

PENGUNAAN SIG UNTUK OPTIMASI POLA PENGUMPULAN DAN PENGANGKUTAN SAMPAH DARI TEMPAT PEMBUANGAN SEMENTARA (TPS) KE TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA)

Yuli Pratiwi¹, Paramita Dwi Sukmawati², Dede Ramdhan Andriana³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains & Teknologi
AKPRIND Yogyakarta
Alamat email: yuli_pratiwi@akprind.ac.id

Masuk: 17 Januari 2021, Revisi masuk: 23 Februari 2021, Diterima: 3 Agustus 2021

ABSTRACT

Garbage transportation aims to carry waste from the transfer location or from the waste source directly to the Final Disposal Site (TPA). This study aims to 1) know the distribution of Temporary Disposal Sites (TPS) in 5 sub districts located in Karawang Regency, 2) know the existing route of garbage transportation in Karawang Regency with the help of Geographic Information System (SIG), 3) analyze and evaluate the effectiveness and efficiency of existing waste transportation routes in Karawang Regency and 4) calculate the level of needs of waste transportation vehicles needed in Karawang Regency.

The research was conducted in West Karawang District, East Karawang, West Telukjambe, East Telukjambe and Klari in Karawang Regency in January – February 2020. To optimize the pattern of garbage collection and transportation using Geographic Information System (GIS) with network analyst method. This method determines the optimal route so that it can be effective and efficient in the waste transport system. The data used are poll location, TPS and TPA, number of TPS, time and distance traveled, existing transportation route, distance between pool and TPS-TPS and distance between TPS-TPA, number of vehicles.

The results of the study on 5 sub districts in Karawang district of garbage transportation vehicles that operate as many as 38 units and 111 TPS. The existing garbage transport line, the average distance is 91.08 km and the travel time is 3.63 hours while the garbage transportation line that has been analyzed obtained an average distance of 43.94 km and a travel time of 2.32 hours. So it has a distance difference of 53.94 km and a travel time of 1.31 hours on 38 garbage transportation. Estimated waste generated 1,532,234 m³/day Currently the number of vehicles in the pool is as many as 38 units. The cost of vehicle fuel consumption on existing routes amounted to Rp. 4,133,735 per day after analysis to Rp. 2,633,879 per day, so the decrease of Rp. 1,479,856 per day means it can save operational costs of garbage transportation.

Keywords: GIS, network analyst, optimization, transportation routes, waste,

INTISARI

Transportasi sampah bertujuan membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Penelitian ini bertujuan untuk 1)mengetahui sebaran Tempat Pembuangan Sementara (TPS) pada 5 Kecamatan yang terdapat di Kabupaten Karawang, 2)mengetahui jalur eksisting pengangkutan sampah di Kabupaten Karawang dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG), 3)menganalisis dan mengevaluasi efektivitas dan efisiensi rute pengangkutan sampah yang ada saat ini di Kabupaten Karawang dan 4)menghitung tingkat kebutuhan kendaraan pengangkutan sampah yang dibutuhkan di Kabupaten Karawang.

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Karawang Barat, Karawang Timur, Telukjambe Barat, Telukjambe Timur dan Klari di Kabupaten Karawang pada bulan Januari – Februari 2020. Untuk melakukan optimasi pola pengumpulan dan pengangkutan sampah menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode *Network Analyst*. Metode ini menentukan rute yang optimal sehingga dapat efektif dan efisien dalam sistem pengangkutan sampah. Data yang digunakan adalah lokasi *poll*, TPS dan TPA, jumlah TPS, waktu dan jarak perjalanan yang ditempuh, rute angkutan eksisting, jarak antara *pool* dengan TPS-TPS dan jarak antara

TPS-TPA, jumlah kendaraan. Garbage transportation vehicles needed as many as 128 units which means that additional vehicles need as many as 90 units.

Hasil penelitian pada 5 Kecamatan di Kabupaten Karawang kendaraan pengangkutan sampah yang beroperasi sebanyak 38 unit dan 111 TPS. Jalur eksisting pengangkutan sampah, rata-rata jaraknya 91,08 km dan waktu tempuh 3,63 jam sedangkan jalur pengangkutan sampah yang sudah dianalisis didapatkan jarak rata-rata 43,94 km dan waktu tempuh 2,32 jam. Jadi mempunyai selisih jarak 53,94 km dan waktu tempuh 1,31 jam pada 38 pengangkutan sampah. Estimasi timbulan sampah yang dihasilkan 1.532,234 m³/hari. Pada saat ini jumlah kendaraan yang terdapat di *pool* sebanyak 38 unit. Kendaraan pengangkutan sampah yang dibutuhkan sebanyak 128 unit yang artinya perlu tambahan kendaraan sebanyak 90 unit. Biaya konsumsi bahan bakar kendaraan pada rute eksisting sebesar Rp. 4.133.735 per hari sedangkan sesudah dilakukan analisis menjadi Rp. 2.633.879 per hari, jadi penurunan sebanyak Rp. 1.479.856 per hari berarti bisa menghemat biaya operasional pengangkutan sampah.

Kata-kata kunci: network analysis, optimasi, rute pengangkutan, sampah, SIG Sementara (TPS) yang terdapat pada 5 Kecamatan di Kabupaten Karawang?,

PENDAHULUAN

Kabupaten Karawang merupakan salah satu kota yang mengalami permasalahan di bidang pengelolaan persampahan, khususnya pada sistem pengangkutan sampah. Pada 5 Kecamatan yang terdapat di Kabupaten Karawang yaitu Kecamatan Karawang Barat, Karawang Timur, Telukjambe Barat, Telukjambe Timur dan Klari memiliki luas wilayah 270,19 km² dengan jumlah penduduk 557,176 jiwa (*Badan Pusat Statistik 2019*). Pada 5 Kecamatan ini merupakan sentral industri yang mengalami perkembangan semakin pesat sehingga akan menyebabkan kenaikan jumlah penduduk. Dengan pertambahan jumlah penduduk akan mengakibatkan timbulan sampah semakin meningkat.

