

**OPTIMALISASI SISTEM ANGKUTAN SAMPAH  
MENGUNAKAN VEHICLE ROUTING  
PROBLEMDENGAN BATASAN KAPASITAS ANGKUT**

**OPTIMIZATION OF WASTE TRANSPORTATION SYSTEM USING  
VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TRANSPORT CAPACITY  
LIMITATIONS**

<sup>1</sup>Maharani Ramadhanti, <sup>2</sup>Nahdalina

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Gunadarma,  
maharaniramadhanti1@gmail.com

<sup>2</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Gunadarma, Nahdalina@gmail.com

**Abstrak**

*Pengangkutan sampah adalah kegiatan membawa sampah dari lokasi pemindahan atau langsung dari sumber sampah menuju tempat pembuangan akhir. Potensi terjadinya inefisiensi dalam pengangkutan sampah perlu diantisipasi agar pengangkutan sampah bisa berjalan efisien. Optimalisasi pengumpulan dan pengangkutan sampah menjadi salah satu perhatian utama dalam sistem pengangkutan sampah perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pengelolaan angkutan sampah. Metode yang digunakan adalah Vehicle Routing Problem (VRP) yang diterapkan pada skema pengendalian pengangkutan sampah. Data yang digunakan meliputi: data timbulan sampah, jumlah armada dan jumlah penduduk serta biaya angkut sampah. Lokasi penelitian dilakukan di Wilayah 1 Karawang yang meliputi: 42 Tempat Pembuangan Sampah (TPS) dan 1 Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Selain itu dilakukan pengamatan di lapangan meliputi kecepatan kendaraan angkutan sampah, jarak, dan waktu tempuh dari tiap TPS ke TPA. Skema pengangkutan sampah yang digunakan yaitu Stationary Container System (HCS) dan Hauled Container System (HCS). Penelitian ini mensimulasikan 3 skenario: skenario HCS, SCS dan kombinasi. Berdasarkan pemilihan rute terpendek dengan batasan kapasitas angkut diperoleh hasil biaya angkut yang paling efisien adalah skenario SCS dengan tingkat efisiensi sebesar 76% terhadap biaya angkut Skenario Kombinasi.*

**Kata kunci:** *Optimalisasi, Vehicle Routing Problem, Biaya Angkut*

**Abstract**

*Garbage transportation is the activity of carrying waste from the transfer location or directly from the waste source to the final disposal site. The potential for inefficiency in waste transportation needs to be efficient so that waste transportation can be efficient. Optimization of waste collection and transportation is one of the main concerns in the urban waste transportation system. This study aims to optimize the management of waste transportation. The method used is the Vehicle Routing Problem (VRP) which is applied to the control of waste control. The data used include: data on waste generation, number of fleets and population as well as waste transportation costs. The research location was conducted in Region 1 Karawang which includes: 42 Waste Disposal Sites (TPS) and 1 Final Disposal Site (TPA). In addition, observations were made in the field including the speed of garbage vehicles, distance, and travel time from each TPS to TPA. The waste transportation scheme uses is the Stationary Container System (HCS) and the Hauled Container System (HCS). This study simulates 3 scenarios: HCS, SCS and combination scenarios. Based on the shortest route with limited transport capacity, the most efficient result is the SCS scenario with an efficiency rate of 76% from the Combination Scenario.*

**Keywords:** *Optimization, Vehicle Routing Problem, Freight Cost*

## PENDAHULUAN

Pengangkutan sampah adalah kegiatan membawa sampah dari lokasi pemindahan atau langsung dari sumber sampah menuju tempat pembuangan akhir (BSN, 2002). Salah satu upaya dalam penyelesaian masalah sistem pengangkutan sampah pada beberapa TPS dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi sistem pengangkutan yang sudah diterapkan oleh pemerintah dengan meninjau beberapa parameter yaitu jarak tempuh, lokasi TPS, rute, kecepatan dan waktu angkut. Optimalisasi pengumpulan dan pengangkutan sampah menjadi salah satu perhatian utama dalam sistem pengangkutan sampah perkotaan. Pengelolaan sampah bertujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya. (UU RI No. 18 2008). Pengelolaan sampah bertujuan untuk mewujudkan Daerah yang bersih, dengan makin terkendalinya sampah dan menunjang kelestarian lingkungan hidup, meningkatkan kesehatan masyarakat, meningkatkan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya. (Perda Kabupaten Karawang, 2017)

