

## Optimalisasi Kecepatan Kendaraan Angkutan Sampah di Kota Manado

<sup>1</sup>Meike Kumaat, <sup>2</sup>Lucia Lefrandt

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, 081340080090

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, 0811450229

e-mail: [meikekumaat@unsrat.ac.id](mailto:meikekumaat@unsrat.ac.id)

### Abstrak

Pengelolaan sampah merupakan permasalahan semua daerah di Indonesia tak terkecuali di kota Manado. Keterlambatan dalam pengangkutan sampah dapat menimbulkan masalah bau serta penumpukan sampah yang akan mengganggu lingkungan sekitar. Diperlukan sistem angkutan sampah yang baik khususnya untuk Kota Manado yang efektif dan efisien. Efisiensi yang ditinjau adalah dalam hal Biaya Operasional Kendaraan (BOK), sehingga dapat diketahui dengan pasti BOK per kilometer dari truk pengangkut sampah untuk setiap rute yang ditinjau. Analisis BOK menggunakan analisis PCI untuk menghitung BOK per kilometer untuk kendaraan jenis *dumptruck*. Rute yang dilalui truk pengangkut sampah yang beroperasi di Kecamatan Malalayang ada 2 kelurahan yaitu Kelurahan Malalayang 1 Barat dan Kelurahan Malalayang 1. Ritasi pertama truk menuju ke jalan Wolter Monginsidi, mengangkut sampah di sepanjang jalan protokol dan kembali ke TPA Sumompo. Ritasi kedua truk sampah akan ke Stasiun Peralihan Antara (SPA) yang ada di kelurahan Malalayang 1 Barat dan juga kelurahan Malalayang 1 untuk menunggu gerobak sampah yang mengangkut secara *door to door* kemudian kembali ke TPA Sumompo. Hasil penelitian BOK truk yang beroperasi di Kelurahan Malalayang 1 Barat sebesar Rp. 292.463 untuk satu hari operasi. Sementara BOK untuk truk sampah yang beroperasi di Kelurahan Malalayang 1 sebesar Rp. 283.526 untuk satu hari operasi.

**Kata kunci:** Malalayang ;Biaya Operasional Kendaraan; PCI

### Abstract :

*Waste management is a problem in all regions in Indonesia, including the city of Manado. Delays in waste transportation can cause odor problems and accumulation of waste that will disturb the surrounding environment. A good waste transportation system is needed, especially for the city of Manado, which is effective and efficient. The efficiency reviewed is in terms of Vehicle Operating Costs (BOK), so that it can be known exactly the BOK per kilometer of the garbage truck for each route reviewed. The BOK analysis uses PCI analysis to calculate the BOK per kilometer for dumptruck vehicles. The route taken by the garbage trucks operating in Malalayang Sub-district has 2 villages, namely Malalayang 1 West Village and Malalayang 1 Village. The first ritation of the truck goes to Wolter Monginsidi Street, transports garbage along the protocol road and returns to Sumompo Landfill. The second ritation of garbage trucks will go to the Intermediate Transfer Station (SPA) in Malalayang 1 Barat and Malalayang 1 villages to wait for garbage carts that transport door to door and then return to the Sumompo landfill. The results of the BOK research for trucks operating in Malalayang 1 West Village amounted to Rp. 292,463 for one day of operation. While the BOK for garbage trucks operating in Malalayang 1 Village is Rp. 283,526 for one day of operation*

**Keywords :** Malalayang; Vehicle Operating Costs; PCI

Diterima: April 2025  
Disetujui: Juni 2025  
Dipublikasi: Juni 2025

©2025 Meike Kumaat, Lucia Lefrandt  
Under the license CC BY-SA 4.0

### Pendahuluan

Kota Manado merupakan Ibu Kota Provinsi Sulawesi Utara yang memiliki luas wilayah 15.726 ha dengan jumlah penduduk 454.606 jiwa pada tahun 2022. Wilayah kecamatan Malalayang kota Manado terdiri dari 9 kelurahan, dua kelurahan dengan

kepadatan penduduk dan aktivitas tinggi berada di wilayah Kelurahan Malalayang 1 dan Malalayang 1 Barat sehingga jumlah produksi sampah di wilayah tersebut lebih banyak dibanding wilayah lainnya. Hal ini dikarenakan terdapat aktivitas Rumah Sakit Prof. Kandou Malalayang, pemukiman, sekolah, perkantoran, UMKM dan banyaknya pertokoan di wilayah tersebut.

