

Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 | ISSN (Online) 2597-5129 |



Artikel Penelitian

Perencanaan Sistem Pengangkutan Sampah Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang dengan Mengintegrasikan Analisis GIS dan Lalu Lintas

Indah Sekar Arumdani^{*}, Sri Sumiyati, Budi Prasetyo Samadikun

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 50275, Indonesia

*Koresponden: indahsekar21@gmail.com

Diterima: 23 Mei 2021

Diperbaiki: 15 Februari 2022

Disetujui: 9 Mei 2022

A B S T R A C T

Ngaliyan District, which is located in Semarang City, had a population of 162.622 in 2020, and its citizens multiply these couple of years. This rapid increase in population complies with waste production. However, the total amount of waste in 10 garbage dumps that go to the waste landfills is only 103,6 m³/day from the total amount of 270,98 m³/day. As a result, the percentage of waste transportation services in Ngaliyan District is only 32,8%. This phenomenon can occur because some garbage dumps have excessive generations. This study aims to plan an optimal waste transportation system so that costs incurred are more efficient. The condition of the road, traffic, and vehicle's speed of the waste transportation routes can influence the waste transportation time. Optimization method were using traffic counting and Network Analyst in GIS application. The lowest degree of road's saturation at 05.00 - 12.00, which was the optimal transportation time. The optimal vehicle speed was gained from the degree of saturation, which was 49.8 km/hour, so the number of trips increases to 22 rits/day, with 18 containers and an average remaining working time of 2.11 hours. The percentage of the services increased to 62%, and the waste that went to the waste landfills become 168 m³. Vehicle operating costs that were calculated using the PIC method increased to IDR 1,870,555,843.46/ year. However, there was a decrease in the retribution cost to IDR 18,794/ family/ month because of the growth in the number of people served.

Keywords: Optimization, waste transportation, GIS, traffic, vehicle operational cost

A B S T R A K

Kecamatan Ngaliyan yang terletak di Kota Semarang berpenduduk 162.622 jiwa pada tahun 2020, dan penduduknya berlipat ganda beberapa tahun ini. Pertambahan penduduk yang pesat ini sejalan dengan produksi sampah. Namun, total sampah di 10 TPA yang masuk ke TPA sampah hanya 103,6 m³/hari dari total 270,98 m³/hari. Akibatnya, persentase pelayanan pengangkutan sampah di Kecamatan Ngaliyan hanya 32,8%. Fenomena ini dapat terjadi karena beberapa tempat pembuangan sampah memiliki generasi yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sistem pengangkutan sampah yang optimal agar biaya yang dikeluarkan lebih efisien. Kondisi jalan, lalu lintas, dan kecepatan kendaraan pada jalur pengangkutan sampah dapat mempengaruhi waktu pengangkutan sampah. Metode optimasi menggunakan penghitungan trafik dan Network Analyst pada aplikasi GIS. Derajat kejenuhan jalan terendah pada pukul 05.00 - 12.00 merupakan waktu transportasi yang optimal. Kecepatan kendaraan optimal diperoleh dari derajat kejenuhan yaitu 49,8 km/jam, sehingga jumlah trip meningkat menjadi 22 rit/hari, dengan 18 peti kemas dan rata-rata sisa waktu kerja 2,11 jam. Persentase pelayanan meningkat menjadi 62%, dan sampah yang masuk ke TPA menjadi 168 m³. Biaya operasional kendaraan yang dihitung dengan metode PIC meningkat menjadi Rp 1.870.555.843,46/tahun. Namun terjadi penurunan biaya retribusi menjadi Rp 18.794/KK/bulan karena pertumbuhan jumlah masyarakat yang dilayani.