Evaluasi terhadap sistem pengumpulan sampah eksisting dan analisis untuk mendapatkan pola pengumpulan sampah yang efisien dapat mengurangi biaya operasional pengelolaan sampah. Selain itu analisis dan perhitungan kebutuhan kendaraan pengumpul sampah, yang disesuaikan dengan jumlah timbulan sampah, dibutuhkan untuk menjamin bahwa sampah dapat terangkut secara keseluruhan tanpa menyebabkan penumpukan.

Skema pengangkutan sampah terdiri dari dua yaitu *Hauled Container System* dan *Stationary Container System*. HCS adalah sistem pengumpulan dimana container untuk menyimpan sampah diangkut (*hauled*) ke tempat pembuangan, dikosongkan, dan dikembalikan ke lokasi mereka semula atau

beberapa lokasi lain. HCS mempunyai keuntungan hanya membutuhkan satu truck dan pengemudi untuk menyelesaikan siklus pengumpul, masing-masing kontainer yang diambil (*pick-up*) membutuhkan sebuah trip keliling ke lokasi pembuangan (atau titik tujuan yang lain). Sedangkan SCS adalah sistem yang biasanya digunakan untuk kontainer kecil serta alat angkut berupa truk kompaktor secara mekanis atau manual. (No et al. 2018)

Akhir-akhir ini, banyak model telah diusulkan untuk mengoptimalkan pengumpulan dan pengangkutan di seluruh jaringan truk sampah. Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mencari jalur terbaik digunakan. Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem komputer yang digunakan untuk memasukkan (*capturing*), menyimpan, memeriksa, mengintegrasikan, *memanipulasi*, menganalisa, dan menampilkan data-data yang berhubungan dengan posisi-posisi di permukaan bumi. SIG merupakan representasi dari dunia nyata di atas monitor komputer sebagaimana lembaran peta dapat merepresentasikan dunia nyata di atas kertas. Peta merupakan gambaran dua dimensi dari dunia nyata, objek-objek yang direpresentasikan di atas peta disebut unsur peta atau map features. (Teknologi et al. n.d.). Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan menggunakan teknik *Vehicle Routing Problem* dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis diperoleh hasil bahwa jarak perjalanan berkurang hingga 18% di Islamabad dan 9% di Rawalpindi. (Hina et al. 2020). Penelitian lain dilakukan dengan optimasi rute pengumpulan sampah menggunakan Sistem Informasi Geografis yang menunjukkan minimalisasi panjang hingga 22% di rute. (Malakahmad et al. 2014). Alat sistem informasi geografis digunakan untuk mensimulasikan jaringan dan melakukan rute untuk mengumpulkan truk. Hasil model menunjukkan pengurangan jarak tempuh sebesar 2.880,2 m di setiap

putaran dan persentase tempat sampah terlantar dari 25% menjadi nol. (Hatamleh et al. 2020). Penelitian lain yang dilakukan menghasilkan rencana yang dioptimalkan dikembangkan dalam konteks statis, dan kemudian diintegrasikan ke dalam konteks dinamis menggunakan pemodelan dan simulasi berbasis multi-agen disajikan untuk menunjukkan efisiensi model yang diusulkan. Dari hasil yang dioptimalkan, diketahui bahwa biaya pengumpulan pengelolaan sampah berkurang sebesar 11,3%.(Nguyen-Trong et al. 2017)