Produksi sampah di Kecamatan Malalayang dihitung berdasarkan produksi sampah per jiwa adalah 2.4 kg/hari.<sup>1</sup> Perlu dilakukan optimalisasi dalam hal memilah sampah rumah tangga sebelum diangkut oleh truk sampah untuk mengurangi jumlah produksi sampah dan mengoptimalkan proses pengangkutan agar tidak terjadi kemacetan berlebihan akibat proses pengangkutan sampah dari truk sampah serta tidak mengganggu aktivitas lainnya akibat bau yang ditimbulkan dari proses pengangkutan.

Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) truk pengangkut sampah untuk setiap rute yang ditinjau dianggap penting sebagai masukan bagi pemerintah dalam menghitung BOK untuk truk sampah di Kota Manado.<sup>2</sup> Berdasarkan hasil perhitungan optimalisasi dapat dilakukan dengan mengubah kecepatan kendaraan pada kecepatan 55 km/jam. Optimalisasi kecepatan kendaraan menjadi penting dalam menekan BOK dan juga mengurangi perlambatan dalam proses pengangkutan sehingga tidak menyebabkan penumpukan kendaraan pada ruas jalan pelayanan angkutan sampah.

## Metode

Langkah-langkah penelitian dalam Bagan Alir Penelitian yang mencakup serangkaian tahapan sistematis yang membantu peneliti dalam merencanakan, melaksanakan, dan menganalisa pada penelitian “Optimalisasi Kecepatan Kendaraan Angkutan Sampah di Kota Manado”

Metode *Pacific Consultant International* digunakan untuk menganalisis biaya operasional kendaraan untuk jenis golongan *dumpruck*. BOK dengan metode PCI dapat membuat simulasi kecepatan kendaraan sehingga bisa menentukan kecepatan rata-rata yang menghasilkan biaya yang optimal.

Perhitungan BOK pengangkut sampah menggunakan metode *Pacific Consultants International* (PCI) melibatkan analisis komprehensif dari berbagai biaya

---

<sup>1</sup> Sharon Victorya Rori, Steeva Gaily Rondonuwu, and Fabian Johannes Manoppo, 'Optimalisasi Kebutuhan Pengangkutan Sampah Dan Potensi Reduksi Timbulan Sampah Dengan Metode Mass Balance Di Kecamatan Malalayang Kota Manado', *Jurnal Teknik*, 20.2 (2022)

<sup>2</sup> Ever N Slat, Franky R Tombokan, and Teddy Takaendengan, 'Analisis Biaya Pengangkutan Sampah Dengan Menggunakan Kendaraan Roda Tiga Di Kelurahan Kairagi Dua Kota Manado', 1.2 (2022), pp. 1–9.

yang terkait dengan penggunaan kendaraan tersebut. Persamaan untuk menghitung biaya operasional kendaraan dapat dilihat pada rumus berikut ini:

$$\text{BOK} = \text{BT} + \text{BTT}$$

Dimana :

BOK = Biaya Operasional Kendaraan

BTT = Biaya Tidak Tetap

BT = Biaya tetap

### **Biaya Tetap (*Fixed Cost*)**

Biaya tetap adalah biaya yang harus dikeluarkan secara rutin oleh pemilik kendaraan, terlepas dari seberapa sering kendaraan tersebut digunakan.

Berikut ini Komponen biaya tetap beserta penjelasan dan rumus dari *Pacific Consultant International* (PCI)<sup>3</sup>, yaitu:

#### a. Biaya penyusutan

Biaya penyusutan merupakan penurunan nilai kendaraan seiring berjalannya waktu.

Biaya penyusutan kendaraan dapat dihitung berdasarkan rumus persamaan berikut.

$$\text{Fdp} = 1 / (9 S + 450)$$

Dengan :

Fdp = faktor depresiasi/penyusutan

S = *speed* atau kecepatan kendaraan (km/jam)

#### b. Biaya bunga modal

Biaya suku bunga kendaraan dihitung menggunakan rumus persamaan sebagai berikut.

$$\text{Fbm} = 150 / (2572,42857 S)$$

Dengan:

Fbm = faktor bunga modal

S = *speed* atau kecepatan kendaraan (km/jam)

#### c. Biaya asuransi

Biaya ini adalah jumlah yang dibayarkan untuk melindungi kendaraan dari kerusakan atau kehilangan. Biaya asuransi kendaraan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Fas} = 6 / (2571,42857 S)$$

Dengan :

Fas = faktor asuransi

S = *speed* atau kecepatan kendaraan (km/jam)

---

<sup>3</sup> Ofyar Z. Tamin, *Perencanaan, Pemodelan, Dan Rekayasa Transportasi*, ITB Press, 2005.

