

PENDEKATAN GOAL PROGRAMMING UNTUK RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH

Fatra Kuka^{*1}, Muhammad Rifai Katili², Muhammad Rezky Friesta Payu³

^{1,3}Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo

²Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

kukafatra@gmail.com^{*1}, mrifaikatili@ung.ac.id², rezky@ung.ac.id³

**Corresponding Author*

Received 05 November 2020; revised 28 May 2021; accepted 08 June 2021.

ABSTRAK

Saat ini masalah sampah telah menjadi masalah serius bagi semua lapisan masyarakat termasuk pemerintah daerah. Hal ini dipengaruhi oleh tingginya produktivitas manusia, penambahan jumlah penduduk, dan ketersediaan ruang hidup manusia yang terbatas. Meningkatnya jumlah sampah yang dihasilkan dari hari-kehari dapat menimbulkan permasalahan yang serius, karena sampah sering terjadi tanpa disadari oleh penduduknya sendiri. Satu masalah dalam pengelolaan sampah adalah masalah pengangkutan sampah dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Tujuan penelitian ini adalah mengoptimalkan rute pengangkutan sampah di Kota Gorontalo. Dalam penelitian, digunakan pendekatan *Goal Programming* untuk memformulasikan model dan mengoptimalkan rute dengan memperhatikan biaya, waktu, jarak, serta banyaknya pelanggan yang dapat terlayani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rute pengangkutan sampah dapat dioptimalkan dengan pendekatan *Goal Programming*. Adapun rute optimal dari masing-masing komponen yaitu biaya, waktu, jarak, serta banyaknya pelanggan yang dapat terlayani diperoleh hasil yaitu: 16 rute dengan 131 node, total biaya bahan bakar keseluruhan kendaraan Rp. 1.648.000, yang membutuhkan waktu 128 jam per hari. Setelah menggunakan *Goal Programming*, node yang dapat dikunjungi sebanyak 127 node dengan total biaya bahan bakar minimum sebesar 22,10% per hari dengan waktu tempuh perjalanan 11 jam dan total jarak tempuh keseluruhan kendaraan 240,43 KM.

Kata kunci: *goal programming, rute, vehicle routing problem.*

ABSTRACT

Garbage has become a serious issue and drawn people's, including the government's, concern. This blames human's high productivity, population increase, and limited availability of human living space. The increasing amount of waste generated from day to day can cause serious

problems, because it often occurs without people's consciousness. One of the problems of waste management is garbage transport from temporary disposal sites to landfills. This research intended to optimize the garbage transport route in the city of Gorontalo. A Goal Programming approach was used to formulate the model and optimize the route by paying attention to cost, time, distance, and the number of consumers. The result indicated that the garbage transport route could be optimized by the aforementioned approach. Beside, the optimum route of each component (cost, time, distance, and the number of consumers) consisted of 16 route with 131 nodes, Rp. 1.648.000 of fuel total cost of all transports, and 128 hours/day. after employing the Goal Programming approach, there were 127 nodes that could be visited with a minimum total fuel cost of 22.10% per day, 11 hours of travel, and 240.43 km of total travel time of all transports.

Keywords: *goal programming, route, vehicle routing problem.*

PENDAHULUAN

Dalam matematika terdapat kajian ilmu pengetahuan yang memiliki peran penting dalam dunia teknologi dan kehidupan nyata yang terus berkembang dan berguna diberbagai bidang adalah riset operasi (Mulyono, 2007). Riset Operasi dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi, inti dari masalah riset operasi yaitu mencari solusi terbaik dari suatu masalah sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan (Dimiyati & Dimiyati, 2018; Siswanto, 2006). Salah satu penerapan dari bidang ilmu riset operasi adalah penentuan rute pengangkutan sampah yang optimum. Belakangan ini sampah menjadi masalah serius bagi semua lapisan masyarakat, hal ini dipengaruhi oleh tingginya produktivitas manusia, penambahan jumlah penduduk, dan ketersediaan ruang hidup manusia yang terbatas. Meningkatnya jumlah sampah yang dihasilkan dari hari-kehari dapat menimbulkan permasalahan yang serius, karena sampah sering terjadi tanpa di sadari oleh penduduknya sendiri, sampah adalah satu kata yang di anggap biasa saja namun bisa berdampak sangat buruk ketika tidak di perhatikan (Hasan, 2013).