Kata Kunci: Optimalisasi, pengangkutan sampah, GIS, lalu lintas, biaya operasional kendaraan

1. PENDAHULUAN

Kecamatan Ngaliyan merupakan salah satu kecamatan yang memiliki jumlah penduduk terbanyak di Kota Semarang yaitu sejumlah 162.622 jiwa (Statistik,

2019). Penambahan jumlah penduduk selaras dengan produksi sampah yang terus meningkat namun jumlah sampah yang masuk dari 10 TPS ke TPA hanya 103,6 m³/hari dari total 270,98 m³/hari. Sehingga persentase

pelayanan pengangkutan sampah di Kecamatan Ngaliyan hanya sebesar 32,8%. Hal ini dapat terjadi karena beberapa TPS memiliki timbulan berlebih sehingga sampah tidak terangkut langsung TPA pada hari pengumpulan berlangsung. Diperlukan sistem pengelolaan sampah berupa pengelolaan dan pengangkutan yang baik serta efisien guna mengurangi biaya dan waktu yang dikeluarkan, serta meningkatkan pelayanan pengangkutan sampah. Biaya yang dikeluarkan untuk pengangkutan sampah relatif besar hingga mencapai 60% dari total biaya pengelolaan sampah (Triwibowo & Halimatussadiyah, 2015).

Pengemudi truk sampah di Kecamatan Ngaliyan tidak memiliki jam kerja dan rute pengangkutan yang tetap setiap harinya sehingga berpotensi menyebabkan perubahan ritasi. Beberapa TPS di Kecamatan Ngaliyan seperti pada TPS Ngaliyan dan Hamas memiliki timbulan sampah berlebih dan berceceran di sekitar TPS sehingga perlu dilakukan penambahan kontainer. Selain permasalahan yang telah disebutkan sebelumnya, menurut Koodinator Lapangan UPT IV Kecamatan Ngaliyan kemacetan arus lalu lintas seperti pada Jl. Siliwangi dan Jl. Abdul Rahman Saleh juga menjadi pertimbangan karena mempengaruhi waktu pengangkutan. Oleh karena itu perlu dipilih rute terpendek dan yang paling optimal dengan mempertimbangkan kondisi jalan. Selain itu, menurut Subandriyo, Marpaung, Ismiyati, and Kushardjoko (2014) pengeluaran biaya oleh dinas untuk operasional kendaraan pengangkut sampah dipengaruhi beberapa faktor seperti rute dan jalan yang dilalui dan waktu yang dihabiskan dalam 1 hari pengangkutan.

Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi biaya pengangkutan sampah yang dikeluarkan yaitu merancang model optimasi rute kendaraan pengangkut, menetapkan lokasi TPA dan peletakan tempat sampah yang tepat untuk meminimasi kendaraan yang digunakan, modifikasi jadwal pengangkutan, optimasi armada, penggabungan informasi terkait kondisi lalu lintas untuk menghindari kemacetan lalu lintas (Han & Ponce Cueto, 2015). Penelitian serupa telah dilakukan oleh Ningsih (2010) dengan variabel kondisi jalan yang dilalui berupa titik jenuh dan jenis jalan di Kota Semarang. Perhitungan biaya juga dilakukan dan tidak hanya BOK melainkan terdapat juga perhitungan biaya upah pekerja jika terjadi penambahan jam kerja. Metode Pasific Consultant International (PCI) yang menggunakan kecepatan sebagai variabel bebas dalam

perhitungannya digunakan dalam analisis biaya operasional persampahan (Burhamtoro, 2016).

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Khanza (2018) yang merencanakan optimasi pengangkutan sampah di Kecamatan Gayamsari menggunakan metode perhitungan waktu pengangkutan sampah dari jumlah ritasi hingga jumlah jam kerja pekerja dan mencari rute terbaik dengan routing rute eksisting menggunakan aplikasi GPS fitur mytracks dan membuat beberapa rute rekayasa yang lebih optimal. Namun perencanaan Khanza (2018) memiliki perbedaan dengan perencanaan sistem pengangkutan sampah yang akan dilakukan di Kecamatan Ngaliyan, karena tidak memperhatikan faktor eksternal berupa kondisi jalan dan lalu lintas jalur pengangkutan. Oleh karena itu dapat ditentukan tujuan perencanaan ini adalah mengkaji sistem pengangkutan sampah di Kecamatan Ngaliyan pada kondisi eksisting dengan memperhatikan kepadatan lalu lintas yang dilewati saat melakukan pengangkutan. Selain itu perencanaan ini memiliki tujuan akhir mendapatkan sistem pengangkutan sampah yang optimal sehingga biaya yang dikeluarkan lebih efisien.

