

Optimasi Pengangkutan Sampah di Kecamatan Kebumen Kabupaten Kebumen

Junia Istingadah dan I D A A Warmadewanthi

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)

e-mail: warma@its.ac.id

Abstrak—Kecamatan Kebumen merupakan pusat kota Kabupaten Kebumen sehingga kegiatan pengangkutan sampah difokuskan di wilayah ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi sistem pengangkutan sampah sehingga penggunaan sarana yang ada dapat dimaksimalkan dan anggaran yang dikeluarkan dapat diturunkan. Analisis timbulan dan densitas sampah dilakukan menggunakan metode *Load-count analysis* dan *Weight-volume analysis*. Analisis waktu, jarak, dan kecepatan kendaraan dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung terhadap kendaraan pengangkut sampah. Pengumpulan data finansial dilakukan dengan wawancara kepada sopir dan tenaga muat truk serta pengambilan data bulanan kepada Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Kebumen. Optimasi biaya operasional dilakukan dengan membandingkan biaya pengangkutan antara kondisi eksisting dengan hasil optimasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kendaraan *arm roll truck* dan *dump truck* melakukan pengangkutan sampah sebanyak 1-2 rit/hari. Persentase pelayanan pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen sebesar 59,42%. Optimasi pengangkutan sampah dilakukan dengan memanfaatkan sisa waktu kerja kendaraan *arm roll truck*. Penambahan ritasi sebanyak 1 rit/hari menyebabkan penggunaan *arm roll truck* dapat direduksi dari 10 unit menjadi 7 unit. Penambahan ritasi juga mengakibatkan biaya operasional dan pemeliharaan kendaraan naik sebesar 12,70%. Pengurangan jumlah kendaraan yang digunakan membuat anggaran pengangkutan sampah yang harus dikeluarkan setiap harinya mengalami penurunan sebesar 5,06%.

Kata Kunci—Arm Roll Truck, Aspek Finansial, Aspek Teknis, Dump Truck, Pengangkutan Sampah.

I. PENDAHULUAN

KECAMATAN Kebumen menjadi pusat pemerintahan dan perekonomian di Kabupaten Kebumen. Wilayah ini juga memiliki tingkat kepadatan penduduk tertinggi sebesar 2.964 jiwa/km². Kecamatan Kebumen terdiri dari 24 kelurahan dan 5 desa dengan jumlah penduduk pada tahun 2019 sebanyak 124.589 jiwa [1]. Wilayah ini mengalami pertumbuhan dan perkembangan pesat baik dari segi jumlah penduduk maupun perekonomiannya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2020), dari tahun 2018-2019, Kecamatan Kebumen mengalami peningkatan jumlah penduduk sebesar 0,36%. Pertambahan penduduk akan meningkatkan timbulan sampah sehingga pengelolaan sampah menjadi lebih sulit [2].

Pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen dilakukan menggunakan 8 unit *dump truck* dan 10 unit *arm roll truck* dengan jumlah ritasi sebanyak 1-2 rit/hari. Jumlah ritasi tersebut lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah ritasi berdasarkan Keputusan Menteri Perumahan dan Prasarana Wilayah 534/KPTS/M/2001 tentang Standar Pelayanan Minimal sebanyak 2-6 ritasi/hari [3].

Sampah dari Kecamatan Kebumen yang diangkut ke TPA Kaligending sebanyak 42.554,07 kg/hari atau 81,49% dari total sampah yang masuk. Menurut Alagoz dan Kocasoy (2008), pengangkutan sampah adalah elemen yang membutuhkan biaya paling banyak sehingga menjadi kunci dalam merumuskan anggaran sistem pengelolaan sampah [4]. Biaya pengumpulan dan pengangkutan sampah menghabiskan hampir 50–80% anggaran pengelolaan sampah kota [5]. Aspek finansial merupakan faktor utama dalam pengelolaan sampah karena berpengaruh besar terhadap aspek teknis operasional [6].

Sumber anggaran penyelenggaraan pengelolaan sampah di Kabupaten Kebumen berasal dari Pendapatan Asli Daerah (PAD). Pada tahun 2020, jumlah anggaran pengelolaan sampah sebesar Rp1.895.142.000,00. Anggaran untuk pengangkutan sampah adalah sebesar Rp1.768.282.000,00 atau 93,3% dari anggaran pengelolaan sampah. Data tersebut menunjukkan bahwa hampir seluruh anggaran pengelolaan sampah dialokasikan untuk biaya pengangkutan sampah.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini dilakukan optimasi pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen. Optimasi pengangkutan sampah bertujuan untuk menurunkan biaya pengangkutan sampah dan meningkatkan pelayanan pengelolaan sampah.

II. METODE PENELITIAN

A. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder.