### Biaya Tidak Tetap (*Running Cost*)

Biaya tidak tetap adalah biaya yang bervariasi tergantung pada penggunaan kendaraan.<sup>4</sup>

#### a. Konsumsi bahan bakar

Biaya ini tergantung pada seberapa banyak bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan. Untuk menghitung biaya bahan bakar, menggunakan rumus berikut:

$$F_{bb} = 0,21692 S^2 - 24,15490 S + 954,78624$$

Dengan :

$F_{bb}$  = faktor konsumsi bahan bakar kendaraan dalam liter/1000km

$S$  = *speed* atau kecepatan kendaraan (km/jam)

#### b. Konsumsi minyak pelumas

Biaya ini termasuk pengeluaran untuk oli mesin dan penggantian oli. Perhitungan biaya oli mesin bisa menggunakan rumus:

$$F_{mp} = 0,00209 S^2 - 0,24413 S + 13,29445$$

Dengan :

$F_{mp}$  = konsumsi oli mesin kendaraan dalam liter/1000km

$S$  = *speed* atau kecepatan kendaraan (km/jam)

#### c. Pemakaian ban

Biaya ini berkaitan dengan keausan ban dan biaya pengantiannya. Dihitung dengan rumus:

$$F_{kb} = 0,0012356 S - 0,0065667$$

Dengan :

$F_{kb}$  = faktor konsumsi ban/1000km

$S$  = *speed* atau kecepatan kendaraan (km/jam)

#### d. Biaya pemeliharaan

Biaya ini mencakup perawatan rutin dan pencegahan seperti penggantian filter, pengecekan sistem, dan lain-lain. Untuk menghitung biaya pemeliharaan, gunakan rumus:

$$F_{pc} = 0,0000332 S + 0,0020891$$

Dengan :

$F_{pc}$  = faktor biaya suku cadang/1000km

$S$  = *speed* atau kecepatan kendaraan (km/jam)

#### e. Biaya mekanik

Rumus untuk menghitung biaya mekanik adalah:

---

<sup>4</sup> Departemen Pekerjaan Umum, 'Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian I', *Departemen Pekerjaan Umum*, 2005, p. 29.

$$Fpk = 0,02311 S + 1,97733$$

Dengan:

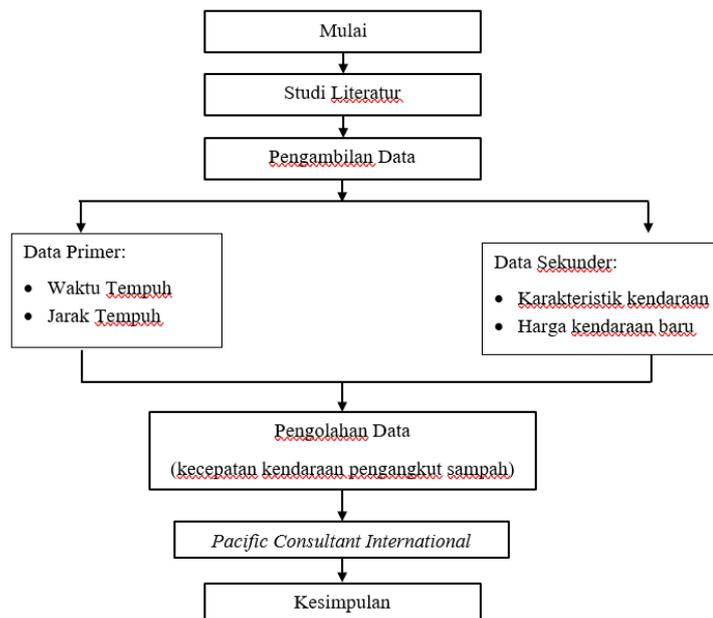
Fpk = Faktor biaya tenaga kerja

S = *speed* atau kecepatan kendaraan (km/jam)