Di Kota Gorontalo, dalam sehari sampah dapat mencapai 73 ton, totalnya 24.359 ton yang dibuang ke TPA Talumelito, Kabupaten Gorontalo. Adapun posisi yang tertinggi jumlah sampahnya berada pada bulan Agustus sebanyak 2.304 ton dan yang terendah pada posisi bulan April sebanyak 2.045 ton berlangsung selama tahun 2017. Jumlah ini meningkat bila dibandingkan dengan rata-rata produksi sampah per hari di tahun 2016 yang berkisar 67 ton. Proses

pengangkutan sampah tersebut diperlukan adanya truk pengangkut sampah. Untuk saat ini, Kota Gorontalo memiliki 300 petugas kebersihan dan 44 buah armada pengangkut sampah, terbagi 16 unit mobil *dump truck*, 4 unit mobil EVV, 2 unit mobil L300, 2 unit *arm roll*, dan 20 unit gerobak motor. Armada-armada tersebut melayani masyarakat setiap hari (Fajriansyach, 2018).

Masalah yang sering kali dijumpai yaitu pada proses pengangkutan sampah dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) untuk dibawa menuju ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA), dimana proses tersebut merupakan proses yang paling membutuhkan waktu dikarenakan volume sampah di TPS yang berbeda-beda terutama di TPS-TPS yang ada di dekat pasar dan perumahan. Dengan kendaraan yang terbatas akan membutuhkan waktu pengangkutan yang lama jika tidak dibuatkan rute pengangkutan. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu usaha yang mudah, cepat, serta efisien untuk penentuan rute perjalanan dari TPS ke TPA Talumelito, Kabupaten Gorontalo agar proses pengangkutan sampah dapat diminimasi dari segi waktu, biaya dan jarak tempuh kendaraan secara tepat yang nantinya akan menghemat bahan bakar, sehingga rute pengangkutan sampah dapat diselesaikan secara optimal.

Penelitian ini difokuskan pada masalah rute pengangkutan sampah di setiap TPS yang memperhatikan waktu perjalanan, biaya perjalanan, serta total jarak perjalanan setiap kendaraan pada setiap rute. Hal ini membuat masalah pengangkutan sampah menjadi hal penting yang diperhatikan. Permasalahan ini dapat dianalogikan sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP). Model VRP merupakan permasalahan bagaimana menentukan sebuah rute yang terdiri atas beberapa lokasi tujuan (Fisher, 1995; Toth & Vigo, 2002). Lokasi tujuan tersebut tersebar secara geografis dan memiliki jarak yang berbeda-beda. Akan disusun sebuah rute kunjungan kendaraan yang berawal dari depo (dalam hal ini *pool* truk pengangkut sampah) dan akan berakhir di depo kembali. Tujuannya adalah untuk meminimumkan total biaya bahan bakar dan waktu perjalanan, dari semua rute (Nallusamy, Duraiswamy, Dhanalaksmi, & Parthiban, 2009).

Masalah dengan tujuan ganda dari VRP sudah pernah dibahas (Calvete, Gale, Oliveros, & Sanchez-Valverde, 2007; Hong & Park, 1999). Salah satu metode untuk menyelesaikan masalah VRP dengan tujuan ganda adalah *goal*

programming, dengan menggunakan metode *goal programming* ini diharapkan diperoleh rute yang paling optimal, sehingga dapat mencegah adanya penumpukan sampah di TPS, pengangkutan akan menjadi lebih efektif, penggunaan waktu kerja yang efisien, serta dapat meminimumkan biaya bahan bakar dan waktu pengangkutan (Fauziyah, 2016; Rahmawati, Subchan, & Mudjiati, 2017).