Dengan menggunakan metode Sistem Informasi Geografis (SIG) diharapkan dapat mencari jalur optimum atau jalur tercepat kendaraan dalam pengangkutan sampah dengan parameter jarak dan waktu tempuh pengangkutan serta dapat menentukan rute pembagian kendaraan pengangkut sampah yang efektif dan efisien sehingga dapat mengurangi dan meminimalkan timbulan sampah yang terdapat di Tempat Pembuangan Sementara (TPS).

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dipaparkan, maka permasalahan yang dapat dirumuskan yaitu, Berapa jumlah Tempat Pembuangan

Bagaimana proses pengangkutan sampah pada wilayah pelayanan di Kabupaten Karawang?, Bagaimana jalur eksisting yang diterapkan dalam pengangkutan sampah yang terdapat pada setiap wilayah pelayanan yang ada di Kabupaten Karawang?, dan Berapa tingkat kebutuhan kendaraan pengangkutan sampah yang dibutuhkan pada 5 Kecamatan di Kabupaten Karawang?.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran Tempat Pembuangan Sementara (TPS) pada 5 Kecamatan yang terdapat di Kabupaten Karawang, mengetahui jalur eksisting pengangkutan sampah di Kabupaten Karawang dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG), menganalisis dan mengevaluasi efektivitas dan efisiensi rute pengangkutan sampah yang terdapat pada 5 Kecamatan di Kabupaten Karawang dan menghitung tingkat kebutuhan kendaraan pengangkutan sampah yang dibutuhkan pada 5 Kecamatan di Kabupaten Karawang.

Menurut Sejati (2009), Sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dan merupakan hasil aktivitas manusia maupun alam yang sudah tidak dapat digunakan lagi karena sudah diambil unsur atau fungsi utamanya.

Estimasi timbulan sampah merupakan dasar dari perencanaan, perancangan, dan pengkajian sistem pengelolaan sampah. Berikut adalah perhitungan estimasi timbulan sampah. Menurut SNI 19-3983-1995, bila pengamatan lapangan belum tersedia, maka untuk menghitung

besaran sistem dapat digunakan angka timbulan sampah sebagai berikut:

Estimasi Timbulan Sampah

$$Vs = Po \times v$$

Keterangan:

Po: Jumlah penduduk

V : Rata – rata volume sampah yang dihasilkan

Tabel 1. Timbulan sampah berdasarkan klasifikasi kota

No	Klasifikasi Kota	Volume (L/Orang/Hari)	Berat (Kg/Orang/Hari)
1	Kota besar (500.000-1.000.000 jiwa)	2,75-3,25	0,70-0,80
2	Kota sedang (100.000-500.000 jiwa)	2,75-3,25	0,70-0,80
3	Kota kecil (20.000-100.000 jiwa)	2,50-2,75	0,625-0,70

(Sumber: SNI 19-3983-1995)

Menurut Arinal Haq dkk (2013), Pengangkutan sampah adalah sub- sistem yang bertujuan membawa sampah dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) atau dari sumber sampah secara langsung menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Tujuan pengangkutan sampah adalah menjauhkan sampah dari perkotaan ke TPA yang terdapat jauh dari kawasan perkotaan dan pemukiman.

Menurut Angreliany (2014), Perencanaan dan perhitungan jumlah kebutuhan trip/hari kendaraan pengangkutan sampah menggunakan sistem SCS digunakan persamaan berikut :

1. Menghitung jumlah *trip* kendaraan per hari dengan pola sistem SCS adalah sebagai berikut:

$$TSCS = PSCS + x + S$$

$$Nd = \{H(1 - W) - (t2 + t1)\} / TSCS$$

Keterangan:

Nd: Jumlah *trip*/hari

H : Waktu kerja per hari = 6 jam

t1 : Waktu *pool* ke lokasi TPS pertama

t2 : Waktu kendaraan pengangkut dari TPA/ lokasi terakhir kembali ke *pool*

x : Waktu tempuh rata-rata TPS- TPA

S : Waktu rata-rata pembongkaran di TPA

W : *off route factor*

Menurut Angreliany (2014), Perhitungan waktu *off rute* pengangkutan sampah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan waktu *off route* (W) pada kendaraan pengangkut

No	Uraian Kegiatan	Menit	jam
1	Persiapan, <i>checking</i> rutin kendaraan	12	0,2
2	Sarapan pagi	12	0,2
3	Pencucian bak sebelum kembali lagi ke <i>pool</i>	11	0,18
4	Pengisian BBM	6	0,1
5	Ganti ban bocor	15	0,25
Jumlah			0,93
Rasio			0,93/6=0,15

2. Menghitung jumlah *trip* kendaraan per hari dengan pola sistem kontainer angkat HCS digunakan persamaan- persamaan sebagai berikut:

$$P_{hcs} = pc + uc +$$

$$dbc \quad T_{hcs} = P$$

$$hcs + h + S$$

$$Nd = \{H(1-W) - (t2+t1)\} / Thcs$$

Keterangan:

H : Waktu dari TPS ke TPA ke

kontainer berikutnya

t1 : Waktu tempuh dari *pool* ke

kontainer

t2 : Waktu dari TPS ke lokasi terakhir

kembali ke *pool*

pc: Waktu mengambil kontainer

(jam/menit)

uc: Waktu meletakkan kontainer

(jam/menit)

dbc:Waktu antar kontainer

(jam/menit)

S : Waktu menunggu dan

membongkar di TPA (jam)

Menurut Pramatha, (2013), perhitungan jumlah truk yang dibutuhkan untuk sistem SCS dan HCS yaitu:

1. menentukan jumlah trip/hari:

Jumlah *trip*/hari = Timbulan sampah yang dihasilkan (m^3)/hari/kapasitas truk (m^3).

