutan sampah dari TPS ke TPA merupakan permasalahan untuk mengatur aktivitas distribusi sumber daya tertentu dengan keterbatasan jumlah armada dan kapasitas angkutnya. Permasalahan ini termasuk dalam permasalahan CVRP. Parameter-parameter model CVRP antara lain jumlah TPS, kapasitas setiap kendaraan, permintaan TPS dan jarak tempuh perjalanan dari TPS ke TPS. Parameter tersebut dianggap bernilai integer tidak negatif. Pendekatan yang digunakan adalah algoritma *nearest neighbour*.

Algoritma *nearest neighbour* merupakan prosedur memulai rute kendaraan dari jarak yang paling dekat dengan depot. Rute selanjutnya yaitu pelanggan yang paling dekat dengan pelanggan pertama yang sudah dikunjungi. Prosedur ini terus berulang sampai semua pelanggan masuk ke dalam rute perjalanan. Keistimewaan dari metode ini merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menjadwalkan sejumlah terbatas kendaraan dengan memperhatikan kapasitas maksimum. Metode *nearest neighbour* digunakan karena metode ini memiliki karakteristik pembentukan rute distribusi sesuai dengan keadaan nyata yang terdapat pada kondisi lapangan. Alasan lain penggunaan metode ini karena lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan metode VRP yang lain. Diagram alir metode *nearest neighbour* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Algoritma *Nearest Neighbour*

Pada Gambar 1 ditunjukkan diagram alir algoritma *nearest neighbour*. Langkah pertama adalah menetapkan kapasitas muatan kendaraan, berawal dari depot kemudian menuju TPS yang belum dikunjungi dengan jarak terpendek. Langkah kedua yaitu ke pelanggan lain yang memiliki jarak terdekat dari pelanggan yang terpilih sebelumnya dan jumlahnya tidak melebihi kapasitas muatan kendaraan. Apabila ada pelanggan yang terpilih sebagai pelanggan berikutnya dan terdapat sisa kapasitas kendaraan, kembali ke langkah (2). Bila kendaraan tidak memiliki sisa kapasitas, kembali ke langkah (1). Bila tidak ada lokasi yang terpilih karena

jumlah pengiriman melebihi kapasitas kendaraan, maka kembali ke langkah (1). Dimulai lagi dari depot dan mengunjungi pelanggan yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat. Langkah ke tiga yaitu memastikan semua pelanggan telah dikunjungi. Bila semua pelanggan telah dikunjungi tepat satu kali maka algoritma berakhir [5].

Kota Depok terdiri dari 11 kecamatan dengan jumlah keseluruhan TPS adalah 32 TPS yang tersebar di setiap kecamatan. Tabel 1 menyajikan data TPS yang ada di kota Depok dengan depot di TPA Cipayung dengan kapasitas truk sebesar 6 m³.

Tabel 1. TPS di Kota Depok

Kecamatan	TPS	Jumlah Timbunan (perhari)	Kecamatan	TPS	Jumlah Timbunan (perhari)
Beji	TPS Sanin	6 m ³	Cimanggis	TPS Tugu	6 m ³
	TPS Curug	3 m ³		TPS Tugu	3 m ³
	TPS Rais	4 m ³		TPS Pasar Cisalak	6 m ³
Pancoran Mas	TPS Mawar	6 m ³	Cinere	TPS Pasar Cisalak	6 m ³
	TPS H. Naidih	5 m ³		TPS Pasar Cisalak	6 m ³
	TPS Keadilan	6 m ³		TPS Pasar Cisalak	6 m ³
	TPS Jaya	2 m ³		TPS Pasar Cisalak	6 m ³
Cipayung	TPS Jl. Raya Cipayung	5 m ³	Tapos	TPS Pasar Cisalak	6 m ³
	TPS Permata	3 m ³		TPS Rusunawa	4 m ³
	TPS Pitara	3 m ³		TPS Lewinanggung	6 m ³
	TPS Bulak	4 m ³		TPS Jl. Raya Tapos	4 m ³
Sukmajaya	TPS Dipo	6 m ³	Sawangan	TPS Pahlawan	6 m ³
	TPS Antena Raya	2 m ³		TPS Jabon	6 m ³
	TPS nail	5 m ³		Bojongsari	TPS Serua
TPS Merdeka	6 m ³	TPS H Suhaemi	6 m ³		
Cilodong	TPS Parung	5 m ³			
	TPS Gani	6 m ³			
Limo	TPS Iskandar	6 m ³			
	TPS Boulevard	6 m ³			
	TPS Aster	6 m ³			
	TPS Pendowo	3 m ³			