1) Pengumpulan Data Primer

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data primer adalah dengan melakukan pengukuran dan pengamatan langsung pada TPS, TPA, dan kendaraan pengangkut sampah. Data primer yang dikumpulkan meliputi massa dan volume sampah di TPS dan kendaraan pengangkut sampah, waktu, kecepatan, dan rute pengangkutan. Volume sampah di TPS diperoleh dari hasil pengukuran panjang, lebar, dan tinggi alat pengumpul menggunakan meteran. Pengukuran berat sampah dilakukan dengan menimbang sampah menggunakan alat timbang. Pengumpulan data kecepatan dan jarak pengangkutan sampah dilakukan menggunakan aplikasi GPS *my Tracks*. Data waktu pengangkutan diperoleh dengan mencatat waktu dari semua kegiatan yang dikerjakan oleh sopir truk. Massa sampah di truk diketahui berdasarkan pencatatan massa pada jembatan timbang di TPA.

2) Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan cara

Tabel 1.
Kendaraan yang Dijadikan Sampel Penelitian

No	Kapasitas Kontainer (m3)	Nomor Kendaraan	Tahun pengadaan	Jenis Kendaraan
1	6	AA 9585 AD	2019	Arm roll truck
2	6	AA 9590 GD	2013	Arm roll truck
3	6	AA 9558 D	2006	Arm roll truck
4	6	AA 9590 JD	2018	Dump Truck
5	8	AA 9557 AD	2006	Dump Truck
6	6	AA 9535 AD	1997	Dump Truck

Tabel 2.
TPS yang Dijadikan Sampel Penelitian

No	Nama TPS	Jenis Kendaraan Pengangkut	Jarak TPS ke TPA (km)
1	TPS Pasar Tumenggungan	Arm roll truck	15,7
2	TPS PGSD	Arm roll truck	16,9
3	TPS Adikarso	Arm roll truck	18,8
4	Depo Transfer	Dump truck	15,9
5	TPS 18	Dump truck	16,9
6	TPS 28	Dump truck	18,0

mencari data dari instansi terkait seperti Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman dan Lingkungan Hidup (Disperkimlh) Kabupaten Kebumen, Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kabupaten Kebumen, dan Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kebumen. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain peta administrasi Kecamatan Kebumen, data kependudukan, jumlah, kapasitas, dan spesifikasi kendaraan pengangkut sampah, area pelayanan kendaraan pengangkut sampah, jumlah dan kapasitas TPS, gaji sopir dan tenaga muat, biaya bahan bakar kendaraan, serta biaya perbaikan dan pemeliharaan kendaraan pengangkut sampah.

B. Penentuan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 30% dari total *arm roll truck* dan 30% dari total *dump truck*. Pemilihan sampel ini didasarkan pada rentang umur kendaraan truk. Rincian sampel truk yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Penentuan lokasi TPS yang menjadi sampel didasarkan pada TPS yang dilayani oleh kendaraan pengangkut sampah terpilih. Selain itu, pemilihan TPS juga didasarkan pada jarak TPS ke TPA. Rincian TPS yang dijadikan sampel penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

C. Analisis Data dan Pembahasan

Data yang telah terkumpul kemudian dilakukan pengolahan data dan pembahasan. Pengolahan data bertujuan untuk menjawab rumusan masalah agar dapat mencapai tujuan penelitian. Analisis dan pembahasan terhadap data yang telah dikumpulkan, antara lain:

1) Timbulan dan Densitas Sampah di TPS

Pengukuran massa dan volume sampah dilakukan sebanyak 2 gerobak pada masing-masing TPS selama 1 hari di setiap TPS sehingga total pengamatan dilakukan selama 6 hari. Metode yang digunakan adalah dengan mengukur jumlah berat dan volume sampah yang masuk ke TPS (*Load Count Analysis*). Hasil pengumpulan data dianalisis untuk mengetahui timbulan sampah dan persentase sampah yang terlayani di TPS dan tingkat pelayanan pengangkutan sampah. Densitas sampah dihitung dari massa sampah di gerobak dibagi volume gerobak

2) Sistem Pengangkutan dan Densitas Sampah di Truk

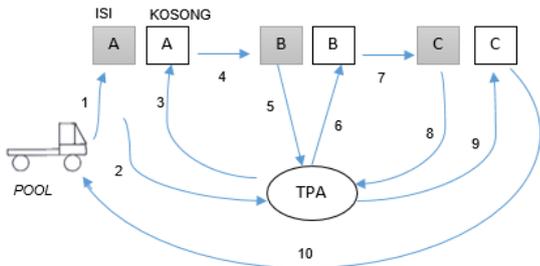
Pengamatan dilakukan selama 3 hari untuk masing-masing kendaraan yang disurvei yakni pada 2 hari kerja (Senin-Jumat) dan 1 hari libur (Sabtu-Minggu dan Hari Besar). Sistem pengangkutan sampah dianalisis berdasarkan jenis kendaraan. Analisis densitas sampah di truk dihitung dari massa sampah pada penimbangan di jembatan timbang di TPA dibagi dengan volume kendaraan (*Weight Volume Analysis*).