2. Kebutuhan truk untuk melakukan

trip/hari

Menurut Susanta Nugraha (2013), Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) adalah sebuah sistem yang didesain untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisa, mengatur dan menampilkan seluruh jenis data geografis.

Network Analyst (NA) secara umum adalah pemodelan transportasi untuk melihat hubungan antar objek yang dihubungkan oleh jaringan transportasi. *Network analyst* menyediakan analisis spasial berbasis jaringan, seperti *routing*, rute armada, arah perjalanan, fasilitas terdekat, area layanan, dan dari satu lokasi ke lokasi lainnya (Ristandi, 2004).

Menurut Ofyar (2000), Proses pemilihan rute bertujuan untuk memodelkan pergerakan dalam memilih rute yang terbaik. Dengan mengasumsikan bahwa setiap pengendara memilih rute yang meminimumkan biaya perjalanan (bisa juga meminimumkan jarak dan waktu tempuh), maka adanya penggunaan ruas yang lain disebabkan persepsi biaya untuk menghindari kemacetan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif dengan cara mengikuti kendaraan pengangkutan sampah mulai dari *pool* kendaraan menuju ke masing-masing lokasi tiap TPS hingga menuju ke TPA dan dilakukan identifikasi lokasi dengan alat *Avenza Maps*.

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Karawang Barat, Karawang Timur, Telukjambe Barat, Telukjambe Timur dan Klari di Kabupaten Karawang pada bulan Januari – Februari 2020.

Pengumpulan data primer antara lain: 1) lokasi *pool*, TPS dan TPA, 2) waktu perjalanan yang ditempuh, 3) jarak lokasi yang ditempuh, 4) jumlah TPS, 5) kapasitas atau tipe TPS, 6) jumlah kendaraan dan kapasitas angkut kendaraan, 7) waktu operasional pengangkutan sampah, 8) pengumpulan data dengan metode wawancara pihak terkait dalam kegiatan pengelolaan sampah seperti staff, pengawas, supir, dan pekerja dengan proses tanya-jawab dalam penelitian yang berlangsung secara lisan untuk mendapatkan informasi atau keterangan yang berkaitan dengan pola pengumpulan dan pengangkutan sampah.

Adapun data sekunder yang digunakan pengumpulan melalui dokumen dan catatan terkait untuk memenuhi kebutuhan dalam penelitian pada Tabel 3.

Tabel 3. Data penelitian dan sumber data yang digunakan

No	Data	Sumber Data
1	Jumlah penduduk	Badan Statistik Kabupaten Karawang
2	Data timbulan sampah yang terdapat di Kabupaten Karawang	Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Karawang
3	Data jumlah kendaraan dan jenis pengangkut sampah	
4	Data lokasi <i>pool</i> truk, TPS dan TPA	
5	Jumlah personil dan pengendalian pelaksanaan (pengawasan)	
6	Peta batas administrasi	Dinas Pekerjaan Umum/Bappeda Kabupaten Karawang
7	Peta jaringan jalan	

Data *input* yang diperlukan untuk mengoptimasi rute pengangkutan berupa *length* (panjang jalan) adalah peta jaringan jalan dan batas administrasi, *Input* selanjutnya menentukan titik koordinat atau *stop* yaitu seperti *pool* kendaraan, TPS-TPS yang dilayani dan TPA, Stop 1 berarti *pool* kendaraan dimana truk mulai berangkat dan stop terakhir TPA. Kemudian dilakukan *running* ekstensi pada *Network Analyst* untuk menentukan jalur pengangkutan sampah.

PEMBAHASAN

Luas wilayah Kabupaten Karawang sebesar 1.753,27 km² atau 3,73% dari luas Provinsi Jawa Barat. Kabupaten Karawang merupakan salah satu daerah yang memiliki lahan subur di Jawa Barat, sehingga sebagian besar lahannya digunakan untuk pertanian. Kabupaten Karawang secara administratif terdiri dari 30 kecamatan, 297 desa dan 12 kelurahan. Berdasarkan data pada 5 kecamatan dalam angka 2018 di Kabupaten Karawang memiliki jumlah penduduk sebanyak 557.176 jiwa dan kepadatan penduduk sebesar 757.393 km². Banyaknya jumlah penduduk pada tahun 2018 yaitu luas wilayah, penduduk dan kepadatan penduduk pada 5 Kecamatan pada tahun 2018 masing-masing tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4. Luas wilayah, jumlah penduduk, dan kepadatan penduduk menurut 5 Kecamatan pada tahun 2018

No	Kecamatan	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah Penduduk (km ²)	Kepadatan Penduduk per km ²
1	Karawang Barat	33.68	140,171	4,162
2	Karawang Timur	73.65	108.589	1,474
3	Telukjambe Barat	73.36	54.549	744
4	Telukjambe Timur	40.13	112.023	2,792
5	Klari	49.37	141.844	2,873

(Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Karawang, 2019)

Pengangkutan sampah tersebut dilakukan setiap hari oleh Dinas Cipta Karya dan Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Karawang. Armada pengangkutan sampah dioperasikan setiap pagi hari mulai pukul 05.00 WIB. Pada pengangkutan sampah yang diterapkan di wilayah Kabupaten Karawang yang terdiri dari seratus sebelas (111) TPS yang tersebar di 5 kecamatan. Setiap kendaraan pengangkutan sampah terdapat 1 supir kendaraan dan 3 petugas pengangkutan sampah yang mengangkut sampah setiap hari. Pada pengangkutan sampah menuju ke TPA dilakukan pergantian supir kendaraan dan keberangkatan kendaraan dilakukan pada jam 01.00 WIB.