2. METODOLOGI

Perencanaan dilaksanakan di Kecamatan Ngaliyan selama 4 bulan, dimulai pada tanggal 1 September 2020 dan berakhir pada tanggal 1 Januari 2021. Perencanaan memiliki tiga tahap. Pada tahap pertama yaitu mengumpulkan data dari kondisi eksisting sistem pengangkutan sampah dilakukan dengan pengamatan sampel dan routing atau mengikuti kendaraan pengangkut sampah berupa *arm roll truck* dan *dump truck*. Data sekunder berupa kondisi jalan dan lalu lintas diperoleh dari Dinas Perhubungan Kota Semarang (2020) dan Dinas Pekerjaan Umum Kota Semarang (2020).

Tahap kedua yaitu mengolah dan menganalisis data terdiri dari empat tahapan. Dimulai dengan pengumpulan dan evaluasi data eksisting sesuai kriteria yang diperlukan. Tahap kedua yaitu tabulasi data dengan menyajikan data yang telah dikaji dalam bentuk tabel agar lebih mudah dibaca. Tahap ketiga dengan membuat data kuantitatif menjadi bahasa pemrograman pada aplikasi GIS. Tahap terakhir yaitu membandingkan kondisi eksisting sistem pengangkutan sampah di Kecamatan Ngaliyan dengan model optimasi mengacu pada Kementerian

Pekerjaan Umum (2013) Permen PU Nomor 3 Tahun 2013.

Tahap ketiga yaitu optimasi dilakukan pada rute pengangkutan sampah, waktu pengangkutan, penambahan ritasi dan kontainer, serta analisis sisa waktu kerja. Optimasi rute, jarak dan waktu ini dilakukan dengan fitur Network Analyst pada aplikasi berbasis GIS software ArcMap 10.3.1 dengan mempertimbangkan Jarak tempuh dan titik kemacetan dari rute pengangkutan sampah. Setelah memperoleh rute pengangkutan sampah untuk setiap segmen waktu, selanjutnya dilakukan optimasi berdasarkan kombinasi segmen waktu yang telah ditentukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sistem Pengangkutan Sampah di Kecamatan Ngaliyan pada Kondisi Eksisting

Timbulan Sampah

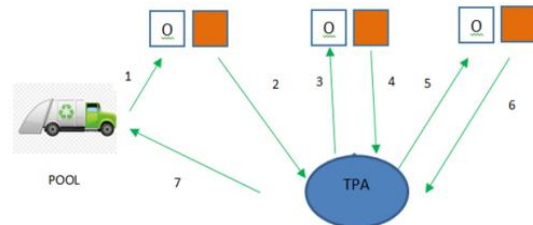
Volume sampah yang terdata selama 8 hari berturut – turut masuk ke TPA memiliki rata – rata sebanyak 103,6 m³/hari. Sedangkan setelah dihitung berdasarkan timbulan per kapita Kecamatan Ngaliyan menghasilkan sampah sebanyak 270,98 m³/hari. Sehingga dapat dihitung presentase timbulan sampahnya dalah 38,2% dari keseluruhan jumlah sampah yang dihasilkan. Persentase tersebut memenuhi target pelayanan pada tahun 2020 sesuai Pertamanan (2013) dalam Masterplan Persampahan Kota Semarang (2013) yaitu 26%. Namun, dilihat dari persentase tingkat pelayanan yang belum mencapai 100% menunjukkan masih terdapat kekurangan pada jumlah ritasi, jam kerja, dan kontainer sampah.

Pola Pengangkutan Sampah

Pola pengangkutan sampah di Kecamatan Ngaliyan menggunakan 2 pola yaitu HCS (Hauled Container System) dengan rute pengangkutan pool – TPS 1 – TPA - TPS 2 – TPA- pool. Kendaraan dari pool dengan mengangkut kontainer kosong menuju lokasi TPS 1, mengganti kontainer kosong dengan kontainer isi yang ada di TPS dan langsung mengangkut ke TPA. Kendaraan dengan membawa kontainer yang sudah dikosongkan di TPA menuju TPS selanjutnya untuk mengganti kembali kontainer isi dan langsung membuang ke TPA. Demikian seterusnya sampai rit atau TPS terakhir dan setelah semua TPS terlayani, kendaraan kembali ke pool dengan kontainer kosong seperti pada Gambar 1.

