

Optimalisasi Transportasi Pengangkutan Sampah di Lingkungan Perumahan

Suhaeri^{1*}, Malinda Mayanti², Rustam Sihombing³, Yogi Dwi Prasetyo⁴, Sarjono⁵, Choesnul Jaqin⁶

^{1,2,3,4,5,6}Departemen Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

*Email korespondensi penulis: suhaeri008@gmail.com

Abstrak

Sampah merupakan permasalahan perkotaan yang membutuhkan penanganan khusus dari sisi pengangkutan dari tempat pembuangan sementara sampai pembuangan akhir. Saat ini pengangkutan sampah yang sudah dilakukan dilingkungan perumahan yaitu memiliki biaya sebesar Rp 1.550 (Rp dalam puluh ribuan). Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan sistem pengangkutan sampah sehingga biaya yang dikeluarkan dapat lebih optimal. Metode yang digunakan untuk solusi awal yaitu dengan menggunakan metode *North West Corner* (NWC), *Least Cost* (LC), dan *Vogel Approximation* (VAM). Untuk mengoptimalkan hasil dari solusi awal menggunakan metode *Stepping Stone*. Berdasarkan analisis didapatkan hasil total cost yang optimal Rp 729 (Rp dalam puluh ribuan). Hal ini didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan metode *Least Cost* (LC) dan *Vogel Approximation* (VAM) yang memiliki nilai total cost yang sama sebagai metode perhitungan solusi awal dan dilanjutkan dengan metode *Stepping Stone* untuk optimalisasi.

Kata Kunci: Optimalisasi, *North West Corner* (NWC), *Least Cost* (LC) dan *Vogel Approximation* (VAM), *Stepping Stone*, pengangkutan sampah

Abstract

Waste is an urban problem that requires special transportation from temporary disposal sites to final disposal. Currently, the waste transportation that has been carried out costs IDR 1,550 (IDR in tens of thousands). This research aims to optimize the waste transportation system so that the expenses incurred can be more optimal. The methods used for the initial solution are the North West Corner (NWC), Least Cost (LC), and Vogel Approximation (VAM) methods. To optimize the results of the initial solution using the Stepping Stone method. Based on the analysis, the optimal total cost was IDR 729 (IDR in tens of thousands). This was obtained from calculations using the Least Cost (LC) and Vogel Approximation (VAM) methods which have the same total cost value as the initial solution calculation method and continued with the Stepping Stone method for optimization.

Keywords: Optimization, *North West Corner* (NWC), *Least Cost* (LC) and *Vogel Approximation* (VAM), *Stepping Stone*, waste transportation

1. Pendahuluan

Pengelolaan sampah merupakan aspek penting dalam menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan, terutama di perkotaan. Dalam konteks ini, transportasi sampah memegang peran vital sebagai salah satu tahapan dalam siklus pengelolaan sampah. Saat ini, dengan meningkatnya jumlah sampah yang dihasilkan oleh masyarakat perkotaan, tantangan dalam pengangkutan sampah juga semakin kompleks. Salah satu kendala yang dihadapi adalah keterbatasan kapasitas pengangkutan dibandingkan dengan volume sampah yang harus diangkut. Sebagai contoh, dalam situasi dimana mobil pengangkut memiliki kapasitas tertentu, tetapi volume total sampah melebihi kapasitas tersebut, efisiensi pengangkutan menjadi berkurang.



Pengelolaan sampah adalah pengaturan yang berhubungan dengan pengendalian timbunan sampah, penyimpanan, pengumpulan, pemindahan dan pengangkutan, pengolahan dan pembuangan sampah. Pemindahan sampah adalah kegiatan memindahkan sampah hasil pengumpulan ke dalam alat pengangkutan untuk dibawa ke tempat pembuangan akhir (Fatoni et al., 2017). 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 (Mappa & Sudaryanto, 2019).

Hal ini dapat mengakibatkan penumpukan sampah di lokasi penampungan sementara atau bahkan pembuangan ilegal, yang berpotensi menciptakan masalah lingkungan dan kesehatan masyarakat. Dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan sampah, pemahaman mendalam tentang proses transportasi sampah menjadi penting. Termasuk di dalamnya adalah evaluasi terhadap kapasitas, jarak tempuh, konsumsi bahan bakar, dan dampak lingkungan dari setiap tahapan pengangkutan sampah. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor ini, dapat dirancang strategi transportasi yang lebih efisien dan berkelanjutan untuk mengatasi tantangan pengelolaan sampah di masa kini dan masa mendatang.