Berdasarkan jumlah penduduk pada 5 kecamatan di Kabupaten Karawang pada tahun 2018 adalah sebesar 557,176 jiwa (Sumber:Badan Pusat Statistik 2019). Menurut SNI 19-3983-1995 bila pengamatan lapangan belum tersedia, maka untuk menghitung besaran sistem dapat digunakan angka timbulan sampah sebagai berikut:

Estimasi Timbulan Sampah:

$$Vs = Po \times v$$

Keterangan:

Po: jumlah penduduk pada 5 Kecamatan di Kabupaten Karawang

v : rata – rata volume sampah yang dihasilkan

Berdasarkan SNI 19-3983-1995 diatas 5 kecamatan di Kabupaten Karawang termasuk dalam kategori kota sedang/besar yaitu 2,75 L/Orang/Hari. Maka volume sampah yang dihasilkan:

$$\begin{aligned} Vs &= Po \times v \\ &= 557.176 \text{ jiwa} \times 2,75 \text{ L/Orang/Hari}/1000 \\ &= 1.532,234 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Sarana pengangkutan yang dimiliki oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Karawang pada 5 Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah sarana pengangkutan sampah pada 5 kecamatan

Alat Pengangkutan Sampah	Jumlah Unit	Kapasitas (m ³)	Kondisi (unit)	
			Baik	Rusak
Dump truck	21	6	21	0
Arm rool truck	14	6	14	0
Compactor	3	6	3	0
Jumlah	38		38	

(Sumber: DLHK,2018)

Sarana Tempat Pembuangan Sementara yang terdapat pada Kecamatan Karawang Barat, Karawang Timur, Telukjambe Barat, Telukjambe Timur, dan Klari dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jumlah TPS yang dilayani oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Karawang

Kecamatan	Jumlah TPS	Jumlah Petugas Pengambil Sampah
Karawang Barat	37	4
Karawang Timur	35	4
Telukjambe Barat	2	4
Telukjambe Timur	34	4
Klari	3	4

(Sumber: DLHK,2018)

Perencanaan rute optimal ini didapatkan dari pendataan jalan yang dilalui pada proses pengangkutan menuju masing-masing TPS dengan tujuan akhir menuju TPA. Proses pencarian TPS terdekat dari *pool truck* sebagai *starting point* untuk mendapatkan rute terpendek merupakan langkah pertama untuk melakukan analisis pada titik dan rute pengangkutan sampah. Tabel 7 menunjukkan perbedaan rute eksisting dan rute alternatif yang didapatkan setelah dianalisa dengan *Network Analytst*.