Penelitian ini memiliki relevansi dengan penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Manaqib dan Renova Dedi Pantoro (2018) dalam Jurnal Logika yang berjudul "Optimasi Rute Perjalanan Bus Pariwisata Menggunakan *Multi-Objective Vehicle Routing Problem with Times Windows* dengan Pendekatan *Goal Programming*". Penelitian tersebut menggunakan model VRP dengan metode *goal programming*. Metode *goal programming* digunakan agar dapat menentukan solusi optimal rute perjalanan bus pariwisata. Penelitian ini bertujuan untuk membentuk model matematika *multi-objective vehicle routing problem with times windows* dengan pendekatan *goal programming* untuk menyelesaikan masalah optimasi rute perjalanan bus pariwisata di pulau Bali. Dari hasil penelitian telah diperoleh model matematika *multi-objective vehicle routing problem with time windows* yang diselesaikan dengan pendekatan *goal programming* yang mengoptimalkan 4 tujuan yaitu biaya perjalanan, memaksimalkan waktu kunjungan wisata. Selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan *software* LINGO (Manaqib & Pantoro, 2018). Relevansi penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan adalah mengkaji tentang optimasi. Model yang digunakan dalam penelitian ini sama-sama menggunakan model VRP dengan pendekatan *goal programming*. Perbedaannya penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan terletak pada lokasi dan bidang kajiannya. Perbedaan yang lain adalah dilihat dari fungsi tujuan yang diselesaikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute pengangkutan sampah di Kota Gorontalo melalui pendekatan *goal programming*. Untuk menemukan solusi yang optimal dari permasalahan tersebut peneliti menggunakan bantuan

program komputer yaitu program LINGO 11.0. Untuk mencapai tujuan penelitian yang ditetapkan, maka disusun tahapan dan prosedur penelitian.

Adapun tahapan penelitiannya meliputi:

1. Identifikasi masalah.
2. Pengumpulan data dan informasi yang relevan dengan masalah yang dihadapi.
3. Deskripsi dan Formulasi masalah.
4. Membuat model *VRP* ke dalam *goal programming*.
5. Implementasi model.
6. Analisis untuk mencari solusi matematis.
7. Interpretasi solusi dan simpulan.

Langkah-langkah tahapan tersebut dilakukan berulang-ulang untuk melakukan validasi model dan untuk memperoleh hasil yang realistis.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Masalah

Persoalan sampah dan pengolahannya menjadi pekerjaan rumah tangga bagi setiap daerah khususnya Kota Gorontalo. Sebuah tantangan yang sangat besar mengatasi banyaknya sampah yang menumpuk, jika dibandingkan dengan daya konsumsi masyarakatnya yang tinggi. Sedangkan ketersediaan akses TPA sampah yang sangat minim. Berangkat dari permasalahan ini, Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Gorontalo melakukan pengelolaan sampah melalui program 3R (*Reuce, Reduce, Recycle*). Pengangkutan sampah dikelola oleh pemerintah dengan menggunakan kendaraan besar (Hasan, 2013). Penentuan rute pengangkutan sampah yang optimum merupakan bagian dari manajemen pengolahan sampah. Optimum pada pengangkutan dapat ditinjau dari jarak tempuh yang minimum, biaya dan waktu yang minimum, serta banyaknya TPS yang dapat terangkut dengan maksimum.

DLH Kota Gorontalo memiliki tempat penampungan sampah seperti TPS, depo, dan landasan *container* serta telah menerapkan rute pengangkutan sampah untuk 52 kendaraan angkut, dengan perincian 16 *dump truck*, 23 getor, 4 *mega carry pick up*, 3 *arm roll*, 2 L-300 *pick up*, dan 1 avanza. Pada penelitian ini masing-masing rute pengangkutan dilakukan menggunakan *dump truck*, dan

hanya mengangkut sampah yang ada di TPS saja. *Arm roll truck* tidak diikutsertakan karena hanya dapat mengangkut sampah landasan *container*. Untuk L-300, *mega carry*, *avanza*, dan *getor* tidak dibahas pada penelitian ini dikarenakan kapasitas yang terlalu kecil. Bahan bakar yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah solar dengan harga solar Rp. 5.150,-/liter di tahun 2019.

Formulasi Masalah

Goal programming adalah metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan adanya beberapa tujuan, yang masing-masing tujuan dapat saling bertentangan, maka VRP dalam penentuan rute pengangkutan sampah dapat diselesaikan menggunakan metode ini. Penentuan rute pengangkutan sampah dalam penelitian ini memperhatikan beberapa hal yaitu, biaya perjalanan, waktu perjalanan, jarak perjalanan dan banyaknya TPS yang dapat terangkut sampahnya. Untuk mempermudah penulisan maka didefinisikan pelanggan untuk menyatakan TPS dan depo didefinisikan untuk lokasi *pool* truk sampah.