Tabel 1 Nilai Moneter Biaya Operasi Kendaraan

No	Komponen BOK	Perhitungan BOK (dalam rupiah)
1.	Depresiasi/penyusutan (Fdp)	Fdp x 0,5 harga kendaraan terdepresiasi /1000
2.	Bunga Modal (Fbm)	Fbm x 0,5 harga kendaraan terdepresiasi /1000
3.	Asuransi	Fas x 0,5 Harga kendaraan baru /1000
4.	Konsumsi Bahan Bakar (Fbb)	Fbb x Harga satuan Bahan Bakar / 1000
5.	Konsumsi Minyak Pelumas (Fmp)	Fmp x Harga satuan Minyak Pelumas / 1000
6.	Konsumsi Ban	Fkb x Harga satuan Ban / 1000
7.	Biaya suku cadang (Fpc)	Fpc x harga kendaraan terdepresiasi / 1000
	Biaya Tenaga Kerja (Fpk)	Fpk x Harga upah mekanik per jam / 1000
8.	Biaya <i>Overhead</i>	10% dari total semua biaya

Sumber: Analisis Penetapan Tarif Harga Jalan Bebas.<sup>5</sup>



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

<sup>5</sup> Gladys Yolanda Hasugian, 'Analisis Penetapan Tarif Harga Jalan Bebas', 2020.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil

#### Data Waktu Tempuh dan Jarak Tempuh

Tabel 2 Data Penelitian Ritasi 1

Catatan	Toyota Dyna 115 ST 4x2 5 MT	Isuzu ELF 6 Roda NMR 71T HD 6.1
Ritasi 1		
Jarak Tempuh (km)	28	23,56
Waktu Tempuh (jam)	1,9833	2,15
Kecepatan Rata-rata (km/jam)	14,118	10,958
Ritasi 2		
Jarak Tempuh (km)	24,1	21,98
Waktu Tempuh (jam)	1,3167	1,3167
Kecepatan Rata-rata (km/jam)	14,303	17,892

Sumber : Hasil Penelitian 2024

Tabel diatas merupakan hasil penelitian untuk kecepatan rata-rata truk Toyota Dyna 115ST 4x2 5 MT adalah 14,118 km/jam untuk ritasi pertama dan 14,303 km/jam untuk ritasi kedua dan kecepatan rata-rata untuk truk Isuzu ELF 6 Roda NMR 71T HD 6.1 adalah 10,958 km/jam untuk ritasi pertama dan 17,892km/jam untuk ritasi kedua.

### Data Kendaraan

Tabel 3 Data Kendaraan

Keterangan	Toyota Dyna 115 ST 4x2 5 MT	Isuzu ELF 6 Roda NMR 71T HD 6.1
Harga Kendaraan Baru (Rp)	398.400.000	364.400.000
Harga Ban (Rp)	1.600.000	1.400.000
Solar (Rp)	6.800	6.800
Minyak Pelumas (Rp)	52.520	64.000
Mekanik	21.825	21.825
Sopir Truk	9.740	9.740
Kondektur Truk	8.333	8.333

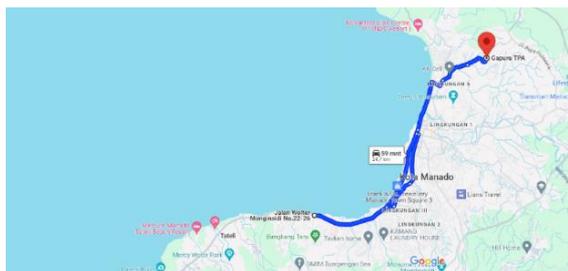
Sumber : Hasil Survei 2024

## Pembahasan

### Analisis Biaya Operasional Kendaraan

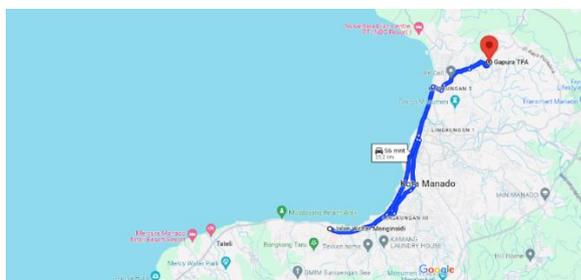
#### A. Ritasi 1

Rute pengangkut sampah jenis *Dumptruck* di Kelurahan Malalayang 1 Barat untuk ritasi pertama dengan waktu tempuh 1 jam 59 menit yang menggunakan truk Toyota Dyna 115 ST 4x2 5 MT (DB 8204 CF) dan ritasi pertama rute Malalayang 1 dengan waktu tempuh 2 jam 9 menit yang menggunakan Toyota Isuzu Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 (DB 8121 A).