Tabel 7. Perbandingan rute eksisting dan rute alternatif

No	Kendaraan	Rute Eksisting	Rute Alternatif
1	Tarmin Miharja Dump truck-T8801F	Pool-TPS Jl. Kartasumi-TPS Jl. Niaga-TPS Anjun-TPS RS. Bayukarta-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS RS. Bayukarta-TPS Jalan Niaga-TPS Anjun-TPS Jl. Kartasumi-TPA-Pool
2	Aji Sarmaji Dump truck-T8137D	Pool-TPS Pasar baru Karawang-Pool-TPA-Pool	Pool-Pasar Baru Karawang-TPA-Pool
3	Onem S Dump truck- T8633F	Pool-TPS Mega M-TPS Jalan Aster Guro-TPS Perum Karangawitan-TPS Perumahan Karang Indah-TPS SMEA 2-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Perum Karangawitan-TPS SMEA 2-TPS Jalan Aster Guro-TPS Mega M-TPA-Pool
4	Andri Dump truck- T8808F	Pool-TPS Jl. Dewi Sartika-TPS Jl. Niaga-RS. Dewi Sri- Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Jl. Dewi Sartika-TPS Jl. Niaga-TPS RS. Dewi Sri-TPA-Pool
5	Didi Dump truck- T8737F	Pool-TPS Passeur Jaya-TPS Bintang Alam-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Passeur Jaya-TPS Bintang Alam-TPA-Pool
6	Namin S Dump truck- T8642F	Pool-TPS Sadana Golf - TPS Puri KIIC-TPS Hotel Delonix-TPS RS. Islam-TPS Fjyover-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS RS. Islam-TPS Fjyover-TPS Puri KIIC-TPS Sadana Golf-TPS Hotel Delonix-TPA-Pool
7	Abas Dump truck- B9283WQ	Pool-TPS Jl. Karaba-TPS Jl. Interchange-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Jl. Interchange-TPS Jl. Karaba-TPS Internasional Karawang Barat-TPA-Pool
8	Parmin S Dump truck- E9335XX	Pool-TPS Perampatan Pasar Cidomba (Telukjambe)-TPS Puri Pinyungan-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Perampatan pasar Cidomba-TPS Puri Pinyungan-TPA-Pool
9	Surdja W Dump truck-T8804F	Pool-TPS BMJ-TPS PDAM-TPS RM. Mangkabay-TPS RM. Bu Cuzu-TPS Jl. Syekh Quro - TPS Jl. Rawabagus-TPS Perumahan Johar Indah Pool-TPA-Pool	Pool-TPS BMJ-TPS PDAM-TPS Jl. Syekh Quro-TPS Perum Johar Indah-TPS Jl. Rawabagus-TPS RM. Mangkabay-TPS RM. Bu Cuzu-TPA-Pool
10	Deni P Dump truck-T8720E	Pool-TPS Perumahan Perumnas-TPS Kampung Budaya-TPS Depan Rumah Sakiti	Pool-TPS Depan RS. Mitra-TPS Kampung Budaya-TPS Perumahan Perumnas Adlarsa-
11	Adim S Compactor-T8761F	Pool-TPS Gempol-TPS Tanjung Mekar-TPS Fiy Over-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Fjyover-TPS Tanjung Mekar-TPS Gempol 2-TPS Gempol 1-TPA-Pool
12	Dedi Karnadi Compactor-T8762F	Pool-TPS Purwadana (Gempol)-Pool-TPA-Pool (ritasi 1) Pool-TPS RS. Mandaya-TPS Ulekan-Pool-TPA Jalupang-Pool (ritasi 2)	Pool-TPS Purwadana-Gempol (ritasi 1)-TPA-Pool Pool-TPS RS. Mandaya-TPS Ulekan-TPA-Pool (ritasi 2)
13	Eman Aki Arm Roll-T8788F	Pool-Pasar Kosambi-PT. GLDN-Water Park-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS PT. GLDN-TPS Pasar Kosambi-TPS Water Park-TPA-Pool
14	Saripudin Arm Roll-T8881F	Pool-TPS Resinda-TPS Buana Ash-TPS Kosambi-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Resinda-TPS Buana Ash-TPS Kosambi-TPA-Pool
15	Heru Susanto Arm Roll-T8688F	Pool-TPS Tegul Luhur-TPS KIIC (TPS Danau)-TPS Lotus Lake Golf (Badami) -TPS Sindang Reret-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Tegul Luhur-Sindang Reret-TPS KIIC (Danau)-TPS Lotus Lake Golf-TPA-Pool
16	Wawan Arm Roll-T8233F	Pool-TPS Jl. Johar-TPS KW4-TPS KW6 -Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Jl. Johar KW 4-TPS Jl. Johar KW 6-TPA-Pool
17	Karji Arm Roll-T8788F	Pool-TPS KW6-TPS RSUD-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Jl. Johar KW 6-TPS RSUD-TPA-Pool
18	Karyani Arm Roll-T8671F	Pool-TPS Rusunawa (Adlarsa)-TPS Disnaker-Pool-TPS-Pool	Pool-TPS Rusunawa (Adlarsa)-TPS Disnaker-TPA-Pool
19	M. Solehman Arm Roll-T8273F	Pool-Pundong-SMPN 2 Karawang Timur-Sepanjang Palumbonsari Pool-TPA-Pool	Pool-TPS SMPN 2 Karawang Timur-TPS Palumbonsari-TPS Pundong-TPA-Pool
20	Yayan Arm Roll-T8653F	Pool-TPS Palawad-TPS Johar-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Palawad-TPS Johar TPA-Pool
21	Dadan S Arm Roll-T8003F	Pool-TPS Tanjungpura-TPS Gading Elok 2-TPS Ramayana-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Tanjungpura-TPS Gading Elok 2-TPS Ramayana-TPA-Pool
22	Kaji B Kampil Dump Truck-T8140D	Pool-TPS Rumah Sakiti Joko Pramono-TPS Molesen-TPS Jaltrasa-Jl. Insur Aki-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Jaltrasa-TPS RS. Joko Pramono-TPS Jl. Unsar Aki-TPS Molesen-TPA-Pool
23	Karyono Dump Truck-T8333F	Pool-TPS Resinda-TPS Alam Sari-Pool - TPA-Pool	Pool-TPS Resinda-TPS Alam Sari-TPA-Pool
24	M. Solehman Dump Truck-T8273F	Pool-TPS Johar-TPS Tuparev-TPS Kartabumi-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Johar-TPS Tuparev-TPS Kartabumi-TPA-Pool
25	Ujun Junaedi Compactor-T8763F	Pool-TPS Tuparev-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Tuparev-TPA-Pool
26	Endang Sulaeman Arm Roll-T8786F	Pool-TPS Pasar Kondang Klari-TPS SMKN 3-TPS Pemda 2-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Pemda-TPS Pasar Kondang-TPS SMKN 3 Karawang-TPA-Pool
27	Uming Arm Roll-T8781F	Pool-TPS Pasar Johar-TPS Klari-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Johar-TPS Klari-TPA-Pool
28	Novi Subandar Arm Roll-T8818F	Pool-TPS Fjyover-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Fjyover-TPA-Pool
29	Ido Suwardi Arm Roll-T8751F	Pool-TPS Jl. Johar Permai-TPS Fjyover-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS Fjyover-TPS Jl. Johar Permai-TPA-Pool
30	Rasdi Arm Roll-T8751F	Pool-TPS Perumnas blok S-TPS Pasar Wadas Perumnas-TPS Blok DIPO-Pool-TPA-Pool	Pool-TPS blok DIPO-TPS Pasar Wadas Perumnas-TPS Perumnas blok S-TPA-Pool