(Sumber: DLHK, 2019)

Pada Tabel 1 merupakan tempat penampungan sementara (TPS) yang ada di kota Depok. TPS tersebut tidak hanya berupa lahan kosong yang disediakan oleh dinas kebersihan kota Depok, namun juga berupa bak kontainer yang berukuran 6 m³ yang ditempatkan di lokasi-lokasi tertentu dan juga terdapat titik-titik kumpul dari gerobak sampah. Jumlah TPS yang ada di kota Depok sangat sedikit akibat keterbatasan lahan, sehingga terdapat titik-titik kumpul dari gerobak sampah yang dijadikan TPS. TPS yang berupa titik kumpul tersebut lokasinya tidak tetap, sehingga titik kumpul terkadang

harus pindah dari satu lokasi ke lokasi lain dikarenakan adanya penolakan dari warga.

Berdasarkan data lokasi TPS di kota Depok, maka dibuatlah penomoran dari setiap TPS, hal tersebut dilakukan untuk memudahkan dalam mengolah data pada tahap selanjutnya. Pemberian nomor tersebut hanya berdasarkan asumsi pribadi dari penulis, tidak diurutkan berdasarkan tiap wilayah kecamatan, sehingga dalam penomoran tersebut bisa saja antara TPS 1 dan TPS 2 berada di wilayah kecamatan yang berbeda. Tabel 2 menyajikan urutan penomoran TPS di Kota Depok

Tabel 2. Penomoran TPS di Kota Depok

No	Nama TPS	No	Nama TPS
1	TPS Pitara	17	TPS Merdeka
2	TPS Bulak	18	TPS Nail
3	TPS Dipo	19	TPS Pasar Cisalak
4	TPS H. Naidih	20	TPS Tugu
5	TPS Keadilan	21	TPS Mawar
6	TPS Jabon	22	TPS Rais
7	TPS Jl. Raya Cipayung	23	TPS Sanin
8	TPS Permata	24	TPS Jaya
9	TPS Boulevart	25	TPS Pendowo
10	TPS Gani	26	TPS Curug
11	TPS Parung	27	TPS Anggrek
12	TPS Rusunawa	28	TPS Nangka Timur
13	TPS Jl. Raya Tapos	29	TPS Aster
14	TPS Lewinanggun	30	TPS Pahlawan
15	TPS Iskandar	31	TPS Serua
16	TPS Antena Raya	32	TPS H. Suhaemi

(Sumber: DLHK, 2019)

Tabel 2 menyajikan data TPS yang ada di kota Depok. Data tersebut menunjukkan setiap TPS memiliki jumlah timbunan sampah yang berbeda-beda. TPS yang ada di kota Depok sebagian besar dikunjungi oleh satu armada truk sampah yang berukuran 6 m³, tetapi ada beberapa TPS yang dikunjungi oleh lebih dari satu armada truk sampah.

Formulasi Masalah

Pada penelitian ini ditetapkan kota Depok sebagai sampel dalam penelitian. Proses pengangkutan sampah tersebut menggunakan *dump truck* dengan kapasitas 6m³. Proses pengangkutan sampah dilakukan selama lima hari dimulai dari hari Senin sampai dengan hari Jumat dan beberapa sampai hari Sabtu. Pengangkutan dilakukan oleh empat orang petugas dimana satu orang sebagai supir dan tiga orang sebagai kernet yang bertugas

mengangkut sampah ke dalam truk. Jam operasi pengangkutan sampah dimulai pukul 5.30 WIB sampai dengan pukul 02.00 WIB, dengan titik awal pemberangkatan di TPA Cipayung dimana seluruh armada truk pengangkutan sampah di kota Depok ditempatkan di sana. Biaya bahan bakar yang disediakan untuk pengangkutan yaitu sebanyak 20 liter solar untuk setiap harinya sehingga jika diasumsikan harga bahan bakar solar saat ini adalah Rp 5.150/liter maka pengeluaran yang dibutuhkan setiap harinya adalah Rp 103.000,00. Pengangkutan sampah dilakukan di TPS yang tersebar di kota Depok, kemacetan diabaikan dan kecepatan truk konstan, yaitu 40 km/jam.