Gambar 2 Truk Toyota Dyna 115ST 4x2 5MT Ritasi Pertama

Rute truk pengangkut sampah Toyota Dyna 115 ST 4x2 5 MT (DB 8204 CF) beroperasi di wilayah kelurahan Malalayang 1 Barat mulai dari TPA Sumompo – Jl. Santiago – Jl. Eddy Gagola – Jl. Hasanuddin 18 – Jl. Boulevard II – Jl. Piere Tendean – Jl. Jendral Sudirman – Jl. Sam Ratulangi – Jl. Ahmad Yani – Jl Wolter Monginsidi – Jl. Manibang II – Jl. Piere Tendean – Jl. Boulevard II – Jl. Hasanuddin – Jl. Santiago – TPA Sumompo.



Gambar 3 Truk Toyota Isuzu Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 Ritasi Pertama

Rute truk pengangkut sampah Toyota Isuzu Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 (DB 8121 A) beroperasi di wilayah kelurahan Malalayang 1 Barat mulai dari TPA Sumompo – Jl. Santiago – Jl. Eddy Gagola – Jl. Hasanuddin 18 – Jl. Boulevard II – Jl. Piere Tendean – Jl. Jendral Sudirman – Jl. Sam Ratulangi – Jl. Ahmad Yani – Jl Wolter Monginsidi – Jl. Manibang II – Jl. Piere Tendean – Jl. Boulevard II – Jl. Hasanuddin – Jl. Santiago – TPA Sumompo.

Berikut ini data perhitungan BOK truk sampah di Kecamatan Malalayang.

Tabel 4 Perhitungan BOK Ritasi 1

No	Komponen BOK	Dyna 115ST 4x2 5MT (rupiah)	Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 (rupiah)
1.	Depresiasi/penyusutan (Fdp)	1	1
2.	Bunga Modal (Fbm)	2	2
3.	Asuransi	33	39
4.	Konsumsi Bahan Bakar (Fbb)	4.468	4.870
5.	Konsumsi Minyak Pelumas (Fmp)	539	696
6.	Konsumsi Ban	18	10
7.	Biaya		
	Biaya suku cadang (Fpc)	2	2
7.	Pemeliharaan		
	Biaya Tenaga Kerja (Fpk)	51	49
8.	Biaya <i>Overhead</i>	511	567
	Jumlah (per km)	5.625	6.236
	Total BOK (ritasi 1)	157.500	146.920

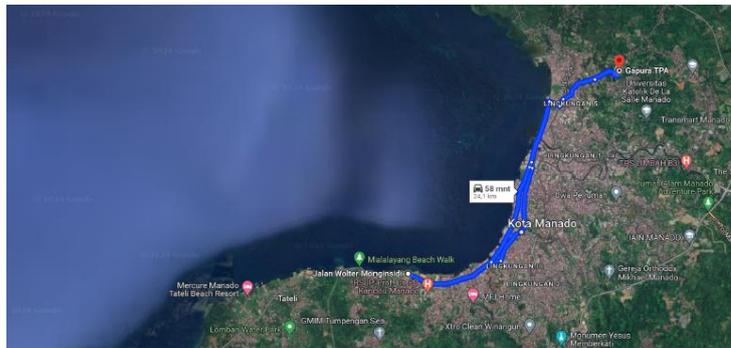
Sumber: Hasil Analisis 2024

Total BOK kondisi eksisting adalah Rp. 5.625/km untuk kendaraan truk Dyna 115ST 4x2 5MT (DB 8204 CF) yang beroperasi di wilayah **Kelurahan Malalayang 1 Barat** dalam ritasi pertama jarak 28 km sebesar Rp. 157.500.

Total BOK kondisi eksisting adalah Rp. 6.236/km untuk kendaraan truk Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 (DB 8121 A) yang beroperasi di wilayah **Kelurahan Malalayang 1** dalam ritasi pertama jarak 23,56 km sebesar Rp. 146.920.