Penentuan rute optimal untuk pengangkutan sampah pernah dilakukan di Kota Medan menggunakan Dynamic Programming (Saputra S et al., 2020), di Kota Yogyakarta menggunakan analisis deskriptif dan analisis crosstab (Yuliani et al., 2023) dan di Polewali Mandar menggunakan analisis deskriptif, metode HCS (Hauled Containery System) dan metode SCS (Stationary Container System) (Awaluddin, 2020). Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pengangkutan sampah merupakan permasalahan yang spesifik untuk masing-masing Kota dan belum menerapkan metode stepping stone.

Saat ini, pengangkutan sampah dilakukan dengan satu mobil yang dapat menampung hingga 6 meter kubik (m^3) sampah, volume total sampah yang perlu diangkut adalah 6 meter kubik (m^3), dengan permintaan pengangkutan setiap rutenya berbeda-beda dengan range 3-8 meter kubik (m^3) sampah. Saat ini biaya pengangkutan sampah yang sudah dilakukan di lingkungan perumahan yaitu sebesar Rp 1.550 (Rp dalam puluh ribuan). Dalam penyelesaian kasus ini digunakan metode transportasi untuk mengetahui jalur dan biaya yang optimal dalam pengangkutan sampah tersebut.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan untuk menyelesaikan jalur optimal dalam pendistribusian sampah ke TPA untuk yang berlokasi di daerah Bekasi. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua cara yaitu :

- a. Wawancara : Wawancara dilakukan dengan cara tatap muka mengajukan pertanyaan secara langsung kepada petugas pengelola sampah yang berkaitan dengan data yang diperlukan terkait penelitian diantaranya data biaya operasional pendistribusian sampah (Septiana et al., 2020).
- b. Observasi : Observasi merupakan sebuah metode pengumpulan data dengan cara melakukan pengamatan secara langsung dengan cara melihat dan mengumpulkan data dilapangan yang diperlukan terkait penelitian pendistribusian sampah yaitu menelusuri rute lokasi pendistribusian sampah dan menghitung jarak tempuh pendistribusian sampah. Sampah merupakan bahan sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan baik skala industri, rumah tangga, dan instansi yang dilakukan oleh manusia. Dalam undang –undang No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari –hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat dan sampah spesifik adalah sampah yang karena sifat, konsentrasi, dan atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus. Semakin bertambahnya jumlah penduduk maka akan semakin banyak pula jumlah sampah yang dihasilkan.

2.2 Metode pengolahan data

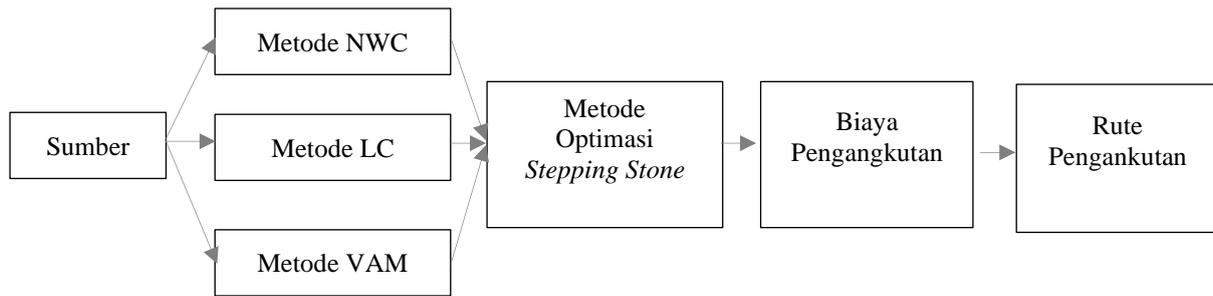
Menurut UU Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, transportasi adalah perpindahan orang dan/atau barang dari satu tempat ke tempat lain menggunakan kendaraan di ruang lalu lintas jalan. Metode transportasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengatur distribusi dari sumber yang menyediakan produk, ke tempat-tempat yang membutuhkan sehingga biaya distribusi yang dikeluarkan adalah minimum (Batuwael et al., 2019). Masalah transportasi merupakan metode program linear, sebuah teknik yang paling utama untuk menghitung biaya yang paling optimal dengan menggunakan jaringan perusahaan dan produk dari beberapa sumber ke beberapa tujuan (Dimasuharto et al., 2021). Dalam memecahkan permasalahan pada metode transportasi terdapat 4 metode yang digunakan untuk menyelesaikan solusi awal yaitu metode NWC (North West Corner), LC (Least Cost), VAM (Vogel Approximation Method), dan RAM (Russel Approximation Method). Sedangkan untuk menyelesaikan solusi optimalnya terdapat dua metode yaitu metode stepping stone dan metode MODI (Batuwael et al., 2019).