Pengangkutan sampah adalah tahapan pengelolaan sampah dengan porsi anggaran terbesar. Potensi terjadinya inefisiensi dalam pengangkutan sampah, baik dari rute pengangkutan sampah yang tidak optimal serta tidak efisiennya tenaga kerja dan operasional kendaraan, perlu diantisipasi agar pengangkutan sampah bisa berjalan efisien.(Triwibowo and Halimatussadiyah 2016). Aspek pembiayaan dalam pengangkutan sampah sangat penting dalam pengelolaan persampahan. Pembiayaan untuk pengangkutan sampah mencakup biaya investasi, biaya operasional dan biaya pemeliharaan, biaya peningkatan kapasitas kelembagaan, biaya peningkatan kesadaran, kepedulian dan pendidikan masyarakat, biaya penerapan peraturan hukum, serta biaya penelitian dan pengembangan. Memperhatikan peningkatan kapasitas pembiayaan untuk menjamin pelayanan dengan pemulihan biaya secara bertahap supaya sistem dan institusi, serta masyarakat dan dunia usaha punya kapasitas cukup untuk memastikan keberlanjutan dan kualitas lingkungan untuk warga (BSN, 2008). Biaya operasional kendaraan pengangkut sampah memiliki nilai berdasarkan volume sampah yang diangkut. Dalam perhitungan BOK kendaraan pengangkut sampah juga perlu memperhatikan biaya bahan bakar yang digunakan untuk melakukan pengangkutan sampah.(Pengajar, Teknik, and Malang 2016)

Pembiayaan pengelolaan sampah menjadi kendala di dalam pengangkutan sampah. Pendanaan untuk pengelolaan sampah di Kabupaten Karawang masih sangat tergantung dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) Kota. Penerimaan retribusi sampah yang dibayarkan masyarakat belum dapat menutup pembiayaan pada sektor persampahan. Menurut Undang-Undang No. 28 Tahun 2009, persampahan merupakan objek retribusi yang diselenggarakan pemerintah daerah salah satunya adalah pelayanan sampah atau kebersihan(UU RI 2008).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan optimalisasi jalur pengumpulan sampah di perkotaan menjadi penting dimana banyak waktu dihabiskan untuk bongkar muat serta mengemudi. Optimalisasi layanan pengumpulan masih bergantung pada pengetahuan kondisi lokal seperti jalan satu arah dan pembangunan jalan oleh tim pengumpul. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini berfokus pada mengoptimalkan pengelolaan angkutan sampah dengan Sistem Informasi Geografis menggunakan *software* Arcgis untuk mendapatkan skema pemodelan dengan biaya angkut yang optimal.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mencari solusi optimal dari permasalahan yang sedang dibahas, yaitu optimasi rute pengangkutan sampah di Wilayah 1 Kabupaten Karawang. Data-data yang dibutuhkan meliputi jumlah TPS (berikut lokasi dan kapasitasnya), jumlah truk beserta kapasitasnya, waktu dan jarak tempuh truk, serta biaya retribusi yang dibutuhkan dalam pengangkutan sampah di Wilayah 1 Kabupaten Karawang sesuai dengan Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 21 Tahun 2021. Pada penelitian ini dilakukan optimalisasi pengangkutan sampah dengan

menggunakan Sistem Informasi Geografis dengan bantuan *software* Arc Gis untuk memodelkan rute optimal menggunakan metode *vehicle routing problem*. Optimasi pengangkutan sampah dalam dilakukan dibagi menjadi 2 model skema pengangkutan yaitu HCS dan SCS. Setelah didapatkan rute maka selanjutnya dihitung biaya angkut yang dibutuhkan sesuai dengan Permendagri No. 21 Tahun 2021.