Analisis dan pembahasan yang dilakukan dalam pengangkutan sampah ini yaitu untuk menghitung jumlah ritasi optimum. Ritasi optimum dapat diketahui dari keefektifan waktu pengangkutan kendaraan pengangkut sampah. Keefektifan waktu jam kerja dapat dilihat dengan menghitung waktu *off route* (waktu tidak produktif yang melebihi waktu istirahat). Data tersebut digunakan untuk menganalisis kelayakan penambahan ritasi pengangkutan dan pergantian silang rute pelayanan TPS antar truk. Waktu yang dianalisis antara lain:

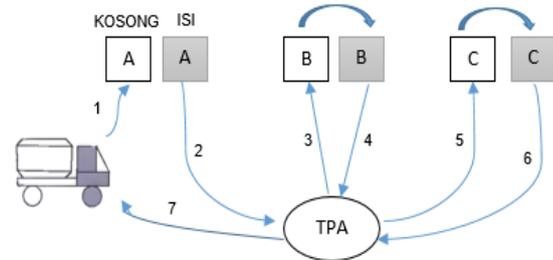
- t pengangkutan (t) : - t *pool* ke lokasi pertama (t₁)
- t dari TPA ke *pool* (t₂)
- t dari TPS ke *pool* (t₂)
- t dari TPS ke TPS (dbc)
- t menurunkan kontainer di TPS (uc)
- t menaikkan kontainer di TPS (pc)
- t memasang terpal di TPS (pc)
- t dari TPS ke TPA (h₁)
- t dari TPA ke TPS (h₂)
- t TPA untuk unloading (s) : - t TPA penimbangan
- t jalan di TPA
- t unloading di TPA
- t buka terpal di TPA
- t operasional (t-ops) : - t *warming up*
- t antri isi BBM
- t isi BBM di SPBU
- t hambatan (t-ham) : - t TPA antri penimbangan
- t TPA antri zona unloading
- Kerusakan pada kendaraan
- t kebutuhan pribadi (t-off) : - Waktu tidak produktif (istirahat dan makan)
- t off route (w) : - t non produktif TPS
- t kelebihan jam istirahat
- t hambatan (t-ham)
- t sisa waktu kerja : - Menunggu jam pulang (di kantor)

3) Biaya Operasional dan Pemeliharaan Truk

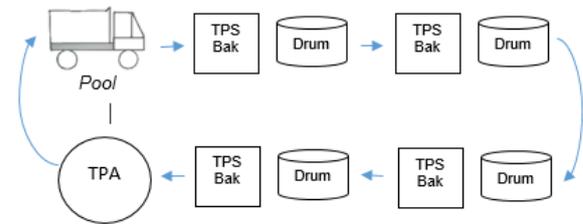
Data pada aspek finansial meliputi biaya operasional seperti gaji sopir dan tenaga muat, kebutuhan bahan bakar, serta biaya pemeliharaan dan perbaikan truk. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan pengambilan data bulanan di Disperkimlh Kabupaten Kebumen. Data yang diperoleh dari hasil pengambilan data bulanan diolah sehingga menghasilkan jumlah total biaya operasional dan pemeliharaan *arm roll truck* dan *dump truck*. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan data kebutuhan finansial pengangkutan sampah berdasarkan hasil optimasi yang telah dilakukan. Analisis pembiayaan pengangkutan sampah ini menghasilkan Rp/rit, Rp/km dan Rp/ton.



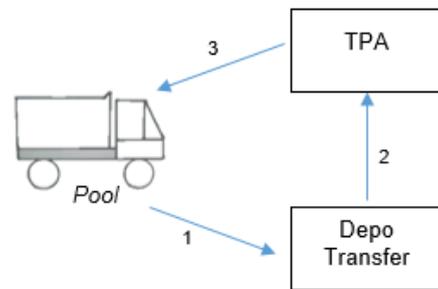
Gambar 1. Pengangkutan Sampah dengan Sistem HCS I.



Gambar 2. Pengangkutan Sampah dengan Sistem HCS III.



Gambar 3. Pengangkutan Sampah dengan Kombinasi Sistem Kontainer Tetap dan Individual Langsung.