Metode NWC merupakan metode penyusunan rute pengiriman yang dimulai dari penyusunan alokasi yang dimulai dari ujung kiri atas (sel awal). Alokasi sel awal tergantung dari kebutuhan dan kendala yang terjadi (Rahayu, W.I., Riza, N., & Ramadhan, 2019). NWC mempunyai prosedur iteratif yang umumnya digunakan untuk mencari solusi dasar yang layak terhadap masalah dengan mempertimbangkan biaya yang ada (Bhadane et al., 2021).

Metode Least Cost (LC) merupakan pengoptimalan pengangkutan dengan cara mendahulukan jalur yang mempunyai biaya paling kecil (Rinaldi et al., 2021). LC mencari sel dengan biaya terendah di seluruh matriks dan membuat penugasan maksimum yang mungkin merupakan nilai permintaan dan penawaran minimum untuk sel tertentu yang dipilih. Dalam kasus sel biaya terkecil yang tidak unik, pemilihan dilakukan secara acak. Ini adalah salah satu pendekatan yang sederhana, tetapi memakan waktu, karena mencari sel dengan biaya terkecil di seluruh matriks setiap kali tidak praktis (Prasad & Singh, 2020).

Metode Vogel Approximation berkaitan dengan menemukan solusi optimal dengan mempertimbangkan hubungan indeks harga Metode ini selalu membandingkan dua indeks harga terendah di kedua kolom dan baris (Hlatká et al., 2017). Prosedur penggunaan VAM adalah menghitung selisih antara dua sel dengan biaya terkecil di setiap baris dan setiap kolom; menentukan baris atau kolom hasil langkah pertama dengan selisih terbesar. Jika ada lebih dari satu, pilih salah satu; memasukkan item sebanyak mungkin ke dalam sel dengan biaya paling rendah pada baris atau kolom terpilih; dan mengulangi langkah awal sampai semua permintaan atau persediaan habis (Dimasuharto et al., 2021).

Pengujian optimalisasi metode transportasi menggunakan metode Stepping Stone. Metode ini menghasilkan pemecahan yang layak terkait dengan biaya-biaya operasi dalam transportasi (Kanthi & Kristanto, 2020). Aturan dalam metode stepping stone adalah alokasi jumlah rute pengiriman yang menempati sel mempunyai nilai yang sama dengan jumlah baris ditambah jumlah kolom dikurangi satu (Ali et al., 2013). Untuk menentukan apakah alokasi tiap sel sudah optimal atau tidak, maka diperlukan evaluasi optimalitas dengan cara mengevaluasi sel-sel yang masih kosong dengan melakukan pengiriman unit ke dalam sel-sel kosong apakah akan bertambah atau berkurang (Aguinis, 2015).



Gambar 1. Framework tahapan penelitian

3. Hasil Penelitian

Hasil perhitungan biaya transportasi yang dilakukan secara konvensional dari titik awal mulai pengambilan sampah sampai ke titik pengambilan sampah berdasarkan rute dengan biaya transportasi pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Biaya Transportasi Pengambilan Sampah (rupiah dalam puluh ribuan)

Sumber	Tujuan		
	T1	T2	T3
P1	40	42	45
P2	44	39	47
P3	46	43	41

Sumber: Pengolahan data

Untuk pengangkutan sampah menggunakan mobil carry pick up berkapasitas 6 m³ setiap kali melakukan pengangkutan sampah tersebut. Kemudian untuk kebutuhan setiap rute pengangkutan pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Kebutuhan Setiap Rute Pengangkutan (m ³)		
T1	T2	T3
7	8	3

Sumber: Pengolahan data

Data keseluruhan supply dari ketiga kapasitas dan permintaan dari setiap masing-masing titik rute dengan biaya transportasi yang berasal dari masing-masing titik rute pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Keseluruhan Data Kapasitas dan Permintaan

Ke Dari	T1	T2	T3	Kapasitas
	P1	40	42	
P2	44	39	47	6
P3	46	43	41	6
Permintaan	7	8	3	

Sumber: Pengolahan data

Berikut pada Tabel 4 adalah total biaya transportasi menggunakan metode *North West Corner* (NWC).