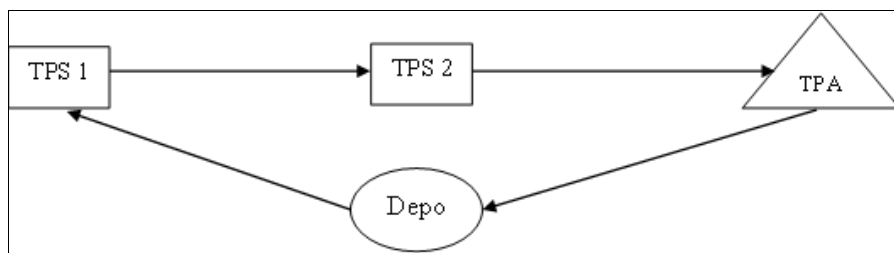
### Lokasi Penelitian

Berdasarkan letak geografisnya Luas wilayah Kabupaten Karawang sebesar 1.753,27 km<sup>2</sup> atau 3,73% dari luas Provinsi Jawa Barat. Secara administratif, wilayah perencanaan di Kabupaten Karawang mencakup 30 kecamatan, 297 desa dan 12 kelurahan. Penelitian dilakukan di Wilayah 1 Kabupaten. Berikut lokasi penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar berikut. Daerah penelitian digambarkan dengan warna

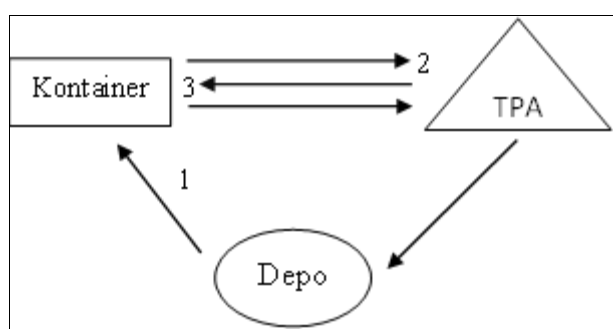
hijau yaitu wilayah 1 Kabupaten Karawang. Lokasi penelitian terdiri dari beberapa kecamatan yaitu Karawang Timur, Karawang Barat, Telukjambe Timur, Telukjambe Barat dan Klari. Pengangkutan sampah Wilayah 1 Karawang memiliki dua skema pengangkutan yaitu *Stasionay Container System* (HCS) menggunakan kendaraan dump truck dan *Hauled Container System* (HCS) menggunakan kendaraan amroll berikut skema pengangkutan sampah yang ada di wilayah 1 karawang. Skema SCS yaitu sampah yang terkumpul pada wadah-wadah komunal kemudian langsung diangkut menuju TPA dengan kendaraan sampah. Pada pola ini membutuhkan waktu yang relatif lebih lama dibandingkan dengan pola individual karena ada proses bongkar muat dari TPS 1 ke TPS lainnya. Pola ini biasanya terdapat di kawasan pemukiman tidak teratur yang sulit menjangkau sumber sampah individual.



**Gambar 1. Lokasi Penelitian**  
Sumber: DLHK Kabupaten Karawang, 2021.



**Gambar 2. Skema Pengangkutan Sampah *Stationary Container System***



**Gambar 3. Skema Pengangkutan Sampah *Hauled Container System***

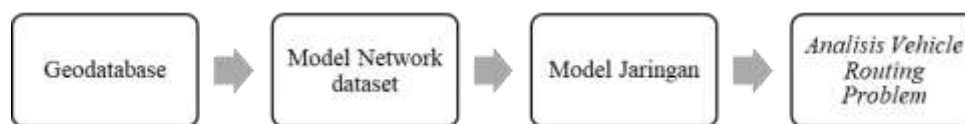
**Tabel 1. Kebutuhan Data Skema SCS**

No	TPS	Kapasitas Truk	Volume Sampah	Total Jarak
1	Cihuni	6	10	61.4
2	Pasar Johar	6	16	58.5
3	Pasar Karawang	6	8	61.3
4	Pasir Panggang	6	3	64.1
5	TPS Tegal Luhur	6	4	67.6
6	TPS Dewi Satika	6	2	63
7	TPS Towr Telukjambe	6	5	66.5
8	TPS Lapang Pinayungan	6	4	71.6
9	TPS Sukaluyu	6	3	68.2
10	TPS Belakang Carrefour	6	8	58.1
11	TPS Lengo	6	5	63.5
12	TPS Anjun	6	5	62.4
13	TPS Warung Bambu	6	3	61.1
14	TPS belakang Stasiun KAI	6	4	61.7
15	TPS Karaba	6	8	68.4
16	TPS Resinda	6	10	65.7
17	TPS Blok Dipo	6	3	59.3
18	TPS Blok F BTJ	6	7	69.2
19	TPS Niaga	6	4	66.75