No	Kendaraan	Jarak Rute Alternatif (km)	Jarak Rute Eksisting (km)	Selisih Jarak (km)
1	Tarmin Miharja	56,11	88,43	32,32
2	Aji Sarmaji	54,45	81,22	26,77
3	Onem S	52,61	81,5	28,89
4	Andri	55,07	82,19	27,12
5	Didi	67,08	111,73	44,65
6	Namin S	66,54	104,31	37,77
7	Abas	60,81	92,96	32,15
8	Parmin S	55,61	90,53	34,92
9	Surdja W	68,63	107,42	38,79
10	Deni P	62,07	96,64	34,57
11	Agus Jajuli	55,41	88,89	33,48
12	Sanawi	65,69	100,86	35,17
13	Jajang	56,91	96,25	39,34
14	Kanim Ardo	61,90	93,32	31,42
15	Edi Kurnia	52,58	82,32	29,74
16	Priyono	59,07	97,63	38,56
17	Aep Sujana	57,13	83,83	26,7
18	Ajid	65,56	104,76	39,2
19	Adim S	61,6	86,52	24,92
20	Dedi Karnadi	52,75	100,74	47,99
		60,37	92,86	32,49
21	Eman Aki	58,77	78,57	19,8
22	Saripudin	60,5	112,85	52,35
23	Heru Susanto	76,42	105,17	28,75
24	Wawan	53,87	79,54	25,67
25	Karji	59,36	84,68	25,32
26	Karyani	56,99	93,75	36,76
27	M. Solehman	54,81	84,48	29,67
28	Yayan	59,02	89,24	30,22
29	Dadan S	54,19	88,33	34,14
30	Kaji B Kampil	54,86	82,41	27,55
31	Karyono	57,69	82,13	24,44
32	M. Solehman	58,68	84,96	26,28
33	Ujun Junaedi	53,67	75,54	21,87
34	Endang Sulaeman	53,91	96,69	42,78
35	Uming	52,5	90,82	38,32
36	Novi Subandar	54,34	79,2	24,86
37	Ido Suwardi	55,73	84,96	29,23
38	Rasdi	60,97	93,89	32,93
	Total	2103,67	3552,12	1267,9

Terdapat perbandingan yang cukup besar jarak tempuh sebelum analisis NA antara rute eksisting sebelum dan sesudah dilakukan analisis pada 5 kecamatan di Kabupaten Karawang. Hal ini disebabkan karena pemilihan urutan TPS-TPS sebagian rute eksisting tidak memilih tujuan pertama TPS dengan titik yang paling dekat dengan pool kendaraan yang menyebabkan pengurangan jalan pada rute eksisting.

Hasil *running* dari *Network Analyst* untuk sistem pengangkutan sampah pada salah satu pengangkutan sampah menggunakan pola SCS menghasilkan jarak rute alternatif yang lebih pendek dari rute sebelumnya. Rute pertama sebelum dilakukan analisis NA jarak rute eksisting sebesar 107,42 km dan setelah dilakukan analisis jarak tersebut mengurangi pengurangan yaitu 68,63 km. Dari kedua pengangkutan tersebut mempunyai selisih sebesar 38,79 km dikarenakan pengambilan urutan TPS tidak memilih dekat dengan titik pool kendaraan yang menyebabkan jarak pengambilan menjadi lebih jauh.

Berikut adalah hasil perhitungan jumlah trip/hari kendaraan pengangkutan sampah pada 5 kecamatan yaitu Karawang Barat, Karawang Timur, Telukjambe Barat, Telukjambe Timur dan Klari:

Hasil dan jarak rute alternatif pengangkutan sampah ini kemudian dibandingkan dengan jarak rute pengangkutan sampah eksisting saat ini sehingga dapat diketahui bahwa rute alternatif yang diperoleh dari *Network Analyst* pada Sistem Informasi Geografis (SIG) tersebut lebih efektif atau tidak yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan jarak tempuh rute alternatif dan rute eksisting

Kendaraan pengangkutan sampah ke-1 yaitu armada pengangkutan sampah jenis kendaraan *dump truck*, yang melayani empat (4) TPS yaitu TPS RS. Bayukarta, Jl. Niaga, TPS Anjun, dan TPS Jl. Kertabumi. Rute yang diakses dapat dilihat pada Tabel 9.

Kendaraan	TPS	Jarak tempuh tiap TPS (jam)	Waktu di lokasi (jam)
T8801F <i>Dump truck</i>	Bayukarta	0,08 jam	0,45 jam
	Jl. Niaga	0,52 jam	0,88 jam
	Anjun	0,038 jam	0,35 jam
	Jl. Kertabumi	0,02 jam	0,21 jam
	Total	2,556 jam	

Tabel 9. Jarak dan waktu tempuh pengangkutan sampah

Tabel 10. Waktu tempuh pengambilan dan pengangkutan sampah

Nd (rit/hari)	Waktu kerja per hari (H)	Waktu dari <i>pool</i> ke TPS pertama (t1)	Waktu dari TPA menuju ke <i>pool</i> (t2)	Waktu rata-rata pembongkaran di TPA (S)	Waktu tempuh rata-rata TPS – TPA (x)	Faktor of route (W)
1	6 jam	0,08 jam	1,04 jam	0,225 jam	1,20 jam	0,15

Perhitungan jumlah trip kendaraan pengangkutan sampah:

$$TSCS = PSCS + x + S$$

$$= 2,556 + 1,20 + 0,225 = 3,981 \text{ jam}$$

$$Nd = \{H (1 - W) - (t2 + t1)\} / TSCS$$

$$= \{6 (1 - 0,15) - (1,04 + 0,08)\} / 3,981$$

$$= 0,99 \text{ trip/hari atau 1 trip/hari}$$

Jadi kemampuan kendaraan pengangkutan sampah dari *pool* menuju TPS ke TPS lainnya dan menuju TPA kemudian kembali lagi ke *pool* mampu melakukan rotasi sebanyak 1 trip/hari.