Pola kedua yaitu SCS (Stationary Container System) digunakan dengan rute pengangkutan pool – TPS –

TPS –TPA – pool. Kendaraan dari pool menyisir sampah – sampah yang diletakkan di pinggir jalan dan menuju TPS 1, sampah dituangkan ke dalam truk dump. Kendaraan menuju ke TPS 2 dan seterusnya sampai truk dump penuh, untuk kemudian langsung dibuang ke TPA. Demikian seterusnya sampai dengan TPS terakhir, kendaraan kembali ke pool dengan kontainer kosong. Pola SCS ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Pola Pengangkutan HCS Kecamatan Ngaliyan



Gambar 2. Pola Pengangkutan SCS Kecamatan Ngaliyan

Sarana dan Prasarana Pengangkutan Sampah

Kecamatan Ngaliyan memiliki 3 truk arm roll dan 1 truk dump yang melayani 10 TPS yang tersebar di 5 kelurahan. Dari 10 TPS terdapat 2 TPS yang memiliki 2 kontainer sehingga total kontainer di Kecamatan Ngaliyan adalah 12 kontainer. Lokasi start pengangkutan di mulai dari pool Kantor Kecamatan Ngaliyan dan pool barat yang terletak di UPT IV Kota Semarang.

3.1.4. Rute Pengangkutan Sampah

Kecamatan Ngaliyan memiliki 2 rute pengangkutan yaitu rute atas via Jl. Mochamad Ihsan dan rute bawah melalui Jl. Siliwangi. Dua rute ini akan bertemu pada Jl. Untung Suropati. Rute atas membutuhkan waktu yang lebih lama karena mengambil jalan memutar, sedangkan pada rute bawah terdapat jalan yang mengalami kemacetan di jam-jam tertentu yaitu pada Jl.Siliwangi dan Jl.Abdul Rahman Saleh. Rute atas dilalui oleh kendaraan pengangkut sampah dari Kelurahan Ngaliyan dan Wates, rute bawah dilalui oleh kendaraan pengangkut dari Kelurahan Purwoyoso dan Tambak Aji. Sedangkan kendaraan dari Kelurahan Wonosari melewati kedua rute tersebut. Jarak total pengangkutan untuk kendaraan arm roll adalah 255,92 km/hari dengan kecepatan

kendaraan 20,35 km/jam dan untuk dump truck 61,3 km/hari dengan kecepatan rata – rata 13,58 km/jam.

Tabel 1. Rute Utama Pengangkutan Sampah Kecamatan Ngaliyan

Dari Kelurahan	Rute
Ngaliyan	Jl Prof Dr Hamka - Jl. Mochamad Ihsan – Wonosari
Wates	Jl. RM. Hadi Soebono - Jl. Jatibarang Raya - Jl. Untung Suropati - Jl. TPA Jatibarang
Purwoyoso	Jl. Gatot Subroto - Jl. Siliwangi - Jl. Abdul Tambak Aji
Wonosari	Rahman Saleh - Jl. Untung Suropati - Jl. TPA Jatibarang

Waktu Operasional Pengangkutan Sampah

Kendaraan *arm roll* di Kecamatan Ngaliyan beroperasi rata – rata 3 ritasi/hari dengan total jam kerja 4,83 jam sehingga menyisakan waktu operasional sebesar 3,17 jam. Sedangkan kendaraan *dump truck* di Kecamatan Ngaliyan memiliki 2 ritasi/hari dengan total waktu dan sisa waktu kerja 4,57 jam dan 3,43 jam. Waktu operasional kedua kendaraan tergolong belum optimal karena masih memiliki sisa waktu kerja yang banyak dan masih dapat ditambah ritasi.

Tabel 2. Perhitungan Derajat Kejenuhan Jalan yang dilewati Kendaraan Pengangkut Kecamatan Ngaliyan

Jalan	Hari	Waktu	Kapasitas Dasar	Kapasitas Jalan	DS	LOS
Jl. Abdul Rahman Saleh	Kerja	Pagi	6000	4953,5	0,22	B
		Siang	6000	5137,3	0,27	B
		Sore	6000	5031,3	0,52	C
	Libur	Pagi	6000	5057,8	0,13	A
		Siang	6000	5137,3	0,20	A
		Sore	6000	5031,3	0,19	A
Jl. Siliwangi	Kerja	Pagi	9900	10531,6	0,75	D
		Siang	9900	10531,6	0,98	E
		Sore	9900	10531,6	1,01	F
	Libur	Pagi	9900	10531,6	0,64	C
		Siang	9900	10531,6	0,92	E
		Sore	9900	10692	0,94	E