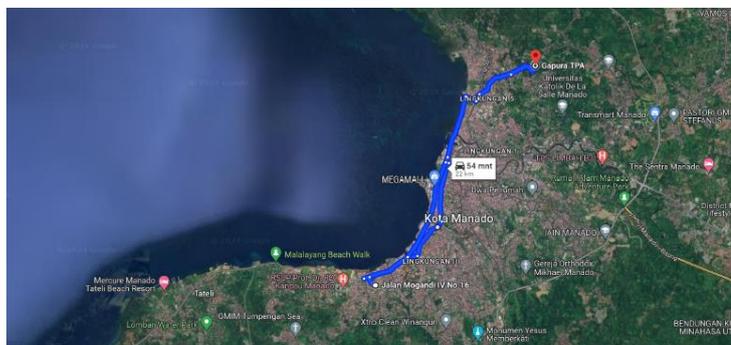
## B. Ritasi 2

*Dumprtruck* yang beroperasi di wilayah kelurahan Malalayang 1 Barat dengan waktu tempuh 1 jam 19 menit yang menggunakan truk Toyota Dyna 115 ST 4x2 5 MT (DB 8204 CF) dan Malalayang 1 dengan waktu tempuh 1 jam 19 menit yang menggunakan Toyota Isuzu Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 (DB 8121 A) untuk ritasi kedua.



Gambar 4 Truk Toyota Dyna 115ST 4x2 5MT Ritasi Kedua

Rute truk pengangkut sampah Toyota Dyna 115 ST 4x2 5 MT (DB 8204 CF) beroperasi di wilayah kelurahan Malalayang 1 Barat mulai dari TPA Sumompo – Jl. Santiago – Jl. Eddy Gagola – Jl. Hasanuddin 18 – Jl. Boulevard II – Jl. Piere Tendean – Jl. Jendral Sudirman – Jl. Sam Ratulangi – Jl. Ahmad Yani – Jl. Wolter Monginsidi – Jl. Manibang II – SPA Malalayang 1 Barat – Jl. Piere Tendean – Jl. Boulevard II – Jl. Hasanuddin – Jl. Santiago – TPA Sumompo.



Gambar 5 Truk Toyota Isuzu Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 Ritasi Kedua

Rute truk Toyota Dyna 115 ST 4x2 5 MT (DB 8204 CF) beroperasi di wilayah kelurahan Malalayang 1 Barat mulai dari TPA Sumompo – Jl. Santiago – Jl. Eddy Gagola – Jl. Hasanuddin 18 – Jl. Boulevard II – Jl. Piere Tendean – Jl. Jendral Sudirman – Jl. Sam Ratulangi – Jl. Ahmad Yani – Jl. Wolter Monginsidi – Jl. Mogandi – Jl. Mogandi IV – SPA Malalayang 1 – Jl. Mogandi – Jl. Wolter Monginsidi – Jl. Piere Tendean – Jl. Boulevard II – Jl. Hasanuddin – Jl. Santiago – TPA Sumompo.

Berikut ini data perhitungan BOK truk pengangkut sampah di kecamatan Malalayang.

Tabel 5 Perhitungan BOK Ritasi 2

No	Komponen BOK	Dyna 115ST 4x2 5MT (rupiah)	Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 (rupiah)
1.	Depresiasi/penyusutan (Fdp)	1	1
2.	Bunga Modal (Fbm)	2	1
3.	Asuransi	33	24
4.	Konsumsi Bahan Bakar (Fbb)	4.445	4.026
5.	Konsumsi Minyak Pelumas (Fmp)	538	614
6.	Konsumsi Ban	18	21
7.	Biaya suku cadang (Fpc)	2	2
	Biaya Tenaga Kerja (Fpk)	51	52
8.	Biaya <i>Overhead</i>	509	474
	Jumlah (per km)	5.599	6.215
	Total BOK (ritasi 2)	134.936	136.606

Jumlah BOK yang diperlukan dengan kecepatan rata-rata sesuai kondisi eksisting adalah Rp. 5.599/km untuk kendaraan truk Dyna 115ST 4x2 5MT (DB 8204 CF) yang beroperasi di wilayah kelurahan Malalayang 1 Barat dan biaya operasi kendaraan dalam ritasi pertama atau dengan jarak 24,1 km adalah sebesar Rp. 134.936.