Tabel 4. Tabel transportasi menggunakan metode *North West Corner* (NWC)

Dari \ Ke	T1	T2	T3	Kapasitas
P1	40 6	42 0	45 0	6
P2	44 1	39 5	47 0	6
P3	46 0	43 3	41 3	6
Permintaan	7	8	3	

Sumber: Pengolahan data

Solusi awal pada biaya transportasi dengan menggunakan metode *North West Corner* (NWC) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 6(40) + 1(44) + 5(39) + 3(43) + 3(41) \\ &= 240 + 44 + 195 + 129 + 123 \\ &= \text{Rp } 731 \end{aligned}$$

Berikut pada Tabel 5 adalah total biaya transportasi menggunakan metode *Least Cost* (LC) sebagai berikut :

Tabel 5. Tabel Transportasi Menggunakan metode *Least Cost* (LC)

Dari \ Ke	T1	T2	T3	Kapasitas
P1	40 6	42 0	45 0	6
P2	44 0	39 6	47 0	6
P3	46 1	43 2	41 3	6
Permintaan	7	8	3	

Sumber: Pengolahan data

Solusi awal pada biaya transportasi dengan menggunakan metode *Least Cost* (LC) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 6(40) + 6(39) + 1(46) + 2(43) + 3(41) \\ &= 240 + 234 + 46 + 86 + 123 \\ &= \text{Rp } 729 \end{aligned}$$

Berikut pada Tabel 6 adalah total biaya transportasi menggunakan metode *Vogel Approximation* (VAM) sebagai berikut:

Tabel 6. Tabel Transportasi Menggunakan Metode *Vogel Approximation* (VAM)

Dari \ Ke	T1	T2	T3	Kapasitas
P1	40 6	42 0	45 0	6
P2	44 0	39 6	47 0	6
P3	46 1	43 2	41 3	6
Permintaan	7	8	3	

Sumber: Pengolahan data

Solusi awal pada biaya transportasi dengan menggunakan metode *Vogel Approximation* (VAM) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 6 (40) + 6 (39) + 1 (46) + 2 (43) + 3 (41) \\ &= 240 + 234 + 46 + 86 + 123 \\ &= \text{Rp } 729 \end{aligned}$$

Solusi awal yang sudah didapatkan dari metode *Vogel Approximation* (VAM) kemudian dioptimalkan dengan metode *Stepping Stone* sebagai berikut :

1. Sel kosong P1-T2=(42 - 39 + 44 - 40 = 7) (positif, tidak mengurangi biaya)
2. Sel kosong P1-T3=(45 - 41 + 46 - 40 = 10) (positif, tidak mengurangi biaya)
3. Sel kosong P2-T1=(44 - 39 + 43 - 46 = 2) (positif, tidak mengurangi biaya)
4. Sel kosong P2-T3=(47 - 41 + 43 - 39 = 10) (positif, tidak mengurangi biaya)

Dari hasil perhitungan cost dari sel ang kosong didapatkan hasil tidak ada perubahan lebih lanjut yang mengurangi biaya, sehingga solusi awal dengan metode VAM dengan total biaya Rp 729 sudah optimal.

4. Diskusi

Dalam penelitian ini ditemukan kondisi dari hasil perhitungan awal dengan metode *North West Corner* (NWC), *Least Cost* (LC) dan *Vogel Approximation* (VAM) didapatkan hasil total cost (Rp dalam puluh ribuan) yang optimal Rp 729 (hasil perhitungan metode *Vogel Approximation* (VAM). Kemudian dilakukan dioptimalkan dengan metode *Stepping Stone* didapatkan hasil bahwa setelah dilakukan perhitungan untuk sel yang kosong tidak ada hasil yang negative, hal ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan yang didapatkan oleh metode *Vogel Approximation* (VAM) sudah optimal. Kesimpulan dan Saran.

Proses pengangkutan sampah dari titik awal ke titik pengambilan sampah mendapatkan hasil yang optimal. *Least Cost* (LC) dan *Vogel Approximation* (VAM) merupakan metode yang paling optimum diantara dua metode lainnya dengan hasil biaya yang paling minimum sebesar Rp.729 (dalam puluh ribuan). Metode LC dan VAM terpilih menjadi metode yang dilakukan penyesuaian akhir menggunakan metode *Steppingstone*, dan terbukti bahwa metode LC dan VAM sudah optimal.