3.2. Kondisi Eksisting Jalan dan Lalu Lintas yang Dilalui Kendaraan Pengangkut Sampah

Menurut Badan Standardisasi Nasional (2002) SNI 19-2454-2 saat beroperasi kendaraan pengangkut sampah dilarang menghambat kendaraan lain di jalan sehingga lebar minimal jalan yang dapat dilewati yaitu sekitar 4 m. Karena kendaraan pengangkut sampah di

Kecamatan Ngaliyan dengan merk hyno memiliki lebar 2m dan kendaraan lain dengan lebar rata-rata 1,6 m. Dari 34 jalan yang dilalui kendaraan pengangkut, terdapat 6 jalan yang belum sesuai yaitu Jl. Wismasari Raya, Jl. Wismasari Utara, Jl. Honggowongso, Jl. Alas, Jl. Dawuh, dan Jl. Cengkeh.

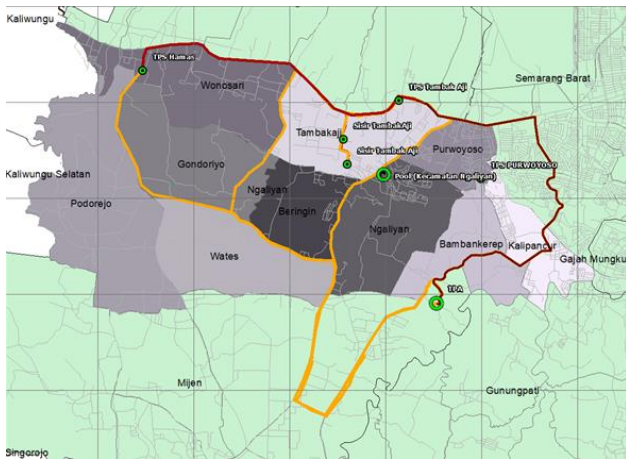
Kejenuhan jalan rute pengangkutan sampah di Kecamatan Ngaliyan diperoleh dari hasil observasi selama 4 hari routing dan hasil perhitungan dengan traffic counting menggunakan CCTV dari Dinas Perhubungan Kota Semarang. Perhitungan mengacu pada DPU (1997) dan dilakukan selama satu jam dengan sampel 20 menit serta pembagian segmen waktu menjadi pagi hari yaitu pukul 05.00-10.00, Siang hari yaitu pukul 10.00-15.00, dan sore hari pada pukul 15.00-18.00 di jalan yang terlihat memiliki titik kemacetan yaitu Jl. Siliwangi dan Jl. Abdul Rahman Saleh.

Apabila volume kendaraan yang melintas sudah diperoleh, dilanjutkan dengan perhitungan kejenuhan jalan dan nilai Level Of Service (LOS) dari jalan yang dilewati kendaraan pengangkut. Segmen waktu siang dan sore yaitu pukul 13.00 – 17.00 memperoleh rata-rata nilai LOS tertinggi. Sehingga kendaraan pengangkut disarankan melewati jalan tersebut pada pukul 05.00 – 12.00. Sedangkan kecepatan Kendaraan pengangkut yang optimal adalah 49,8 km/jam. Hasil perhitungan derajat kejenuhan di Jl. Siliwangi dan Jl. Abdul Rahman Saleh dapat dilihat pada Tabel 2.

3.3. Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah di Kecamatan Ngaliyan

Optimasi Rute Pengangkutan Sampah

Perubahan rute menyebabkan perubahan jarak tempuh dan waktu operasional yang mengacu pada kejenuhan jalan yang tetap memilih Jl. Siliwangi dan Abdul Rahman Saleh yang memiliki kejenuhan tinggi dikarenakan jalan alternatif untuk menghindari jalan dengan kejenuhan memiliki jarak yang lebih jauh dan membutuhkan waktu lebih banyak dari pada melewati jalan yang macet. Ritasi harus dimulai pada pukul 05.00-06.00 dan selesai pada sebelum pukul 12.00 untuk menghindari kemacetan di dua jalan tersebut. Jarak pengangkutan menjadi 246,74 km/hari dan 57,92 km/hari. Rute Optimasi dapat dilihat pada Gambar iii dengan jalur berwarna merah.