Dan jumlah BOK yang diperlukan dengan kecepatan rata-rata sesuai kondisi eksisting adalah Rp. 6.215/km untuk kendaraan truk Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 (DB 8121 A) yang beroperasi di wilayah kelurahan Malalayang 1 dan biaya operasi kendaraan dalam ritasi pertama atau dengan jarak 21,98 km adalah sebesar Rp. 136.606.

Tabel 6 Total BOK 1 Hari Operasi

Biaya Operasional Kendaraan	Dyna 115ST 4x2 5MT (rupiah)	Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 (rupiah)
Rit 1 + Rit 2	292.463	283.526

Jadi total BOK truk pengangkut sampah yang beroperasi di wilayah Kelurahan Malalayang 1 Barat dalam 1 hari adalah Rp. 292.463. Dan biaya operasional kendaraan truk pengangkut sampah yang beroperasi di wilayah Malalayang 1 dalam 1 hari adalah Rp. 283.526.

Tabel 7 Tabel Simulasi Kecepatan Truk Dyna 115ST 4x2 5MT

Kecepatan	Overhead	BOK/km	Total BOK Harian
5	1298,070536	14278,7759	Rp371.962,11
10	1137,445515	12511,90067	Rp325.935,01
15	999,2147741	10991,36252	Rp286.324,99
20	878,4708636	9663,1795	Rp251.725,83
25	774,2316734	8516,548407	Rp221.856,09
30	686,1695204	7547,864725	Rp196.621,88
35	614,1438023	6755,581825	Rp175.982,91
40	558,0841244	6138,925368	Rp159.919,01
45	517,9513245	5697,464569	Rp148.418,95
50	493,7218732	5430,940605	Rp141.476,00
<b>55</b>	<b>485,3807774</b>	<b>5339,188552</b>	<b>Rp139.085,86</b>
60	492,9180295	5422,098324	Rp141.245,66
65	516,3266933	5679,593626	Rp147.953,41
70	555,6018093	6111,619902	Rp159.207,70
75	610,7397374	6718,137112	Rp175.007,47
80	681,7377454	7499,1152	Rp195.351,95
85	768,5937426	8454,531168	Rp220.240,54
90	871,3061018	9584,36712	Rp249.672,76
95	989,8735381	10888,60892	Rp283.648,26
100	1124,295023	12367,24525	Rp322.166,74

Berdasarkan hasil simulasi untuk truk Dyna 115ST 4x2 5MT yang beroperasi di Wilayah Kelurahan Malalayang 1 Barat dapat dioptimalkan pada kecepatan 55 km/jam dengan biaya operasi sebesar Rp. 139.086 dalam 1 hari operasi.

Tabel 8 Tabel Simulasi Kecepatan Truk Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1

Kecepatan	Overhead	BOK/km	Total BOK Harian
5	1324,215869	14566,37456	Rp331.676,35
10	1161,737673	12779,1144	Rp290.980,43
15	1021,335039	11234,68543	Rp255.813,79
20	898,5193272	9883,712599	Rp225.052,14
25	792,3922417	8716,314658	Rp198.470,48
30	702,6540645	7729,194709	Rp175.993,76
35	629,1761922	6920,938114	Rp157.589,76
40	571,8942379	6290,836617	Rp143.242,35
45	530,7723816	5838,496197	Rp132.942,56
50	505,7891017	5563,680119	Rp126.685,00
<b>55</b>	<b>496,9306849</b>	<b>5466,237533</b>	<b>Rp124.466,23</b>

60	504,1879774	5546,067751	Rp126.283,96
65	527,5546351	5803,100986	Rp132.136,61
70	567,0261218	6237,287339	Rp142.023,03
75	622,5991079	6848,590187	Rp155.942,40
80	694,2710945	7636,982039	Rp173.894,08
85	782,0401692	8602,441861	Rp195.877,60
90	885,9048438	9744,953282	Rp221.892,59
95	1005,863943	11064,50337	Rp251.938,74
100	1141,916526	12561,08179	Rp286.015,83

Dari hasil simulasi untuk truk Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 yang beroperasi di Wilayah Kelurahan Malalayang 1 dapat dioptimalkan pada kecepatan 55km/jam dengan biaya operasi sebesar Rp. 124.466 dalam 1 hari operasi.