Tabel 11. Jumlah biaya bahan bakar yang dibutuhkan pada kendaraan pengangkut

Rute	Jarak total rute pengangkutan (km)	Waktu operasional (jam)
0-1-2-3-4-X-0	56,11 km	2,24 jam
Biaya bahan bakar		Rp. 65.227,-

Keterangan : 0. *Pool* Kendaraan; 1. RS. Bayukarta; 2. Jl. Niaga ; 3. TPS Anjun; 4. Jl. Kertabumi; X. TPA; 0. *Pool* Kendaraan

Kendaraan pengangkutan sampah ke-2 jenis kendaraan *dump truck*,

yang, melayani 1 (satu) TPS yaitu TPS Pasar Baru Karawang. Rute yang diakses dapat dilihat pada Tabel 12

Perhitungan jumlah trip kendaraan pengangkutan sampah:

$$Phcs = pc + uc + dbc$$

$$= (0,15 + 0,04 + 0,04)$$

$$= 0,23 \text{ jam/trip}$$

$$Thcs = P hcs + h + s$$

$$= 0,23 + 1,20 + 0,04$$

$$= 1,47 \text{ jam/trip}$$

$$Nd = \{H (1 - W) - (t2 + t1)\} / Thcs$$

$$= \{6 (1 - 0,15) (1,04 + 0,15)\} / 1,47$$

$$= 2,65 \text{ trip/hari atau 3 trip/hari}$$

Jadi kemampuan pengangkutan sampah menggunakan kendaraan *dump truck* dalam 1 hari mampu melakukan ritasi sebanyak 3 trip/hari.

Tabel 12. Jarak dan waktu tempuh pengangkutan sampah

Waktu kerja per hari (H)	Waktu dari pool/ ke TPS pertama (t1)	Waktu dari TPA menuju ke pool (t2)	Waktu rata-rata pembongkaran di TPA (S)	Waktu tempuh rata-rata TPS – TPA (h)	Waktu mengambil kontainer (pc)	Waktu meletakkan kontainer (uc)	Waktu antar kontainer (dbc)	Faktor of route (W)
6 jam	0,15 jam	1,04 jam	0,04 jam	1,20 jam	0,15 jam	0,04 jam	0,04 jam	0,15

= 128 unit truk pengangkutan

Tabel 13. Jumlah biaya bahan bakar Yang dibutuhkan pada kendaraan pengangkut

Rute	Jarak total rute pengangkutan (km)	Waktu operasional (jam)
0-1-X-0	54,45 km	2,17 jam
Biaya bahan bakar		Rp. 63.298,-

Keterangan: 0 Pool Kendaraan; 1. Pasar Baru Karawang; X. TPA; 0 Pool Kendaraan.

Jumlah trip/hari rata-rata yang dihasilkan pada kendaraan pengangkutan sampah dengan pola SCS 1 sampai 3 dan untuk pola HCS 2 sampai 3 trip/hari. Perhitungan jumlah truk yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Menentukan jumlah trip/hari
 Jumlah trip/hari
 = Timbulan sampah yang dihasilkan
 $= 1.532,234 \text{ m}^3 / \text{hari} / 6 \text{ m}^3$
 = 255 trip/hari
- Kebutuhan truk untuk melakukan 255 trip/hari dapat dicari dengan cara sebagai berikut:
 - Kebutuhan truk untuk melakukan 255 trip/hari dapat dicari dengan cara sebagai berikut:
 = Jumlah trip/hari x waktu 1 kali trip
 $= 255 \text{ trip/hari} \times 3 \text{ jam}$
 {didapatkan dari 1 hari waktu kerja (6 jam/2)}
 $= 765 \text{ jam}$
 - Menentukan jumlah truk yang dibutuhkan
 $= (\text{Waktu operasi/waktu kerja sehari}) \times 1 \text{ truk pengangkutan}$
 $= (765 \text{ jam} / 6 \text{ jam}) \times 1 \text{ unit truk pengangkutan}$

Jadi dari hasil kebutuhan kendaraan pengangkutan sampah pada 5 Kecamatan di Kabupaten Karawang didapatkan kebutuhan kendaraan sebanyak 128 unit kendaraan.

Biaya operasional pengangkutan sampah sebagian besar digunakan untuk membeli bahan bakar kendaraan pengangkutan sampah pada 5 Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Biaya konsumsi bahan bakar kendaraan pengangkutan sampah

No	Kendaraan	Jarak Tempuh (km)		Biaya (Rp/hari)	
		Eksisting	Alternatif	Eksisting	Alternatif
1	Tarmin Miharja	88,43	58,11	102.799	65.227
2	Ali Samaji	81,22	54,45	94.418	63.298
3	Onem S	81,5	52,61	94.474	61.159
4	Andri	82,19	55,07	95.545	64.018
5	Didi	111,73	67,08	129.898	77.980
6	Namin S	104,31	66,54	121.260	76.190
7	Abas	92,98	60,81	108.066	70.891
8	Pammin S	90,53	55,61	105.241	64.646
9	Surdja W	107,42	68,63	124.879	79.782
10	Deni P	96,64	62,07	112.344	72.158
11	Agus Jajuli	88,89	55,41	103.334	64.414
12	Sanawi	100,86	65,69	117.249	76.701
13	Jajang	96,25	56,91	118.890	66.157
14	Kanim Ardo	93,32	61,90	108.484	71.958
15	Edi Kurnia	82,32	52,58	95.867	61.124
16	Priyono	97,63	59,07	113.494	68.668
17	Aep Sujana	83,83	57,13	97.452	66.413
18	Ajid	104,76	65,56	121.783	76.213
19	Adim S	86,52	61,6	100.579	71.679
20	Dedi Kamadi	100,74	52,75	117.110	61.321
21	Eman Aki	92,86	60,37	107.949	71.679
22	Sariipudin	78,57	58,77	91.337	68.320
23	Sariipudin	112,85	60,5	131.188	70.331
24	Heru Susanto	105,17	76,42	122.260	58.636
25	Wawan	79,54	53,87	92.465	62.623
26	Karji	84,68	59,36	98.440	67.843
27	Karyani	93,75	56,99	108.984	66.250
28	M. Solehman	84,48	54,81	98.208	67.204
29	Yayan	89,24	59,02	103.741	68.610
30	Dadan S	88,33	54,19	102.683	62.995
31	Kaji B Kampil	82,41	54,86	95.801	63.774
32	Karyono	82,13	57,89	95.476	67.134
33	M. Solehman	84,96	58,68	98.766	68.215
34	Ujun Junaedi	75,54	53,67	87.815	62.391
35	Endang Sulaeman	96,69	53,91	112.402	68.215
36	Uning	90,82	52,5	105.578	61.031
37	Novi Subandar	79,2	54,34	92.070	63.170
38	Ido Suwardi	84,96	55,73	98.766	64.788
39	Rasdi	93,89	60,97	109.147	70.877
	Total	3552,12	2103,67	4.133.735	2.633.879