Gambar 3. Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kecamatan Ngaliyan

Optimasi Waktu Operasional Pengangkutan Sampah

Kemacetan dan kejenuhan jalan dapat dihindari pada rute pengangkutan dengan memilih waktu optimal melewati jalan tersebut pada pukul 05.00 – 12.00. Sehingga diperoleh rata-rata waktu pengangkutan/ritasi/hari sebesar 4,3 jam/hari dengan sisa waktu kerja 3,93 jam/hari untuk kendaraan *arm roll*. Sedangkan rata – rata waktu pengangkutan kendaraan dump truck adalah 4,13 jam/hari dan sisa waktu kerja 3,87 jam/hari. Sisa waktu kerja yang belum optimal masih memungkinkan untuk menambah jumlah ritasi dan kontainer.

Optimasi Sarana dan Prasarana Pengangkutan Sampah

Penambahan armada dan kontainer di sesuaikan dengan sisa waktu kerja dan jumlah ritasi per hari nya. Namun harus disesuaikan juga dengan TPS yang menampung timbulan sampah berlebih seperti TPS Ngaliyan dan luas TPS sehingga kontainer yang ditambahkan tidak menyulitkan keluar masuknya kendaraan pengangkut.

Pada optimasi pengangkutan sampah di Kecamatan Ngaliyan terdapat penambahan 1 armada *arm roll truck* dengan pertimbangan masih terdapat beberapa TPS yang membutuhkan penambahan kontainer seperti TPS Bonbin namun jumlah ritasi dan jam kerja pengemudi truk yang telah di optimasi sebelumnya sudah optimal sehingga membutuhkan pengemudi dan truk tambahan. Menurut Koordinator Lapangan UPT IV penambahan armada disesuaikan apabila terdapat penambahan 3-4 ritasi.

Berdasarkan perhitungan biaya operasional kendaraan, Kecamatan Ngaliyan membutuhkan biaya

yang lebih sedikit dari yang dianggarkan APBD Kecamatan tahun 2020 sehingga dapat dilakukan penambahan armada. Rincian penambahan kontainer pada tiap TPS di Kecamatan Ngaliyan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Penambahan Kontainer di TPS Kecamatan Ngaliyan

Nama TPS	Jumlah Kontainer	Jumlah Kontainer Optimasi
TPS Purwoyoso	2	4
TPS Ngaliyan	2	4
TPS Lapas Kedungpane	1	1
TPS Hamas	1	2
TPS Wonosari	1	1
TPS Bonbin	1	3
TPS Tambak Aji	1	2
TPS Pasar Ngaliyan	1	1
TOTAL	10	18

Optimasi Penambahan Ritasi

TPS yang memiliki timbulan sampah serta kontainer lebih dan kendaraan pengangkut yang belum mendapatkan ritasi diprioritaskan untuk memperoleh penambahan ritasi. Seperti yang telah disajikan pada Tabel iv. Sehingga diperoleh sisa waktu kerja pada Tabel 5 dengan rata-rata 2,11 jam/hari.

Tabel 4. Penambahan Ritasi pada TPS Terlayani

Nomor Polisi Truk	Jenis Truk	Nd (rit/hari)	TPS Terlayani
H 9546 RS	<i>Arm roll</i>	5	TPS Pasar Ngaliyan, TPS Tambak Aji, TPS Bonbin, TPS Hamas, TPS Purwoyoso
H 9551 VS	<i>Arm roll</i>	5	TPS Purwoyoso, TPS Ngaliyan
H 9549 SS	<i>Arm roll</i>	4	TPS Purwoyoso, TPS Ngaliyan, TPS Lapas, TPS Wonosari
H 9545 VS	<i>Dump</i>	4	Keliling Kecamatan Ngaliyan, TPS Hamas
	<i>Arm roll</i>	4	TPS Bonbin, TPS Tambak Aji, TPS Hamas