Rute yang diperoleh terbatas oleh beberapa kendala, antara lain:

1. Setiap pelanggan hanya dapat dikunjungi satu kali.
2. Setiap rute perjalanan berawal dan berakhir di depo.
3. Untuk setiap kendaraan yang telah selesai mengunjungi pelanggan, akan langsung meninggalkan pelanggan tersebut (rute kontinu).
4. Tidak terdapat *subtour* pada rute yang dibentuk.
5. Total biaya perjalanan tidak melebihi biaya maksimal yang ditetapkan.
6. Total waktu perjalanan tidak melebihi waktu maksimal yang ditetapkan.

Pada penelitian ini, diasumsikan bahwa kendaraan pengangkut selalu dalam keadaan baik, kecepatan kendaraan dalam melakukan perjalanan selalu konstan, kemacetan diabaikan, ruas jalan selalu dapat terlewati, jarak dari i ke j sama dengan jarak dari j ke i , kapasitas kendaraan homogen, jumlah volume sampah tiap TPS selalu tetap, penentuan jarak dan waktu pada penelitian ini menggunakan *google maps*, selalu tersedia kendaraan angkut dan pelanggan dapat dikunjungi satu kali dalam periode waktu yang ditetapkan.

Model Matematika

Didefinisikan suatu graf $G(N', A)$ merupakan graf berarah yang merepresentasikan rute pengangkutan. Himpunan $N = \{1, 2, \dots, n\}$ adalah

himpunan simpul-simpul yang mewakili tiap lokasi pelanggan. $N' = \{0, 1, 2, \dots, n, n + 1\}$ merupakan himpunan yang anggotanya adalah simpul 0 untuk menyatakan depo, simpul-simpul yang menyatakan tiap lokasi pelanggan, dan simpul $n + 1$ untuk menyatakan depo semu dari depo 0. Adapun $R = \{1, 2, \dots, k\}$ adalah himpunan rute perjalanan kendaraan. Sedangkan $A = \{(i, j) : i, j \in N'\}$ adalah himpunan garis berarah yang menghubungkan dua simpul. Hal ini merepresentasikan ruas jalan yang menghubungkan antara dua pelanggan atau depo dengan pelanggan. Simbol $i, j =$ indeks untuk menyatakan *node*, $k =$ indeks untuk menyatakan rute, $c_{ij} =$ biaya perjalanan dari *node* i ke *node* j , $t_{ij} =$ waktu perjalanan dari *node* i ke *node* j , $g_{ij} =$ Jarak perjalanan dari *node* i ke *node* j , $MB =$ biaya perjalanan maksimal yang ditetapkan, $MW =$ waktu perjalanan maksimal yang ditetapkan, $TB_k =$ total biaya perjalanan pada rute k , $TW_k =$ total waktu perjalanan pada rute k , $TG_k =$ total jarak perjalanan pada rute k .

Berikut didefinisikan beberapa variabel yang digunakan:

a. Variabel keputusan

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1; & \text{jika terdapat perjalanan dari } i \text{ ke } j \text{ pada rute } k \\ 0; & \text{jika tidak ada perjalanan dari } i \text{ ke } j \text{ pada rute } k \end{cases}$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1; & \text{jika simpul } i \text{ dikunjungi pada rute } k \\ 0; & \text{jika simpul } i \text{ tidak dikunjungi pada rute } k \end{cases}$$

U_{ik} variabel tambahan yang digunakan dalam eliminasi *subtour* untuk node i pada rute k .

U_{jk} variabel tambahan yang digunakan dalam eliminasi *subtour* untuk node j pada rute k .

b. Variabel simpangan

d_1^+ = variabel simpangan positif dari tujuan pertama.

d_2^+ = variabel simpangan positif dari tujuan kedua.

d_3^+ = variabel simpangan positif dari tujuan ketiga.

$$d_{4i}^- = \begin{cases} 1; & \text{jika terdapat perjalanan dari } i \text{ ke } j \text{ pada rute } k \\ 0; & \text{jika tidak ada perjalanan dari } i \text{ ke } j \text{ pada rute } k \end{cases}$$