Berdasarkan data rute pengangkutan sampah saat ini diketahui proses pengangkutan sampah di kota Depok kurang memaksimalkan kapasitas volume dari truk yang digunakan.

Oleh sebab itu akan dibentuk rute baru untuk menyelesaikan proses pengangkutan sampah yang tidak dimaksimalkan pada rute sebelumnya. Fungsi tujuan dari model penentuan rute truk pengangkut sampah pada penelitian ini adalah meminimumkan total jarak tempuh truk pengangkut sampah dengan memperhatikan kendala. Kendala yang ada yaitu setiap rute melayani TPS diawali dari depot (TPA Cipayung), setiap TPS hanya dilayani tepat satu kali oleh satu truk, jumlah kapasitas muatan yang diangkut pada suatu *trip* dalam suatu rute tidak melebihi kapasitas maksimal truk, dan setiap rute diakhiri pada depot (dalam hal ini TPA Cipayung) dalam keadaan kosong (tidak membawa sampah).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan asumsi-asumsi yaitu lokasi titik awal pemberangkatan truk sampah disimbolkan dengan 0. TPS disimbolkan dengan penomoran angka dan lokasi TPA disimbolkan dengan huruf X. Pemuatan sampah 1m³ memakan waktu 30 menit dan untuk proses pengosongan muatan memakan waktu 20 menit. Data jarak tempuh dari depot ke setiap TPS diperoleh dengan menggunakan *Google Maps*. Tabel 3 menunjukkan rute masing-masing truk sampah dari depot ke setiap TPS di kota Depok.

Tabel 3. Rute Truk Pengangkut Sampah di Kota Depok

No	Rute	Kapasitas Angkut (m ³)	Jarak Tempuh (Km)	Waktu Proses (Menit)
1	0-1-X-0	3	3,0	220
2	0-2-X-0	4	4,2	166
3	0-3-X-0	6	13,0	256
4	0-4-X-0	5	7,6	210
5	0-5-X-0	6	5,6	222
6	0-6-X-0	6	14,2	240
7	0-7-X-0	5	6,4	200
8	0-8-X-0	3	11,8	160
9	0-9-X-0	6	20,4	280
10	0-10-X-0	6	26,2	294
11	0-11-X-0	6	18,0	276
12	0-12-X-0	6	28,8	248
13	0-13-X-0	4	40,4	266
14	0-14-X-0	6	39,2	344
15	0-15-X-0	6	21,8	286
16	0-16-X-0	6	24,4	190
17	0-17-X-0	6	19,0	282
18	0-18-X-0	5	20,6	260
19	0-19 ¹ -X-0	6	30,4	294
20	0-19 ² -X-0	6	30,4	294
21	0-19 ³ -X-0	6	30,4	294
22	0-19 ⁴ -X-0	6	30,4	294
23	0-19 ⁵ -X-0	6	30,4	294

24	0-19 ⁶ -X-0	6	30,4	294
25	0-19 ⁷ -X-0	6	30,4	294
26	0-19 ⁸ -X-0	2	30,4	174
27	0-20 ¹ -X-0	6	25,6	300
28	0-20 ² -X-0	3	25,6	210
29	0-21-X-0	6	12,2	260
30	0-22-X-0	3	15,4	206
31	0-23-X-0	6	13,8	260
32	0-24-X-0	2	10,4	122
33	0-25-X-0	3	13,8	164
34	0-26-X-0	3	17,6	180
35	0-27-X-0	3	22,0	220
36	0-28-X-0	6	26,0	296
37	0-29-X-0	5	19,6	240
38	0-30-X-0	6	23,8	300
39	0-31-X-0	5	28,0	250
40	0-32-X-0	6	24,0	274
Total		197	845,6	9.914