Tabel 5. Sisa Waktu Kerja Kendaraan Pengangkut Kecamatan Ngaliyan

Nopol	Eksisting				Optimasi			
	Nd	Istirahat	Total	Sisa	Nd	Istirahat	Total	Sisa
H 9546 RS	4	0,48	4,27	3,7	5	1	5,69	2,3
H 9551 VS	4	0,48	4,29	3,7	5	1	6,08	1,9
H 9549 SS	2	0,48	3,61	4,4	4	1	5,82	2,2

Nopol	Eksisting				Optimasi			
	Nd	Istirahat	Total	Sisa	Nd	Istirahat	Total	Sisa
H 9545 VS	2	0,38	4,13	3,8	4	1	5,81	2,2
Arm Roll	0	0	0	0	4	1	6,08	2,5
Rata-rata	3	0,45	4,08	3,9	5	1	6	2,1

Analisis Persentase Pelayanan Pengangkutan

Optimasi penambahan ritasi dan kontainer berdampak pada peningkatan jumlah penduduk terlayani menjadi sebanyak 58.340 jiwa. Sampah yang masuk ke TPA dari TPS mengalami peningkatan menjadi 168 m³/hari dari persentase 38% menjadi 62%.

Biaya Operasional Kendaraan

Biaya operasional kendaraan (BOK) kan dipengaruhi oleh jarak tempuh, penambahan armada, kontainer, dan ritasi. BOK yang dihitung menggunakan rumus PCI terdiri dari biaya untuk bahan bakar, upah pekerja, biaya pembelian ban, asuransi, dan lain - lain. Sehingga diperoleh perbandingan BOK di eksisting dan BOK hasil optimasi seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Selisih BOK di Kecamatan Ngaliyan

Subjek Tahun	Eksisting 2020	Optimasi 2020
Penduduk Terlayani	30.855 Jiwa	58.340 Jiwa
Kepala Keluarga Terlayani	6.171 KK	11.668 KK
Total Anggaran Biaya	Rp902.034.285	Rp1.870.555.843
Persentase Biaya Retribusi	16%	16%
Biaya Retribusi	Rp 144.325.486	Rp 219.288.935
Biaya Retribusi / KK/ Bulan	Rp 1.949	Rp 1.566

3.4. Standar Operasional Prosedur, Jadwal Pengangkutan, Sistem Pelaporan dengan QR- Code

SOP berhubungan dengan urutan langkah – langkah suatu pekerjaan meliputi bagaimana melakukannya, lokasi, dan subjek yang melakukannya (Moekijat, 2008). Tujuan SOP pengangkutan sampah dibuat adalah agar petugas pengangkut sampah dapat melaksanakan operasional pengangkutan sampah sesuai SOP sehingga dapat berjalan lancar dan waktu pengangkutan lebih optimal. SOP yang dibuat bersifat umum dan diperuntukkan bagi petugas kendaraan *arm roll truck* maupun *dump truck*.

Jadwal pengangkutan dibuat agar petugas pengangkut sampah di Kecamatan Ngaliyan dapat tertib dan memiliki waktu memulai ritasi yang tetap setiap harinya. Ritasi yang optimal dimulai pada jam 05.00 pagi dan berakhir pada jam 10.00-11.30 untuk menghindari kepadatan lalu lintas. Supir truk memiliki waktu istirahat selama 1 jam/hari agar tidak melakukan 4-5 ritasi sekaligus.

Jadwal pengangkutan juga terdiri dari kolom kelengkapan K3 sebagai pengingat petugas pengangkut untuk selalu menerapkan prosedur kesehatan dan keselamatan selama bekerja. APD yang harus digunakan baik oleh supir truk maupun crew dump truck berupa sepatu, masker, pelindung kepala, sarung tangan, dan seragam.

QR-Code merupakan bagian dari tipe kode bar yang dapat terbaca dengan scan menggunakan kamera handphone (Rouillard, 2008). Ciri khasnya berbentuk persegi putih kecil dengan bentuk geometris hitam. Waktu pelaporan di pos penimbangan TPA dapat diminimalisir dengan pemasangan QR-Code pada body truk. QR-Code tersebut berisi informasi berupa nama kecamatan, nomor polisi truk, nama supir truk, dan jenis truk. Petugas di pos penimbangan dapat melakukan scan QR-Code yang sudah di tempel pada body truk menggunakan kamera handphone android maupun IOS di aplikasi QR-Code reader sehingga informasi mengenai truk dapat langsung terbaca dan supir tidak perlu keluar dari truk dan dapat menghemat waktu.