Gambar 4. Pengangkutan Sampah dengan Sistem Depo Transfer.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Eksisting Pengangkutan Sampah di Kecamatan Kebumen

Pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen dilakukan oleh dinas terkait misalnya untuk wilayah pariwisata dikelola oleh Dinas Kepemudaan, Olahraga, dan Pariwisata (Disporawisata) Kabupaten Kebumen, sampah wilayah pasar dikelola oleh Dinas Perindustrian dan Perdagangan (Disperindag), dan sampah di wilayah permukiman dan fasilitas umum lainnya dikelola oleh Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman dan Lingkungan Hidup (Disperkimlh). Namun, tidak semua sampah di wilayah pasar dikelola oleh Disperindag. Hal ini dikarenakan Disperindag masih kekurangan kendaraan pengangkut sampah sehingga sampah di wilayah pasar sebagian juga dikelola oleh Disperkimlh.

Pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen dilakukan setiap hari dari pukul 07.30–14.30 WIB. Pengangkutan dengan kendaraan *arm roll truck* dilakukan oleh seorang sopir, sedangkan pengangkutan sampah dengan *dump truck* dilakukan oleh satu orang sopir dan tiga tenaga muat yang bertugas memasukkan sampah ke kontainer truk. Kendaraan *arm roll truck* melayani sampah dari TPS yang berupa kontainer. Pengangkutan sampah oleh *arm roll truck* dilakukan dengan sistem kontainer angkut atau *Hauled Container System (HCS)* tipe I dan tipe III. Ilustrasi pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen dengan sistem HCS I dan HCS III dapat dilihat pada Gambar 1. dan Gambar 2.

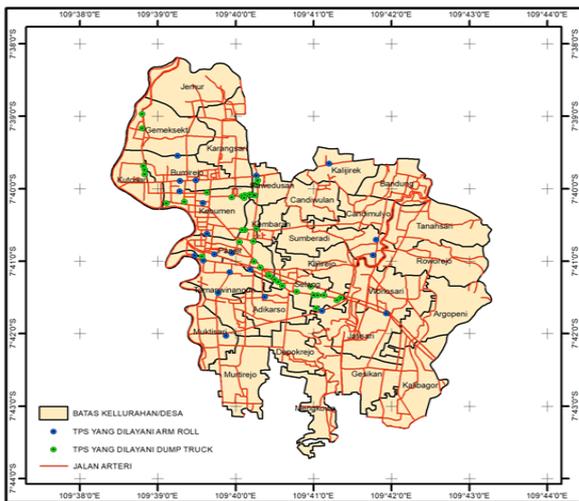
Pengangkutan sampah dengan HCS tipe I merupakan pola pengangkutan dimana kendaraan berangkat dari *pool* menuju TPS tanpa membawa kontainer. Kontainer berisi sampah dari TPS kemudian diangkat menuju TPA Kaligending. Selanjutnya, kontainer yang telah kosong di kembalikan ke TPS tersebut. Sementara itu, pengangkutan HCS tipe III kendaraan berangkat dari *pool* menuju TPS dengan membawa kontainer kosong. Kontainer kosong tersebut ditukar dengan kontainer yang telah berisi sampah di TPS dan kemudian dibawa ke TPA Kaligending.

Pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen oleh *dump truck* dilakukan dengan sistem kontainer tetap atau *Stationary Container System (SCS)*. Sistem ini dilakukan dengan cara mengambil sampah di TPS berupa bak sampah yang terbuat dari beton hingga kontainer truk penuh. Sistem SCS ini juga dikombinasikan dengan sistem pengangkutan individual langsung atau *door to door*. Sampah yang diangkut dengan sistem *door to door* umumnya dimasukkan ke dalam drum bekas, karung bekas atau pun kardus yang diletakkan di pinggir jalan. Setelah sampah dalam kendaraan penuh di titik pengumpulan terakhir setiap rit, kendaraan langsung menuju ke TPA untuk menurunkan sampah. Apabila terdapat kegiatan penebangan pohon maka *dump truck* dari Disperkimlh juga mengangkut hasil penebangan tersebut ke TPA. Ilustrasi pengangkutan dengan kombinasi sistem SCS dan *door to door* dapat dilihat pada Gambar 3. Adapun ilustrasi pengangkutan sampah dengan melalui pemindahan di transfer depo dapat dilihat pada Gambar 4.

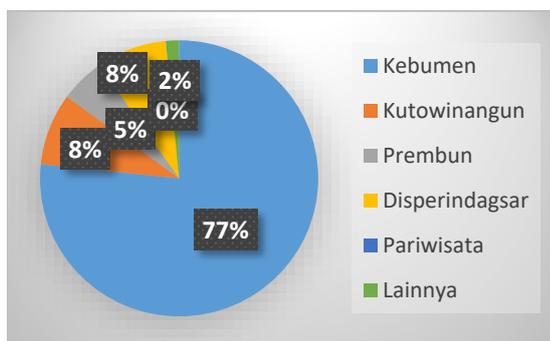
TPS yang dilayani oleh kendaraan *arm roll truck* berjumlah 21 TPS, sedangkan TPS yang dilayani oleh kendaraan *dump truck* berjumlah 39 TPS. Jarak antara TPS di Kecamatan Kebumen dengan TPA Kaligending relatif tidak terlalu jauh jika dibandingkan dengan TPS di wilayah lain Kabupaten Kebumen. Jarak terdekat TPS yang dilayani kendaraan *arm roll truck* yakni 14,3 km, sedangkan jarak terjauhnya yaitu 20,9 km. Jarak terdekat TPS yang dilayani kendaraan *dump truck* yakni sejauh 11,7 km, sedangkan jarak terjauhnya yaitu 19,8 km. Peta persebaran TPS di Kecamatan Kebumen dapat dilihat pada Gambar 5.