Tabel 3 merupakan rute truk sampah yang beroperasi saat ini, yaitu dimulai dari depot menuju TPS, lalu menuju TPA untuk mengosongkan muatan dan kembali lagi ke depot. Pengoperasian truk yang dilakukan saat ini sebanyak satu ritasi dalam satu hari, sesuai dengan aturan yang ditetapkan. Jarak tempuh setiap TPS berbeda-beda. Jarak TPS terjauh berdasarkan pengukuran dari *Google Maps* yaitu TPS Jl. Raya Tapos dengan jarak 40,4 km. Waktu yang dihabiskan seluruh armada untuk mengangkut sampah di kota Depok yaitu 9.914 menit dan sampah yang terangkut 197 m³. Biaya operasional untuk bahan bakar per harinya yaitu sebanyak 20 liter solar sehingga cukup digunakan untuk mengangkut sampah yang memiliki lokasi terjauh.

Sistem pengelolaan per wilayah ini membuat pengelolaan pengangkutan sampah di kota Depok tidak efisien karena truk hanya melakukan pengangkutan sampah hanya di

TPS yang ditetapkan dan tidak mengangkut sampah di TPS lain yang berbeda wilayahnya walaupun masih memiliki muatan yang cukup. Berdasarkan hal tersebut dilakukan pembentukan rute baru menggunakan *Nearest Neighbour*. Pembentukan rute dilakukan berdasarkan jarak terdekat dengan depot tanpa memperhatikan wilayah-wilayah TPS.

Pembentukan rute pengangkut sampah dengan metode *Nearest Neighbour* terdiri dari beberapa langkah. Langkah pertama yaitu menetapkan kapasitas muatan kendaraan yang berawal dari depot yang berada di area TPA Cipayung, kemudian menuju lokasi yang belum dikunjungi dan memiliki jarak terpendek dari depot sebagai lokasi pertama. Langkah kedua yaitu ke TPS yang memiliki jarak terdekat dari pelanggan yang terpilih sebelumnya dan jumlahnya tidak melebihi kapasitas muatan kendaraan. Apabila ada pelanggan yang terpilih sebagai pelanggan berikutnya dan terdapat sisa kapasitas

kendaraan, kembali ke langkah (2). Bila kendaraan tidak memiliki sisa kapasitas, kembali ke langkah (1). Bila tidak ada lokasi yang terpilih karna jumlah pengiriman melebihi kapasitas kendaraan, maka kembali ke langkah (1). Dimulai lagi dari depot dan mengunjungi pelanggan yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat.

Langkah ketiga yaitu memastikan semua pelanggan telah dikunjungi. Bila semua pelanggan telah dikunjungi tepat satu kali maka algoritma berakhir. Berdasarkan langkah-langkah penyelesaian masalah dengan metode *Nearest Neighbour*, maka dibuat dalam bentuk model matematik yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pembentukan Rute pada TPS 1