4. KESIMPULAN

Kondisi eksisting sistem pengangkutan sampah di Kecamatan Ngaliyan belum optimal, karena jam kerja yang belum efisien dan masih dapat ditambah ritasi dengan mempertimbangkan kondisi lalu lintas. Kondisi jalan dan lalu lintas yang dilewati truk pengangkut sampah pada kondisi eksisting memiliki kejenuhan tinggi yaitu Jl. Siliwangi dan Jl. Abdul Rahman Saleh. Sehingga diperoleh waktu optimum untuk melewati kedua jalan tersebut pada pukul 05.00-12.00 untuk menghindari jam puncak kemacetan pada pukul 13.00-17.00 dengan kecepatan tempuh kendaraan 49,81 km/jam.

Pengoptimasian rute diikuti perubahan waktu operasional pengangkutan menjadi lebih efisien dengan pengoptimalan sisa jam kerja menjadi 2,11 jam/hari karena penambahan ritasi. Penambahan 10

ritasi/hari sehingga menjadi 22 ritasi/hari dan penambahan 1 armada *arm roll truck* serta kontainer yang semula 10 kontainer menjadi 18 kontainer. Sehingga memperoleh persentase pelayanan pengangkutan sampah dari TPS ke TPA sebesar 62% pada tahun 2020. Biaya operasional kendaraan yang dikeluarkan menjadi lebih efisien meskipun lebih besar dari kondisi eksisting karena penambahan kontainer dan armada yaitu sebesar Rp1.870.555.843. Kecamatan Ngaliyan perlu memiliki jadwal pengangkutan harian dilengkapi dengan prosedur K3 dan SOP agar petugas pengangkut lebih tertib dan menghindari kecelakaan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Burhamtoro, B. (2016). Biaya Angkut Stationary Container System (SCS) pada pengangkutan sampah *SENTIA 2016*, 8(2).
- Dinas Pekerjaan Umum Kota Semarang. (2020). *Laporan Akhir Program Perencanaan dan Pengembangan Infrastruktur Kegiatan Survey dan Pengukuran Paket Pekerjaan Belanja Jasa Kerjasama Konsultan. Pihak Ketiga Lainnya (Survey MCO Jalan Wilayah Selatan) Tahun Anggaran 2020*. Retrieved from Semarang:
- Dinas Perhubungan Kota Semarang. (2020). Volume Kendaraan (Data CCTV). Retrieved from Semarang.
- Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), (1997). Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta.
- Han, H., & Ponce Cueto, E. (2015). Waste collection vehicle routing problem: literature review. *PROMET-Traffic&Transportation*, 27(4), 345-358.
- Khanza, F. R. (2018). *Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Kecamatan Gayamsari Ke TPA Jatibarang Kota Semarang*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Moekijat, M. (2008). Manajemen Kepegawaian Dan Hubungan Dalam Perusahaan. *Bandung: Alumni*.
- Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan (SNI 19-2454-2002), (2002).
- Ningsih, D. H. U. (2010). Analisa Optimasi Jaringan Jalan Berdasar Kepadatan Lalulintas di Wilayah Semarang dengan Berbantuan Sistem Informasi Geografi. *Dinamik*, 15(2).
- Pertamanan, D. K. d. (2013). *Masterplan Persampahan Kota Semarang*. Retrieved from Semarang:
- Rouillard, J. (2008). *Contextual QR codes*. Paper presented at the 2008 The Third International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology (iccg 2008).
- Statistik, B. P. (2019). *Kecamatan Ngaliyan dalam Angka 2019*. Retrieved from Semarang:
- Subandriyo, E., Marpaung, R. R., Ismiyati, I., & Kushardjoko, W. (2014). Analisis Perbandingan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Jalan Lingkar Ambarawa dan Jalan Eksisting. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3(2), 356-366.
- Triwibowo, D., & Halimatussadiyah, A. (2015). Aplikasi Model Optimasi untuk Meningkatkan Efisiensi Pengangkutan Sampah di Kota Cilegon. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 16(1), 59-80.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 03 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga, (2013).