1) Massa Sampah

Massa sampah yang diangkut oleh truk pengangkut sampah didapatkan dari hasil penimbangan di jembatan timbang yang ada di TPA Kaligending. Namun, jembatan timbang tersebut hanya beroperasi dari pukul 08.00-14.30 WIB sehingga kendaraan yang mengangkut sampah diatas pukul 14.30 WIB tidak ditimbang massa sampahnya. Persentase massa sampah yang masuk ke TPA Kaligending per hari berdasarkan kecamatan dan jenis kendaraan berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 6. dan Tabel 3.



Gambar 5. Peta Persebaran TPS di Kecamatan Kebumen.



Gambar 6. Persentase Sumber Sampah yang Masuk ke TPA Kaligending.

Total massa sampah yang masuk ke TPA Kaligending sebanyak 54.974 kg/hari. Sebanyak 42.133,13 kg/hari atau sebesar 77% dari total sampah tersebut berasal dari Kecamatan Kebumen. Hal ini menunjukkan bahwa pengangkutan sampah di Kabupaten Kebumen berfokus di Kecamatan Kebumen.

2) Pelayanan Pengangkutan Sampah

Data hasil pengukuran timbulan sampah di Kecamatan Kebumen dapat dilihat pada Tabel 4.

Tingkat pelayanan pengangkutan sampah diperoleh dengan membandingkan jumlah sampah yang diangkut ke TPA dengan total timbulan sampah di Kecamatan Kebumen. Sampah yang diangkut ke TPA sebesar 42.133,13 kg/hari sehingga tingkat pelayanan pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen sebesar 59,42%. Sampah di TPS yang dilayani *arm roll truck* dan *dump truck* sebesar 38.114,22 kg/hari sehingga tingkat pengumpulan sampah di TPS sebesar 53,93%. Sampah yang diangkut dengan sistem individual langsung sebanyak 3.844,39 kg/hari atau sebesar 5,42%.

B. Waktu Pengangkutan Sampah

Waktu pengangkutan sampah seringkali dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu rute pengangkutan, kecepatan kendaraan, jumlah ritasi, tipe jalan dan aktivitas di TPA. Waktu yang diperlukan untuk pengangkutan sampah pada masing-masing kendaraan diukur dengan menggunakan *stopwatch*. Berdasarkan pembagian waktu yang telah dibuat, dapat ditentukan waktu yang dibutuhkan masing-masing kendaraan untuk operasional pengangkutan sampah setiap

Tabel 3.
Persentase Massa Sampah Berdasarkan Kendaraan Pengangkut

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Unit)	Rata-rata (kg/hari)	Persentase
<i>Arm Roll Truck</i>	10	22308,75	53%
<i>Dump Truck</i>	8	19824,38	47%
Jumlah	18	42133,13	100%

Tabel 4.
Timbulan Sampah di Kecamatan Kebumen

Jenis Sampah	Total Timbulan (kg/hari)
SRT	51334,29
SSRT	19578,38
Total	70912,66

hari. Waktu pengangkutan sampah hasil penelitian rute dapat dilihat pada Tabel 5.

Rata-rata sopir *arm roll truck* memiliki banyak kelebihan sisa waktu kerja, sedangkan sopir *dump truck* memiliki sisa waktu yang lebih sedikit. Hal ini dikarenakan tenaga muat kendaraan *dump truck* harus memasukkan sampah ke dalam keranjang secara manual sebelum dimasukkan ke dalam kontainer truk. Selain itu, tenaga muat juga membereskan sampah yang berserakan di luar TPS. Adapun faktor *off route* pada masing-masing sopir dapat dilihat pada Tabel 6. Faktor *off route* dapat dihitung dengan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$W = \frac{w}{H} \tag{1}$$

Keterangan :

w = waktu *off route* (jam)

H = waktu kerja Disperkiml

Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi AA 9590 GD dan AA 9558 D memiliki faktor *off route* di atas rentang yang telah ditetapkan yakni 0,15 [7]. Hal ini dikarenakan kedua sopir kendaraan tersebut sering menghabiskan waktu menunggu di TPA sehingga dapat dikatakan memiliki waktu pengangkutan yang tidak produktif.