Setelah semua variabel didefinisikan, berikut dibentuk model matematika VRP yang dirumuskan dalam bentuk *goal programming*. Dirumuskan fungsi

tujuan yang meminimumkan variabel simpangan dari tujuan satu sampai empat sebagai berikut:

$$\min Z = d_1^+ + d_2^+ + d_3^+ + \sum_{i \in A} d_{4i}^-$$

1) Meminimumkan total biaya pengangkutan

$$TB_k = \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} \cdot x_{ijk} \quad , \quad \forall k \in R$$

$$\left(\sum_{k \in R} TB_k \right) - d_1^+$$

2) Meminimumkan total waktu

$$TW_k = \sum_{i \in 0 \cup N} \sum_{j \in N \cup n+1} t_{ij} x_{ijk} \quad , \quad \forall k \in R$$

$$\left(\sum_{k \in R} TW_k \right) - d_2^+$$

3) Meminimumkan total jarak

$$TG_k = \sum_{i \in 0 \cup N} \sum_{j \in N \cup n+1} g_{ij} x_{ijk} \quad , \quad \forall k \in R$$

$$\left(\sum_{k \in R} TG_k \right) - d_3^+$$

4) Memaksimumkan banyaknya pelanggan yang dilayani

$$\sum_{k \in R} y_{ik} + d_{4i}^+ = 1, \forall i \in N$$

5) Setiap pelanggan hanya dapat dikunjungi satu kali

$$\sum_{j \in N} x_{ijk} = y_{ik} \quad , \quad \forall i \in N', k \in R$$

6) Setiap rute perjalanan kendaraan berawal dan berakhir di depo

$$\sum_{j \in N} x_{0jk} = 1 \quad , \quad \forall k \in R$$

7) Rute kontinu

$$\sum_{i \in 0 \cup N} x_{irk} - \sum_{j \in N \cup n+1} x_{rjk} = 0 \quad , \quad \forall r \in N, \forall k \in R$$

8) Tidak terdapat *subtour* pada rute yang dibuat

Pendekatan Goal Programming untuk Rute Pengangkutan Sampah

$$U_{ik} - U_{jk} + Nx_{ijk} \leq N - 1, \forall i \in N', k \in R$$

9) Total biaya perjalanan kurang dari biaya maksimal yang ditetapkan

$$\sum_{k \in R} TB_k \leq MB$$

10) Total waktu pengangkutan kurang dari waktu maksimal yang ditetapkan

$$\sum_{k \in R} TW_k \leq MW$$

Hasil Optimasi

Berdasarkan rute yang diperoleh pada Tabel 1 terlihat bahwa semua kendala telah terpenuhi, yaitu setiap pelanggan hanya dapat dikunjungi tepat satu kali, setiap rute perjalanan kendaraan berawal dan berakhir di depo, rute kontinu, tidak terdapat *subtour* pada rute yang dibentuk, total waktu pengangkutan tidak melebihi 8 jam, total jarak tidak melebihi 448,21 KM, dan total biaya perjalanan tidak melebihi Rp. 103.000,-. Semua fungsi tujuan juga telah dioptimalkan dalam rute yang diperoleh yaitu total biaya minimum Rp. 364.280, dengan total waktu perjalanan 11 jam dan total jarak minimum yang ditempuh 240,43 KM.

Tabel 1. Solusi Optimal Rute Pengangkutan Sampah dengan Bantuan *Software* LINGO 11.0