20	TPS Jatirasa	6	5	64.95
21	TPS Jl. Veteran	6	3	57.6
22	TPS Arah KW 4	6	3	59.5
23	TPS Gempol	6	4	68.4
24	TPS Jalitri	6	5	64.7
25	TPS Fly Over	6	15	62.5
26	KW 6	6	10	60.2
27	Pasar Kosambi	6	8	64
28	TPS Puserjaya	6	3	90

**Tabel 2. Kebutuhan Data Skema SCS**

No	TPS	Kapasitas Truk	Volume Sampah	Total Jarak
1	Jalan Baru	6	6	65.5
2	Adiarsa Tps Rit Ke 1	6	6	61.6
3	Adiarsa Tps Rit Ke 2	6	6	61.6
4	Tps Lengo	6	5	63.5
5	Pasar Johar	6	8	58.5
6	Pasar Johar Rit Ke 1	6	8	58.5
7	Pasar Johar Rit Ke 2	6	8	58.5
8	Tps Terminal Klari	6	6	58
9	Tps Kw 6	6	6	58.2
10	Rsud	6	6	63.8
11	Pasar Kosambi	6	8	58
12	Tps Irigasi	6	6	58.5
13	Kw 6	6	8	58.2
14	Tps Kw 5	6	15	58.5



**Gambar 4. Tahapan Penelitian Menggunakan Arcgis**

Skema HCC yaitu sampah yang terkumpul pada bak kontainer kemudian diangkut ke TPA, pada pola ini relatif lebih cepat dibandingkan dengan pola yang laik karena pada pola tidak ada bongkar muat

namun hanya penggantian bak kontainer.

Masyarakat membuang sampah langsung ke bak container atau sampah cukup dipindahkan ke container dengan menggunakan alat pengumpul non mesin

seperti gerobak atau becak. setelah penuh bak tersebut diangkut ke TPA dan diganti dengan bak container yang kosong.

Pola ini biasanya menggunakan kendaraan jenis *amroll*. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

### **Pemodelan Rute Pengangkutan Menggunakan Arcgis**

Metode analisis yang dikembangkan terdiri dari empat tahapan utama dengan menggunakan *software* Arcgis. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam penelitian ini tahapan pemodelan dibagi menjadi empat tahap yang dilakukan pada *software* Arcgis berikut:

### **Geodatabase**

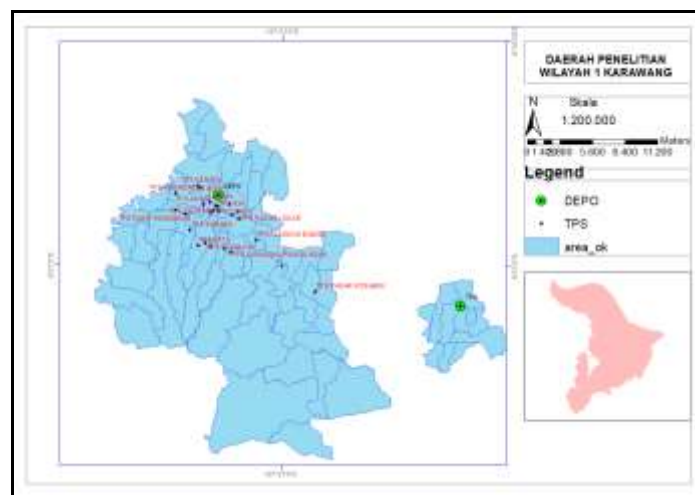
Dalam tahap ini data yang diperoleh diolah menjadi geodatabase sehingga menghasilkan format data shape file yang akan digunakan untuk tahap selanjutnya. Analisis ini didasarkan pada identifikasi kebutuhan dan/ atau batasan dalam layanan pengangkutan. Berikut hasil dari geodatabase yang sudah dibuat. Gambar di atas menunjukkan letak lokasi tempat pembuangan sampah, depo dan TPA yang ada

di Wilayah 1 Kabupaten Karawang hasil dari geodatabase. Untuk mengelola sistem pengumpulan sampah secara efisien, diperlukan informasi spasial yang rinci. Data tersebut meliputi latar belakang geografis wilayah studi dan prosedur proses pengumpulan sampah. Data termasuk lokasi truk, tingkat timbulan sampah, jenis tempat sampah dan jaringan jalan.