C. Densitas Sampah

Data hasil pengukuran densitas sampah di TPS di Kecamatan Kebumen dapat dilihat pada Tabel 7. Rata-rata densitas sampah di gerobak adalah 198,63 kg/m³. Menurut Damanhuri (2010) kebutuhan desain awal densitas sampah di gerobak sampah yaitu 200 – 350 kg/m³[8]

Densitas sampah di kendaraan pengangkut dihitung berdasarkan jenis dan kapasitas kendaraan. Densitas pada truk pengangkutan sampah dihitung dengan membandingkan rata-rata massa sampah yang diangkut dengan volume sampah di dalam kontainer. Densitas pada kendaraan truk *arm roll* dan *dump truck* dapat dilihat pada Tabel 8.

Menurut Damanhuri (2010), kebutuhan desain densitas sampah di truk terbuka yaitu 250-400 kg/m³ [8]. Hasil pengamatan menunjukkan perbedaan yang signifikan antara densitas sampah untuk jenis kendaraan *arm roll truck* dan jenis kendaraan *dump truck*. Besarnya nilai densitas pada kendaraan *dump truck* dikarenakan volume sampah yang diangkut melebihi kapasitas volume kendaraan.

D. Optimasi Penambahan Ritasi

Optimasi sistem pengangkutan sampah perlu dilakukan agar dapat memaksimalkan biaya pengangkutan yang

Tabel 5.
Total Waktu Pengangkutan Sampah Hasil Penelitian Rute di Kecamatan Kebumen

No	Nomor Kendaraan	Jenis Kendaraan	Volume Kontainer (m3)	Jam Kerja (Lapangan)			Total Jam Kerja (jam)	Jam Kerja (jam)	Waktu Off Route		Sisa Waktu (jam)
				t	s	t-ops			Non produktif (jam)	t-ham (jam)	
1	AA 9585 AD	Arm Roll Truck	6	2,009	0,120	0,201	2,329	7	0,329	0,012	4,330
2	AA 9590 GD	Arm Roll Truck	6	2,350		0,339	2,792	7	1,207	0,022	2,979
3	AA 9558 D	Arm Roll Truck	6	1,487	0,118	0,140	1,744	7	1,339	0,023	3,894
4	AA 9590 JD	Dump Truck	6	4,481	0,104	0,248	4,833	7	0,903	0,012	1,252
5	AA 9557 AD	Dump Truck	8	4,599	0,151	0,214	4,964	7	0,804	0,006	1,227
6	AA 9535 AD	Dump Truck	6	4,356	0,113	0,199	4,667	7	0,930	0,009	1,393

Tabel 6.
Faktor Off Route Sopir di Kecamatan Kebumen

Nomor Kendaraan	Jenis Kendaraan	Volume Kontainer (m3)	Total Jam Kerja (jam)	Waktu Off Route (jam)	Faktor Off Route
AA 9585 AD	Arm Roll Truck	6	7	0,341	0,049
AA 9590 GD	Arm Roll Truck	6	7	1,229	0,176
AA 9558 D	Arm Roll Truck	6	7	1,362	0,195
Rata-Rata					0,140
AA 9590 JD	Dump Truck	6	7	0,915	0,131
AA 9557 AD	Dump Truck	8	7	0,809	0,116
AA 9535 AD	Dump Truck	6	7	0,940	0,134
Rata-Rata					0,127

Tabel 7.
Densitas Sampah di TPS

No.	Nama TPS	Densitas Sampah di Gerobak (kg/m ³)
1	TPS Adikarso	222,60
2	TPS PGSD	169,98
3	TPS Tumenggungan	216,41
4	TPS Selang (TPS 28)	192,72
5	TPS Jl. Tentara Pelajar (TPS 18)	189,75
6	Depo Transfer	200,30
Rata-Rata		198,63

Tabel 8.
Densitas Sampah Berdasarkan Jenis Kendaraan Pengangkut

Jenis Kendaraan	Kapasitas Kendaraan (m ³)	Densitas (kg/m ³)
Arm roll truck	6	231,18
Dump truck	6	380,80
	8	463,84
Rata-Rata		358,61

dikeluarkan Disperkimlh saat ini. Menurut literatur, optimasi pengangkutan dapat dilakukan dengan:

1. Memperkecil nilai W (faktor off route)
2. Memanfaatkan sisa waktu kerja
3. Memangkas jarak tempuh
4. Memangkas waktu di TPA
5. Memperpanjang jam operasional