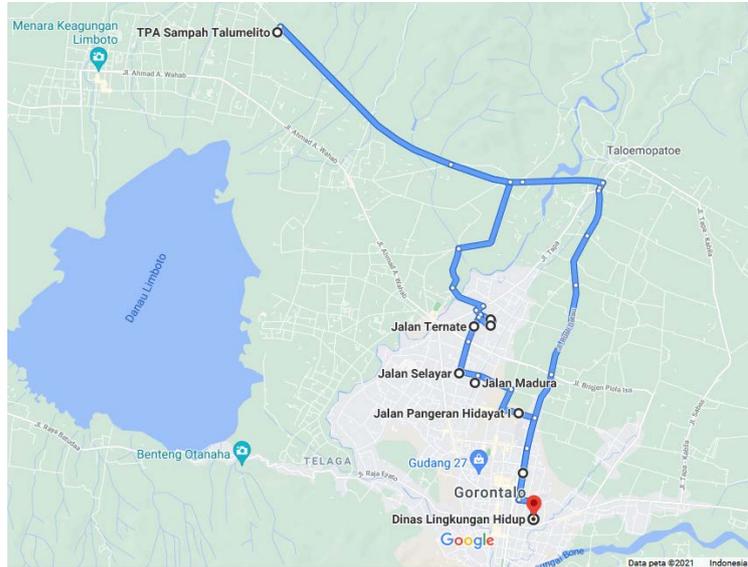
Kendaraan	Rute	Biaya Perjalanan (rupiah)	Waktu Perjalanan (menit)	Jarak Tempuh (kilo meter)	Banyaknya <i>Node</i> yang Dikunjungi
DM 8114 A	0-2-7-5-8-6-4- 3-1-9	24.204	40	14,10	8
DM 8164 A	0-1-2-3-7-6-5- 4-8	21.044	32	12,26	7
DM 8165 A	0-1-2-3-5-4-9- 7-8-6-10	27.635	56	19,50	9
DM 8166 A	0-1-3-2-4-5	25.748	41	15	4
DM 8167 A	0-1-16-13-11- 15-14-12-9-8-7- 6-2-10-4-3-5-17	22.326	98	30,85	16

Kendaraan	Rute	Biaya Perjalanan (rupiah)	Waktu Perjalanan (menit)	Jarak Tempuh (kilo meter)	Banyaknya Node yang Dikunjungi
DM 8522 A	0-3-5-4-1-2-6	26.434	32	15,40	5
DM 8514 AE	0-1-3-2-4-5-6-7	27.637	42	16,70	6
DM8515 AE	0-1-2-4-3-5	22.314	33	13	4
DM8517 AD	0-4-3-2-5-1-6	28.495	39	16,60	5
DM 8519 AD	0-9-10-6-7-5-8- 3-4-2-11	30.899	47	18	9
DM 8520 AD	0-4-5-3-2-1-6	22.402	28	13,05	5
DM 8521 AD	0-3-4-5-6-7-8- 10-9-2-11	10.880	19	6,43	9
DM 8541 AD	0-7-5-4-6-3-2- 1-8	22.915	35	13,35	7
DM 8542 AD	0-2-4-6-7-8-5- 3-9	17.079	31	12,40	7
DM 8559 AD	0-3-5-7-6-9-14- 10-16-12-11-2- 15-8-13-4-17	18.051	50	14,43	15
DM 8560 AD	0-6-4-2-3-10-7- 5-11-8-9-1-12	16.217	37	9,45	11
Total		364.280	11 (jam)	240,43	127

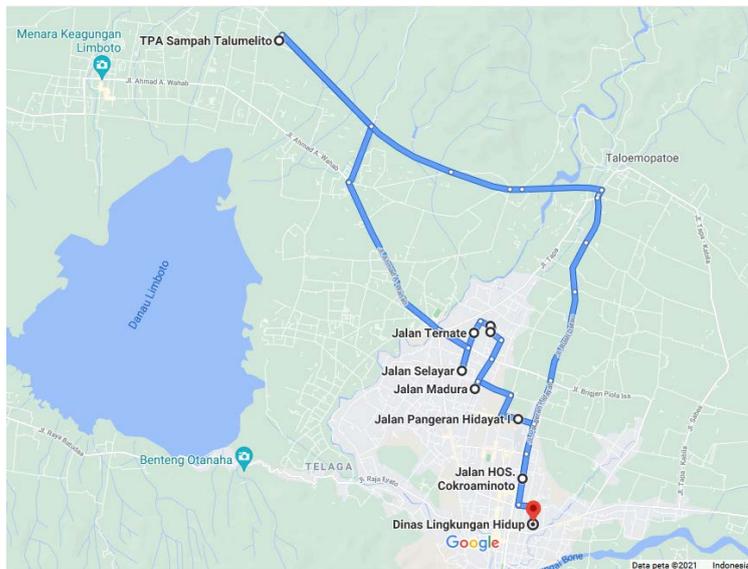
Terdapat sebanyak 127 TPS terkunjungi dari 131 TPS yang ada sehingga ada 4 TPS yang tidak terkunjungi dikarenakan dalam penelitian ini harus mempertimbangkan biaya, waktu, dan jarak pengangkutan. Untuk itu dibutuhkan kendaraan yang berbeda untuk dapat mengangkut sampah yang ada di 4 TPS lainnya. Solusi yang dihasilkan keseluruhan kendaraan pada implementasi model merupakan solusi yang optimum, artinya hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa rute yang dibuat menggunakan *goal programming* merupakan rute dengan jarak, waktu dan biaya yang paling minimum.