Tahap	Algoritma
Langkah 1	Truk sampah mengawali perjalanan dari depot yang berlokasi di TPA Cipayung dengan muatan dalam kendaraan (Q) = 0 m ³ untuk rute pertama ($k = 1$) pada trip pertama ($t = 1$)
Langkah 2	Memilih TPS yang paling dekat dengan depot yaitu yang terdekat adalah TPS 1 dengan jarak 1,6 km, sehingga rute yang terbentuk menjadi 0 – 1 – X – 0.
Langkah 3	Hitung permintaan muatan ($Q = Q + d_i$). Volume sampah pada TPS 1 (d_1) = 3 m ³ , maka kapasitas sampah dalam truk (Q) = $Q + (d_1) = 0 + 3 = 3 \text{ m}^3 < Q_{maks}$.
Langkah 4	Jika $Q < Q_{maks}$, lanjutkan ke langkah (5). Jika $Q = Q_{maks}$, lanjutkan ke langkah (7). Jika $Q > Q_{maks}$, lanjut ke langkah (6). Berdasarkan pada langkah ke (3), diketahui muatan sampah dalam truk adalah $Q < Q_{maks}$
Langkah 5	Bentuk konsumen yang terpilih sebagai lokasi awal, kemudian ulangi langkah (2). Muatan sampah dalam truk adalah $Q < Q_{maks}$ sehingga dicari TPS yang terdekat dari TPS 1. TPS yang terpilih adalah TPS 2 dengan jarak 1 km
Langkah 6	Batalkan pemilihan konsumen terakhir, kemudian pilih konsumen lain yang belum terpilih yang paling dekat dengan lokasi awal dan lanjutkan ke langkah (3). Jika semua konsumen tidak ada yang layak, lanjutkan ke langkah (7). Sampah di TPS 2 adalah 4 m ³ , jika TPS 2 dipilih maka $Q > Q_{maks}$, sehingga dicari TPS lain yang terdekat dan terpilihlah TPS 8 lalu dilanjutkan dengan langkah (3)
Langkah 7	Kendaraan menuju X untuk membongkar muatan. Bentuk trip baru ($t = t + 1$), kemudian ulangi langkah (1). Rute yang terbentuk yaitu 0 – 1 – 8 – X – 0 dan muatan sampah dalam truk $Q = Q_{maks}$, maka truk menuju TPA Cipayung untuk membongkar muatan
Langkah 8	Batalkan pemilihan konsumen terakhir, kemudian kembali ke langkah (1) untuk

membentuk rute berikutnya ($k = k + 1$).

Langkah 9 Semua konsumen telah terpilih, maka pencarian rute selesai.

Berdasarkan pembentukan rute pada TPS 1 yang disajikan dalam bentuk Tabel 4 maka dijelaskan secara rinci langkah penyelesaiannya. Langkah tersebut dimulai dengan pembentukan trip pertama ($t = 1$) pada rute pertama ($k = 1$) yaitu truk mengawali perjalanan dalam keadaan kosong dari depot (0) yang berada di TPA Cipayung yang merupakan pangkalan semua armada truk, menuju TPS yang paling terdekat yaitu TPS 1 dengan jarak 1,6 km. Rute yang terbentuk menjadi $0 - 1 - X - 0$. Selanjutnya diuji kelayakannya yaitu volume sampah pada TPS 1 (d_1) = 3 m^3 , maka kapasitas sampah dalam truk (Q) = $Q + (d_1) = 0 + 3 = 3 \text{ m}^3 < Q$ maks. Oleh karena $Q \leq Q$ maks, maka pemilihan TPS 1 masuk dalam kategori layak sehingga rute $0 - 1 - X - 0$ dianggap layak.

Lokasi terakhir yang dikunjungi truk adalah TPS (1), maka dipilih TPS yang terdekat dengan TPS (1). Berdasarkan hasil pengukuran jarak, diketahui TPS yang memiliki jarak terdekat adalah TPS (2) dengan jarak 1 km dengan demikian maka rute yang terbentuk menjadi $0 - 1 - 2 - X - 0$. Selanjutnya diuji kelayakannya yaitu volume sampah pada TPS 2 (d_2) = 4 m^3 , maka kapasitas sampah dalam truk (Q) = $Q + (d_2) = 3 + 4 = 7 \text{ m}^3 > Q$ maks. oleh karena $Q \geq Q$ maks, maka pemilihan TPS 2 masuk dalam kategori tidak layak sehingga harus dicari rute terdekat dan volume sampah yang tidak

melebihi kapasitas. Berdasarkan pertimbangan jarak terdekat dan volume sampah maka TPS (8) terpilih sebagai rute selanjutnya. Selanjutnya diuji kelayakannya yaitu volume sampah pada TPS 8 (d_8) = 3 m^3 , maka kapasitas sampah dalam truk (Q) = $Q + (d_8) = 3 + 3 = 6 \text{ m}^3 = Q$ maks. Oleh karena $Q = Q$ maks, maka pemilihan TPS 8 masuk dalam kategori layak sehingga rute $0 - 1 - 8 - X - 0$ dianggap layak. Volume sampah dalam truk sama dengan kapasitas maksimal truk, sehingga truk menuju TPA Cipayung untuk membongkar muatan. Total jarak tempuh perjalanan yang dimulai dari Depot menuju TPS (1) lalu ke TPS (8) lalu ke TPA dan kembali ke depot adalah sejauh 12,7 km.