Optimasi pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen hanya dapat dilakukan dengan memanfaatkan sisa waktu kerja dan memperkecil faktor off route kendaraan arm roll truck. Jarak tempuh tidak dapat dipangkas karena jarak pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen yang tidak terlalu jauh dan tidak adanya jalan tol membuat rute yang diambil sopir saat ini merupakan rute tercepat untuk sampai ke lokasi tujuan. Waktu unloading sampah di TPA juga relatif kecil sehingga tidak dapat dipersingkat. Selain itu, jam operasional juga tidak dapat diperpanjang. Kendaraan dump truck tidak dapat dilakukan optimasi karena dump truck membutuhkan waktu lebih untuk loading sampah. Waktu yang tersisa tidak memungkinkan kendaraan dump truck menambah ritasi pengangkutannya. Maka dari itu,

Tabel 9.
Faktor Off Route Sopir di Kecamatan Kebumen

Nomor Kendaraan	Jenis Kendaraan	Volume Kontainer (m ³)	Total Jam Kerja (jam)	Waktu Off Route (jam)	Faktor Off Route
AA 9585 AD	Arm Roll Truck	6	7	0,341	0,049
AA 9590 GD	Arm Roll Truck	6	7	1,229	0,176
AA 9558 D	Arm Roll Truck	6	7	1,362	0,195
Rata-Rata					0,140
AA 9590 JD	Dump Truck	6	7	0,915	0,131
AA 9557 AD	Dump Truck	8	7	0,809	0,116
AA 9535 AD	Dump Truck	6	7	0,940	0,134
Rata-Rata					0,127

Tabel 10.
Arm Roll Truck yang Tidak Digunakan setelah Optimasi

No	Nomor Kendaraan	Tahun Pengadaan	Kapasitas Kendaraan	Merek Truk
1	AA 9538 D	2009	6 m ³	Toyota
2	AA 9536 D	2008	6 m ³	Toyota
3	AA 9558 D	2006	6 m ³	Toyota

selama tidak ada modifikasi pada kendaraan dump truck maka pengangkutan hanya bisa dilakukan 1 rit/hari. Ritasi yang dapat ditambahkan pada setiap arm roll truck dapat dilihat pada Tabel 9. Penambahan jumlah ritasi guna untuk mengurangi sisa waktu kerja dapat dihitung dengan Persamaan (2)

$$Nd = \frac{[H(1-W)(t_1+t_2)]}{T_{HCS}} \quad (2)$$

Keterangan:

- Nd = jumlah trip, trip/hari
- H = waktu kerja perhari, jam
- t₁ = waktu dari garasi ke lokasi pertama
- t₂ = waktu dari lokasi terakhir ke garasi
- T_{HCS} = waktu pengangkutan per trip
- W = faktor off route

Agar tercapai optimasi jumlah ritasi setiap harinya,

Tabel 11.
Perbedaan Biaya Pengangkutan antara Kondisi Eksisting dengan Hasil Optimasi pada Setiap *Arm Roll Truck*

Jenis Kendaraan	Kapasitas Kendaraan (m3)	Biaya Operasional dan Pemeliharaan Pengangkutan Sampah Kondisi Eksisting			Biaya Operasional dan Pemeliharaan Pengangkutan Sampah Hasil Optimasi		
		(Rp/km)	(Rp/ton)	(Rp/hari)	(Rp/km)	(Rp/ton)	(Rp/hari)
<i>Arm Roll</i>	6	Rp 2.756	Rp 66.020	Rp 183.154	Rp 2.368	Rp 56.823	Rp 236.458

Tabel 12.
Perbedaan Biaya Pengangkutan antara Kondisi Eksisting dengan Hasil Optimasi di Kecamatan Kebumen

Jenis Kendaraan	Kapasitas Kendaraan (m3)	Kondisi Eksisting		Hasil Optimasi			
		Jumlah Kendaraan	Biaya Pengangkutan (Rp/hari)	Jumlah	Jumlah Kendaraan	Biaya Pengangkutan (Rp/hari)	Jumlah
<i>Arm Roll</i>	6	10	Rp 183.154	Rp 1.831.540	7	Rp 236.458	Rp 1.655.209

diasumsikan *faktor off route* yang digunakan dalam perhitungan yaitu 0,15. Rata-rata efisiensi jumlah ritasi yang dapat dilakukan oleh setiap *arm roll truck* di Kecamatan Kebumen yaitu 4 rit/hari, sedangkan jumlah ritasi eksisting hanya 2 rit/hari. Pada penelitian ini, dilakukan penambahan ritasi sebanyak 1 rit/hari sehingga ritasi hasil optimasi sebanyak 3 rit/hari. Pengaturan penambahan rute baru harus dibuat dengan memperhatikan pemerataan waktu kerja dan jarak tempuh. Adanya penambahan ritasi ini diharapkan dapat memperbaiki efektifitas pengangkutan dan pelayanan pengangkutan sampah juga semakin meningkat.