Pendekatan Goal Programming untuk Rute Pengangkutan Sampah

Sebagai contoh, ilustrasi rute kendaraan DM 8164 A secara visual sebelum dan sesudah menggunakan metode *goal programming* diberikan pada Gambar 1 dan 2 berturut-turut.



Gambar 1. Ilustrasi Rute Sebelum Menggunakan Metode *Goal Programming*



Gambar 2. Ilustrasi Rute Setelah Menggunakan Metode *Goal Programming*

SIMPULAN

Berdasarkan hasil optimasi rute pengangkutan sampah di Kota Gorontalo dengan pendekatan *goal programming* yang mengoptimalkan empat tujuan yaitu meminimumkan total biaya pengangkutan, meminimumkan total waktu pengangkutan, meminimumkan total jarak pengangkutan, serta memaksimalkan

banyaknya pelanggan yang dapat terlayani. Dapat disimpulkan bahwa solusi optimal dari masing-masing kendaraan pengangkutan sampah yaitu 16 rute dengan banyaknya *node* 131, dengan total biaya bahan bakar keseluruhan Rp. 1.648.000,- yang membutuhkan waktu 128 jam perhari dengan total jarak 448,21 KM. Setelah menggunakan *goal programming node* yang dapat dikunjungi sebanyak 127 *node* dengan total biaya bahan bakar minimum sebesar Rp. 364.280,- atau 22,10% perhari, dengan waktu tempuh perjalanan 11 jam dan total jarak tempuh keseluruhan kendaraan 240,43 KM.

DAFTAR PUSTAKA

- Calvete, H. I., Gale, C., Oliveros, M. J., & Sanchez-Valverde, B. (2007). A goal programming approach to vehicle routing problems with soft time windows. *European Journal of Operational Research*, 177(3), 1720–1733.
- Dimiyati, T. T., & Dimiyati, A. (2018). *Operation research: model-model pengambilan keputusan*. Bandung: Sinar Baru Argensindo.
- Fajriansyach. (2018). Bayar TPA hingga Rp 1 miliar, perhari sampah kota capai 73 ton. Retrieved January 9, 2019, from <https://hargo.co.id/berita/bayar-tpa-hingga-rp-1-miliar-perhari-sampah-kota-capai-73-ton.html>
- Fauziyah, F. (2016). Penerapan metode goal programming untuk mengoptimalkan beberapa tujuan pada perusahaan dengan kendala jam kerja, permintaan dan bahan baku. *Jurnal Matematika MANTIK*, 2(1), 52–59.
- Fisher, M. (1995). Vehicle routing. In *Operations research and management science* (pp. 1–33). Elsevier.
- Hasan, Z. (2013). *Optimasi rute armada kebersihan kota Gorontalo menggunakan ant colony optimization*. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.
- Hong, S. C., & Park, Y. B. (1999). A heuristic for bi-objective vehicle routing with time window constraints. *International Journal of Production Economics*, 62(3), 249–258.
- Manaqib, M., & Pantoro, R. D. (2018). Optimasi rute perjalanan bus pariwisata menggunakan multi-objective vehicle routing problem with times windows dengan pendekatan goal programming. *Jurnal Matematika LOGIK@*, 8(1), 1–10.
- Mulyono, S. (2007). *Riset operasi, edisi revisi*. Jakarta: LPFUI.
- Nallusamy, R., Duraiswamy, K., Dhanalaksmi, & Parthiban, P. (2009). Optimization of multiple vehicle routing problems using approximation algorithms. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 1(3), 129–135.
- Rahmawati, V. E., Subchan, S., & Mudjiati, T. (2017). Pendekatan goal programming untuk kendaraan pada kegiatan distribusi. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.12962/j1829605X.v9i1.2120>
- Siswanto. (2006). *Operation research (jilid 1)*. Bogor: Erlangga.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The vehicle routing problem*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.