Trip selanjutnya juga dilakukan hal yang demikian sampai semua TPS telah dikunjungi. Berdasarkan aturan *Nearest Neighbour* adalah apabila semua pelanggan telah dikunjungi tepat satu kali maka algoritma berakhir. Seluruh TPS di kota Depok telah dikunjungi berdasarkan aturan *Nearest Neighbour*, maka diketahui ada enam penggabungan rute yang terjadi. Rute yang digabungkan yaitu TPS 1 dengan 8, TPS 2 dengan 24, TPS 12 dengan 16, TPS 19 dengan 20, TPS 25 dengan 22, dan terakhir TPS 26 dengan 27. Berdasarkan penyelesaian menggunakan metode *Nearest Neighbour* tersebut, maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Rute Baru Menggunakan *Nearest Neighbour*

No	Rute	Kapasitas Angkut (m ³)	Jarak Tempuh (km)	Waktu Proses (menit)
1	0-1-8-X-0	6	12,7	255
2	0-2-24-X-0	6	13,1	259
3	0-3-X-0	6	13,0	256
4	0-4-X-0	5	7,6	210
5	0-5-X-0	6	5,6	222
6	0-6-X-0	6	14,2	240
7	0-7-X-0	5	6,4	200
8	0-9-X-0	6	20,4	280
9	0-10-X-0	6	26,2	294
10	0-11-X-0	6	18,0	276
11	0-12-16-X-0	6	31,7	338
12	0-13-X-0	4	40,4	266
13	0-14-X-0	6	39,2	344
14	0-15-X-0	6	21,8	286
15	0-17-X-0	6	19,0	282
16	0-18-X-0	5	20,6	260
17	0-19 ¹ -X-0	6	30,4	294
18	0-19 ² -X-0	6	30,4	294
19	0-19 ³ -X-0	6	30,4	294
20	0-19 ⁴ -X-0	6	30,4	294
21	0-19 ⁵ -X-0	6	30,4	294
22	0-19 ⁶ -X-0	6	30,4	294
23	0-19 ⁷ -X-0	6	30,4	294
24	0-19 ⁸ -20 ² -X-0	5	33,3	313
25	0-20 ¹ -X-0	6	25,6	300
26	0-21-X-0	6	12,2	260
27	0-23-X-0	6	13,8	260
28	0-25-22-X-0	6	22,6	285
29	0-26-27-X-0	6	24,0	303
30	0-28-X-0	6	26,0	296
31	0-29-X-0	5	19,6	240
32	0-30-X-0	6	23,8	300
33	0-31-X-0	5	28,0	250
34	0-32-X-0	6	24,0	274
Total		197	775,6	9.457

Tabel 5 merupakan rute truk sampah setelah menggunakan metode *Nearest Neighbour*. Truk mengawali perjalanan dari depot yang berlokasi di area TPA Cipayung menuju TPS, lalu menuju TPA untuk mengosongkan muatan dan kembali lagi ke depot. Berdasarkan penyelesaian menggunakan metode *Nearest Neighbour*, maka terjadi

penggabungan enam rute truk sehingga total jarak tempuh yang dilalui seluruh armada truk dalam satu hari adalah 775,6 km dengan waktu beroperasi 9.457 menit dan total sampah yang terangkut yaitu 197 m³.