### Kesimpulan

Biaya Operasional Kendaraan angkut sampah jenis *dumpruck* yang beroperasi di Kecamatan Malalayang, Kelurahan Malalayang 1 Barat adalah sebesar Rp. 292.463/hari dengan jenis kendaraan angkut berupa truk Toyota Dyna 115 ST 4x2 5 MT (DB 8204 CF). Sementara BOK *dumpruck* yang beroperasi di Kecamatan Malalayang kelurahan Malalayang 1 adalah sebesar Rp. 283.526/hari dengan jenis kendaraan angkut Toyota Isuzu Isuzu ELF 6 Roda NMR 71 T HD 6.1 (DB 8121 A). Rute pengangkutan, Jumlah ritasi, kapasitas kendaraan dan kecepatan kendaraan memiliki pengaruh yang signifikan pada efektifitas system pengangkutan sampah. Sementara itu rute pengangkutan tidak bisa dilakukan optimalisasi karena akan menyebabkan beberapa wilayah tidak terlayani dan bisa terjadi penumpukan sampah pada wilayah tersebut. Sehingga berdasarkan hasil perhitungan optimalisasi dapat dilakukan dengan mengubah kecepatan kendaraan yang dapat teroptimalisasi secara baik pada kecepatan kendaraan 55 km/jam. Optimalisasi kecepatan kendaraan menjadi penting dalam menekan BOK dan juga mengurangi perlambatan dalam proses pengangkutan sehingga tidak menyebabkan penumpukan kendaraan pada ruas jalan pelayanan angkutan sampah. Diharapkan dengan adanya optimalisasi kecepatan kendaraan truk sampah maka pelayanan pengangkutan sampah di Kota Manado dapat ditingkatkan.

### Daftar Pustaka

- Ambarizki, P. P., Dara, & Herumurti, W. (2016). Sistem pengangkutan sampah berdasarkan kapasitas kendaraan pengangkut dan kondisi kontainer sampah di Surabaya Barat. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Statistik Kota Manado Tahun 2022.

- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). Perhitungan biaya operasi kendaraan bagian I. Departemen Pekerjaan Umum.
- Febriana, K., Wahjuni, S., & Ismayana, A. (2020). Optimasi distribusi truk pengangkut sampah menggunakan algoritma genetika pada sistem pengelolaan sampah Kota Bogor. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9(1), 19–27.
- Hasugian, G. Y. (2020). Analisis penetapan tarif harga jalan bebas. [Skripsi, Universitas tidak disebutkan].
- Istingadah, J., & Warmadewanthi, I. D. A. A. (2022). Optimasi pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen. *Jurnal Teknik ITS*, 11(2), A85–A90.
- Jasa Marga. (1979, September). Jakarta Intra Urban Tollway. Pacific Consultant International.
- Jones, D., & Smith, J. (2019). Optimizing waste collection routes using GPS-based routing systems. *International Journal of Logistics Management*, 35(4), 521–537.
- Ridho, M. F. (2020). Analisis kebutuhan armada pengangkutan sampah di Kota Manado [Skripsi, Universitas Medan Area]. <http://repository.uma.ac.id/>
- Putri, I. A., Rini, I. D. W. S., & Hayati, R. N. (2023). Studi optimalisasi rute pengangkutan sampah stationary container system berbasis SIG di Kecamatan Balikpapan Timur. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Lingkungan*, 5(1), 22–30.
- Rori, S. V., Rondonuwu, S. G., & Manoppo, F. J. (2022). Optimalisasi kebutuhan pengangkutan sampah dan potensi reduksi timbunan sampah dengan metode mass balance di Kecamatan Malalayang Kota Manado. *Jurnal Teknik*, 20(2), 165–174. <https://doi.org/10.37031/jt.v20i2.244>
- Slat, E. N., Tombokan, F. R., & Takaendengan, T. (2022). Analisis biaya pengangkutan sampah dengan menggunakan kendaraan roda tiga di Kelurahan Kairagi Dua Kota Manado. *Jurnal Teknik*, 1(2), 1–9.
- Smith, A., Johnson, B., & Brown, C. (2017). The impact of electric vehicles on municipal waste management costs. *Journal of Environmental Economics*, 25(2), 143–159.
- Susanti, E., Cahyono, E. S., & Dwipurwani, O. (2022). Optimasi kendaraan pengangkut sampah di Kecamatan Kertapati menggunakan pemrograman bilangan bulat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Sriwijaya*, 7(1), 15–25.
- Tamin, O. Z. (2005). Perencanaan, pemodelan, dan rekayasa transportasi. ITB Press.