5. Kesimpulan dan Saran

Pengangkutan sampah dari titik awal ke lokasi pengambilan telah dioptimalkan dengan menggunakan metode *Least Cost* (LC) dan *Vogel Approximation* (VAM). Kedua metode ini terbukti paling efektif di antara metode lainnya, menghasilkan biaya minimum sebesar Rp 729 (dalam puluh ribuan). LC dan VAM kemudian disesuaikan lebih lanjut dengan metode *Stepping Stone*, yang menunjukkan bahwa keduanya sudah optimal. Biaya Rp 729 (dalam puluh ribuan) ini sudah lebih optimal dibandingkan dengan biaya awal pengangkutan sampah sebesar Rp 1.550 (Rp dalam puluh ribuan). Optimalisasi biaya pengangkutan ini berdampak positif dalam mengurangi masalah lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Daftar Pustaka

- Aguinis, H. (2015). Performance Management, 3rd edition. In *Kelley School of Business Indiana University* (Issue 3).
- Ali, N. P. H., Tarore, H., Walangitan, D. R. O., & Sibi, M. (2013). Aplikasi Metode Stepping-Stone Untuk Optimalisasi Perancangan Biaya Pada Suatu Proyek Kontruksi. *Jurnal Sipil Statistik*, 1(8), 571–578.
- Awaluddin, I. (2020). Sistem Pengangkutan Sampah Di Kecamatan Polewali Kabupaten Polewali Mandar. *Plano Madani : Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 9, 37–48. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/planomadani>
- Batuwael, G., Pongoh, F. D., & Paendong, M. S. (2019). Metode Transportasi Pada Distribusi Ikan di

- Pelabuhan Perikanan Sulawesi Utara. *D’CARTESIAN*, 8(2), 161.
<https://doi.org/10.35799/dc.8.2.2019.24258>
- Bhadane, A. P., Manjarekar, S. D., & Dighavkar, C. G. (2021). APBs method for the IBFS of a Transportation Problem and comparison with North West Corner Method. *Ganita*, 71(1), 109–114.
- Dimasuharto, N., Subagyo, A. M., & Fitriani, R. (2021). Optimalisasi Biaya Pendistribusian Produk Kaca Menggunakan Model Transportasi Dan Metode Stepping Stone. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 7(2), 81–88. <http://dx.doi.org/10.30656/intech.v7i2.3513>
- Fatoni, N., Imanuddin, R., & Darmawan, A. R. (2017). Pendayagunaan Sampah Menjadi Produk Kerajinan. *Dimas: Jurnal Pemikiran Agama Untuk Pemberdayaan*, 17(1), 83. <https://doi.org/10.21580/dms.2017.171.1505>
- Hlatká, M., Bartuška, L., & Ližbetin, J. (2017). Application of the vogel approximation method to reduce transport-logistics processes. *MATEC Web of Conferences*, 134. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713400019>
- Kanthi, Y. A., & Kristanto, B. K. (2020). Implementasi Metode North-West Corner dan Stepping Stone Pengiriman Barang Galeri Bimasakti. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(4), 845. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020701625>
- Mappa, T. M., & Sudaryanto. (2019). Optimasi Rute Truk Pengangkut Sampah Di Kota Depok. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 24(3), 226–239. <https://doi.org/10.35760/tr.2019.v24i3.2399>
- Prasad, A. K., & Singh, D. R. (2020). Modified Least Cost Method for Solving Transportation Problem. *Proceedings on Engineering Sciences*, 2(3), 269–280. <https://doi.org/10.24874/PES02.03.006>
- Rahayu, W.I., Riza, N., & Ramadhan, N. (2019). No Title. *Jurnal Teknik Informatika*, 11(1), 7–11.
- Rinaldi, D., Pribadi, N. A., Fadhil, M., & Fauzi, M. (2021). Optimalisasi Biaya Pengiriman Paket Menggunakan Metode Least Cost Dan Lingo Pada Pt. Sicepat Ekspres Indonesia. *Jurnal Bayesian: Jurnal Ilmiah Statistika Dan Ekonometrika*, 1(2), 121–132. <https://doi.org/10.46306/bay.v1i2.14>
- Saputra S, K., Harahap, N. H., & Sitorus, J. S. (2020). Analisis Transportasi Pengangkutan Sampah di Kota Medan Menggunakan Dynamic Programming. *Jurnal Informatika*, 7(2), 126–130. <https://doi.org/10.31294/ji.v7i2.7921>
- Septiana, M. A., Hidayattulloh, R., Machmudin, J., & Anggraeni, N. F. (2020). Optimasi Biaya Pengiriman Kelapa Menggunakan Model Transportasi Metode Stepping Stone. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 5(2), 111–115. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v5i2.1909>
- Yuliani, R. D., Priyanto, S., & Utomo, S. H. T. (2023). Pengaruh Kenaikan Harga Bahan Bakar Minyak terhadap Pemilihan Moda Transportasi (Studi Kasus: Perkotaan Yogyakarta). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 20(2), 112–122. <https://doi.org/10.30630/jirs.v20i2.1092>