Biaya konsumsi bahan bakar pada rute eksisting adalah sebesar Rp. 4.133.735 per hari lebih besar dari biaya konsumsi bahan bakar pada rute alternatif yang sudah dianalisis yaitu sebesar Rp. 2.633.879 per hari. Berdasarkan perbandingan biaya konsumsi bahan bakar pada rute eksisting dan biaya konsumsi bahan bakar pada rute setelah optimasi terjadi pengurangan sebesar Rp. 1.479.856 per hari. Perbandingan ini menunjukkan bahwa dengan optimasi jarak pada rute pengangkutan juga berdampak pada penghematan biaya operasional pengangkutan sampah.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada 5 kecamatan di Kabupaten Karawang jumlah TPS yang dilayani oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Karawang sebanyak 111 TPS

yaitu Kecamatan Karawang Barat 37 TPS, Karawang Timur 35 TPS, Telukjambe Barat 2, Telukjambe Timur 34 TPS dan Klari 3 TPS.

Jalur eksisting kendaraan pengangkutan sampah pada 5 Kecamatan memiliki 38 kendaraan. Pengambilan dan pengangkutan sampah di TPS pertama tidak dekat dengan titik pool kendaraan dan TPS terakhir yang dilayani tidak dijadikan jalur terakhir pengambilan sebelum menuju ke TPA. Kendaraan pengangkutan sampah kembali ke pool setelah dari TPS terakhir, kemudian dilakukan pergantian supir, selanjutnya menuju ke TPA pada pukul 01.00 WIB.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Network Analyst* hasil jarak rata-rata 53,94 km dan waktu tempuh 2,32 jam mempunyai selisih jarak dengan rute eksisting 32,51 km dan waktu tempuh 1,31 jam pada 38 kendaraan pengangkutan sampah. Jalur pengangkutan sampah menjadi lebih efektif karena memiliki jarak dan waktu tempuh lebih cepat dari rute eksisting. Jumlah trip/hari rata rata pada kendaraan pengangkutan sampah untuk sistem pengangkutan dengan pola SCS rata-rata 1 sampai 3 trip/hari dan untuk pola HCS 2 sampai 3 trip/hari.

Estimasi timbulan sampah yang dihasilkan 5 Kecamatan di Kabupaten Karawang sebanyak 1.532,234 m³ /hari. Hasil perhitungan estimasi timbulan sampah jumlah kendaraan yang dibutuhkan sebanyak 128 unit kendaraan. Biaya konsumsi bahan bakar kendaraan pada rute eksisting sebesar Rp. 4.133.735 per hari sedangkan sesudah dilakukan analisis menjadi Rp. 2.633.879 per hari, jadi penurunan sebanyak Rp. 1.479.856 per hari berarti bisa menghemat biaya operasional pengangkutan sampah.

DAFTAR PUSTAKA

- Angrealiany, N. 2014, Perhitungan Jumlah Trip Kendaraan Pengangkut Sampah (Optimasi Kendaraan Pengangkut), Politeknik Negeri Pontianak.
- Arinal Haq, F, Imran, A, dan Fitria, L, 2013, Penentuan Rute Kendaraan Pengangkutan Sampah dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbour Studi Kasus PD Kebersihan Kota Bandung. Vol 1 No: 1, 22-32, Institut Teknologi Nasional.

- Badan Pusat Statistik, 2019, Kabupaten Karawang Dalam Angka 2019, Kabupaten Karawang.
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2018, Kabupaten Karawang.
- Ofyar, Z.T, 2000, Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, ITB, Bandung.
- Pramartha, I,K,T,S, 2013, Analisis Pengelolaan Pengangkutan Sampah di Kecamatan Klungkung Kabupaten Klungkung, Universitas Udayana, Denpasar.
- Ristandi, E, 2004, Sistem Informasi Penelusuran Jalur Jalan Tercepat untuk Kunjungan Wisata Kota, Bandung Utara.
- Standar Nasional Indonesia, 1995, Nomor 19-3983, Tentang Pengelolaan Sampah di Pemukiman.
- Sustanugraha, D, 2013, Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk

Penentuan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah di Wilayah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul (Kartamantul), Skripsi, Jurusan Pendidikan Geografi UNY, Yogyakarta.

BIODATA PENULIS

Dra. Yuli Pratiwi, M.Si., lahir di Purwokerto pada tanggal 27 Juli 1964 menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Biologi Lingkungan dari Universitas Gadjah Mada tahun 1989, S2 bidang Ilmu Lingkungan dari Universitas Gadjah Mada tahun 2004. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Jurusan Teknik Lingkungan dengan jabatan akademik Lektor Kepala pada bidang minat Pengelolaan Persampahan