Berdasarkan rute truk pengangkut sampah yang disajikan pada Tabel 4 maka dilakukan optimalisasi hingga didapatkan

hasil yang disajikan pada Tabel 5. Proses pengangkutan sampah ke seluruh TPS menggunakan armada truk berukuran 6 m³ pada awalnya memakan total jarak tempuh sekitar 845,6 km perharinya. Penghematan terjadi setelah mengikuti langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan metode *Nearest Neighbour* dan didapat total jarak tempuh menjadi berkurang sekitar 775,6 km per harinya sehingga terjadi penghematan jarak tempuh 70 km atau sekitar 8,3%. Berkurangnya jarak tempuh tersebut terjadi karena ada penambahan rute yang biasanya pengambilan sampah hanya dilakukan di satu TPS menjadi lebih dari satu TPS dengan memperhatikan faktor kendala yaitu kapasitas muatan.

Sampah yang diangkut dari TPS menggunakan truk berkapasitas 6m³ berjumlah 197 m³ perharinya. Pengangkutan sampah tersebut biasanya dilakukan dengan menggunakan 40 armada truk. Setelah menggunakan metode *Nearest Neighbour* terjadi penggabungan sebanyak enam rute, sehingga armada yang digunakan untuk mengangkut sampah yang berjumlah 197 m³ hanya membutuhkan sekitar 34 armada truk. Terdapat penghematan 6 truk untuk mengangkut sampah tersebut atau penghematan sekitar 15%.

Perhitungan waktu proses digunakan asumsi-asumsi yaitu untuk pemuatan sampah 1m³ memakan waktu 30 menit dan untuk proses pengosongan muatan memakan waktu 20 menit. Total waktu proses setiap harinya yang dimulai dari depot menuju TPS lalu

menuju TPA dan kembali lagi ke depot sebelum menggunakan metode *Nearest Neighbour* adalah 9914 menit, namun setelah mengikuti langkah-langkah penyelesaian dalam metode *Nearest Neighbour* maka waktu proses berkurang menjadi 9457 menit, sehingga terjadi penghematan waktu 457 menit atau sekitar 4,6%. Waktu kerja yang disediakan apabila dimanfaatkan, maka dapat digunakan untuk pengangkutan hingga 2 ritasi di beberapa wilayah tertentu yang memiliki jam kerja sedikit, ataupun digunakan untuk melakukan dengan cara menyisir jalan.

Tantangan kedepannya dalam penerapan metode *Nearest Neighbour* yaitu para koordinator lapangan tidak hanya mengetahui permasalahan sampah yang ada di wilayah sendiri, tapi juga harus mengetahui permasalahan sampah yang ada di wilayah lainnya sehingga dengan armada yang tersedia dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya. Perubahan rute yang terjadi tentunya juga berdampak pada jarak tempuh yang bertambah dari biasanya.

Perbaikan kedepannya mengenai pengelolaan sampah khususnya dalam hal pengangkutan sampah yaitu dinas kebersihan harus melakukan pertemuan dengan seluruh koordinator lapangan di seluruh kecamatan untuk melakukan evaluasi, sehingga pengelolaan sampah yang biasanya dilakukan per wilayah kini dapat dilakukan secara bersama-sama. Pengelolaan sampah juga harus dilakukan di setiap wilayah kecamatan agar TPA tidak menanggung beban seluruh

sampah yang ada di kota Depok. Pengelolaan dapat dilakukan dengan membangun TPS 3R di seluruh kecamatan bahkan hingga tiap kelurahan, sehingga nantinya dengan pemanfaatan TPS 3R yang lebih baik dapat menghasilkan nilai ekonomi dari sampah. Penambahan jumlah armada perlu dilakukan sehingga dapat mengangkut sampah lebih banyak karena populasi penduduk tiap tahunnya meningkat. Penambahan jumlah armada tersebut tentunya harus disesuaikan dengan kondisi geografis setiap wilayah, karena setiap wilayah memiliki geografis yang berbeda-beda. Penambahan jumlah armada akan berdampak pada penambahan jumlah pekerja baik itu supir dan kernet sehingga harus dilakukan penelitian lebih lanjut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan mengikuti tahapan dalam metode *Nearest Neighbour* didapatkan hasil berupa jarak tempuh yang sebelumnya adalah 845,6 km berkurang menjadi sekitar 775,6 km sehingga terjadi penghematan jarak tempuh 70 km atau sekitar 8,3%. Berkurangnya jarak tempuh tersebut karena ada enam penggabungan rute truk pengangkut sampah, yaitu TPS 1 dengan 8, TPS 2 dengan 24, TPS 12 dengan 16, TPS 19 dengan 20, TPS 25 dengan 22, dan terakhir TPS 26 dengan 27. Truk yang digunakan untuk mengangkut sampah sebanyak 197 m³ sebelumnya berjumlah 40 armada. Setelah mengikuti