E. Biaya Operasional Kendaraan Pengangkut Kondisi Eksisting dan Hasil Optimasi

Penambahan jumlah ritasi menurunkan tingkat kebutuhan kendaraan pengangkut dari 10 kendaraan menjadi 7 kendaraan. Daftar kendaraan yang tidak digunakan setelah dilakukan optimasi dapat dilihat pada Tabel 10.

Kendaraan yang tidak digunakan setelah adanya optimasi merupakan kendaraan yang sudah memiliki umur teknis yang tua yakni antara 12-15 tahun. Menurut Permen PU No 3 Tahun 2013, bahwa umur teknis kendaraan pengangkut sampah adalah 5-7 tahun [9]. Kendaraan yang sudah tidak digunakan apabila dilakukan perawatan secara berkala dapat dimanfaatkan untuk melakukan pengangkutan sampah di kecamatan lain di Kabupaten Kebumen. Hal ini dikarenakan dari total 26 Kecamatan di Kabupaten Kebumen hanya terdapat 5 Kecamatan yang mendapat pelayanan pengangkutan sampah.

Perhitungan biaya hasil optimasi sama dengan perhitungan biaya kondisi eksisting, yang membedakan adalah jarak tempuh dan jumlah ritasi per hari. Rata-rata jarak tempuh kondisi eksisting 66,46 km/hari, sedangkan pada hasil optimasi 99,84 km/hari. Peningkatan ritasi meningkatkan biaya operasional dan pemeliharaan untuk setiap *arm roll truck* sebesar 12,70%. Pengurangan jumlah *arm roll truck* yang digunakan membuat biaya yang dikeluarkan setiap harinya menurun dari Rp 1.831.540,- menjadi Rp 1.655.209,- atau turun sebesar 5,06%. Perbedaan biaya pengangkutan antara kondisi eksisting dan hasil optimasi selengkapny dapat dilihat pada Tabel 11. dan Tabel 12.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen dilakukan menggunakan kendaraan *dump truck* dan *arm roll truck* dengan jumlah ritasi 1-2 rit/hari. Tingkat pelayanan

pengangkutan sampah di Kecamatan Kebumen sebesar 59,42%. Penambahan ritasi dilakukan pada kendaraan *arm roll truck* sehingga pengangkutan menjadi 3 rit/hari. Penambahan jumlah ritasi menurunkan tingkat kebutuhan kendaraan pengangkut dari 10 kendaraan menjadi 7 kendaraan. Penambahan ritasi meningkatkan biaya operasional dan pemeliharaan untuk setiap *arm roll truck* sebesar 12,70%. Pengurangan jumlah kendaraan pengangkut yang digunakan membuat biaya yang dikeluarkan setiap harinya menurun dari Rp 1.831.540,- menjadi Rp 1.655.209,- atau turun sebesar 5,06%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman dan Lingkungan Hidup (Disperkimh) Kabupaten Kebumen atas kerjasamanya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kebumen, Kecamatan Kebumen Dalam Angka 2020. Kebumen: Badan Pusat Statistik Kabupaten Kebumen, 2020. isbn : 2598-4721
- [2] O. O. Ayeleru, F. N. Okonta, and F. Ntuli, "Municipal solid waste generation and characterization in the City of Johannesburg: A pathway for the implementation of zero waste," *Waste Manag.*, vol. 79, pp. 87-97, 2018, doi: 10.1016/j.wasman.2018.07.026.
- [3] Menteri Permukiman Dan Prasarana Wilayah, Pedoman Penentuan Standar Pelayanan Minimal Bidang Penataan Ruang, Perumahan Dan Permukiman Dan Pekerjaan Umum (Keputusan Menteri Permukiman Dan Prasarana Wilayah No. 534/KPTS/M/2001). Jakarta: Kementerian Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2001.
- [4] A. Z. Alagöz and G. Kocasoş, "Improvement and modification of the routing system for the health-care waste collection and transportation in Istanbul," *Waste Manag.*, vol. 28, no. 8, pp. 1461-1471, 2008, doi: 10.1016/j.wasman.2007.08.024.
- [5] S. Das and B. K. Bhattacharyya, "Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes," *Waste Manag.*, vol. 43, pp. 9-18, 2015, doi: 10.1016/j.wasman.2015.06.033.
- [6] Andrik F. C. A, Kajian Pembiayaan Sampah dalam Mendukung Pengelolaan Sampah di Pasar Johar Kota Semarang. Semarang: Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Diponegoro., 2009.
- [7] G. Tchobanoglous, H. Theisen, and S. A. Vigil, *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles And Issues*. New York: McGraw-Hill, Inc, 1993. isbn : 0070632375
- [8] E. Damanhuri, "Permasalahan dan Alternatif Teknologi Pengelolaan Sampah Kota di Indonesia," in *Prosiding Seminar Teknologi untuk Negeri*, 2003, pp. 394-400.
- [9] Menteri Pekerjaan Umum, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013.