langkah-langkah metode *Nearest Neighbour* maka jumlah armada truk yang dibutuhkan untuk mengangkut sampah sebanyak 197 m³ menjadi sekitar 34 armada sehingga terjadi penghematan sebanyak 6 armada atau sekitar 15%. Waktu proses yang digunakan seluruh armada truk pengangkutan sampah ke seluruh TPS hingga kembali ke depot sebelumnya adalah 9914 menit. Setelah mengikuti langkah-langkah metode *Nearest Neighbour* maka didapatkan pengurangan waktu proses menjadi 9457 menit, sehingga terjadi penghematan waktu sebanyak 457 menit atau sekitar 4,6%.

Pada penelitian selanjutnya sebaiknya DLHK melakukan koordinasi kepada koordinator lapangan agar dalam hal pengelolaan pengangkutan sampah dilakukan secara bersama-sama sehingga pemanfaatan armada yang telah diberikan oleh DLHK dapat maksimal dilakukan. DLHK juga perlu melakukan penelitian lanjutan mengenai pengelolaan pengangkutan sampah yang dilakukan truk dengan cara menyisir jalan atau dari rumah ke rumah akibat tidak tersedianya lahan, sehingga jumlah armada truk dengan timbunan sampah yang ada sesuai agar tidak menimbulkan penumpukan sampah dan terjadi penurunan kualitas lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Candrakirana, "Penegakan hukum lingkungan dalam bidang pengelolaan

- sampah sebagai perwujudan prinsip good environmental governance di kota Surakarta,” *Jurnal Yustisia*, vol. 4, no. 3, hal. 581 – 601, 2015.
- [2] M. Rizal, “Analisis pengelolaan persampahan perkotaan (studi kasus pada kelurahan Boya kecamatan Banawa kabupaten Donggala),” *Jurnal Sipil Mesin Arsitek Elektro (SMARTek)*, vol. 9, no. 2, hal. 155 – 172, 2011.
- [3] S. Wirasambada dan D. I. Handayani, “Vehicle routing untuk pick up problem dengan pendekatan most valueable neighborhood dan nearest neighbor pada jasa pengiriman barang,” *Jurnal Teknik Waktu*, vol. 14, no. 2, hal. 43 – 46, 2016.
- [4] M. K. Karim, B. D. Setiawan, dan P. P. Adikara, “Optimasi Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW) pada rute Mobile Grapari (MOGI) Telkomsel cabang Malang menggunakan algoritme genetika,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 2, no. 8, hal. 2702 – 2709, 2018.
- [5] M. Sari, A. Dhoruri, dan E. R. Sari, “Penyelesaian capacitated vehicle routing problem menggunakan saving matriks, sequential insertion, dan nearest neighbour di Victoria Road,” *Jurnal Matematika*, vol. 5, no. 3, hal. 1 – 11, 2016.
- [6] I. K. T. S. Pramatha, I. A. R. Widhiawati, dan Y. Ciawi, “Analisis pengelolaan pengangkutan sampah di kecamatan Klungkung kabupaten Klungkung,” *Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil*, vol. 2, no. 2, hal. IX-1 – IX-6, 2013.
- [7] N. H. N. Wirum, “Optimasi pembagian tugas karyawan menggunakan metode Hungarian,” *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar, 2017.
- [8] DLHK, “Perda kota Depok tahun 2014 tentang pengelolaan sampah,” *Pemerintah Kota Depok*. [Daring]. Tersedia: <http://dlhk.depok.go.id/wp-content/uploads/2018/08/PERDA-KOTA-DEPOK-THN-2014-NO-05-TTG-PENGELOLAAN-SAMPAH.pdf>. [Diakses: 10 Oktober 2019].