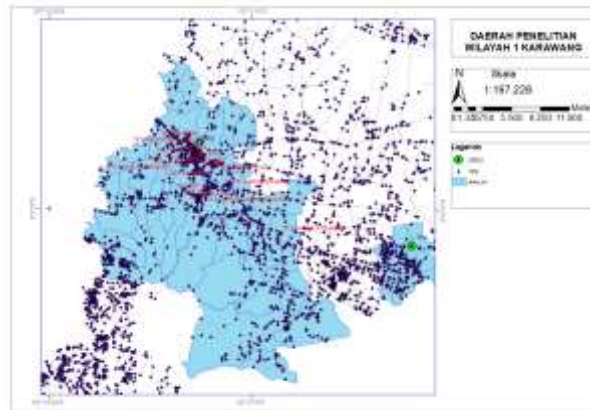
### **Model Network Data Set**

Kumpulan data jaringan adalah kumpulan data GIS yang dirancang untuk mendukung analisis jaringan. Ini biasanya terdiri dari garis yang mewakili rute aliran dalam jaringan, ditambah dengan fitur lain (seperti titik persimpangan), topologi, dan atribut yang memodelkan properti yang relevan dengan jaringan seperti impedansi dan kapasitas aliran.

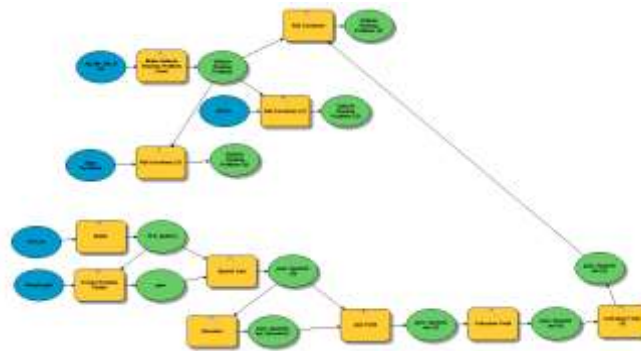
Dataset jaringan sangat cocok untuk memodelkan jaringan transportasi. Dengan dataset jaringan, perjalanan biasanya diperbolehkan dalam dua arah, sedangkan dengan jaringan Geometris, perjalanan hanya dapat dilakukan dalam satu arah pada satu waktu. Berikut hasil dari network data set pada penelitian.



**Gambar 5. Geodatabase**



**Gambar 6. Tahapan Penelitian Model Network Data Set**



**Gambar 7. Tahapan Penelitian Model jaringan**

Data yang sudah dibuat network data set untuk memodelkan jaringan transportasi. Analisis jaringan dilakukan, untuk mengetahui jalur mana di sepanjang jaringan yang dapat dilalui. Fungsi ini merujuk data spasial titik-titik (*point*) atau garis-garis (*lines*) sebagai suatu jaringan yang tidak terpisahkan. Kumpulan data jaringan dihasilkan dari sumber fitur yang berpartisipasi dalam jaringan. Ini menggabungkan model konektivitas canggih yang dapat mewakili skenario kompleks, seperti jaringan transportasi multimoda. Ia juga memiliki model properti jaringan kaya yang membantu impedansi jaringan model, kendala, dan hierarki.

### Model Jaringan

Tahap ini akan menunjukkan cara

melakukan konversi analisis penelitian yang akan dibuat menjadi sebuah model yang akan membuat penelitian tersebut lebih fleksibel dan lebih mudah untuk di kelola.

Model jaringan di atas berisi parameter alat tambahan sebagai variabel model untuk mengatur parameter model yang akan dibuat. Variabel model secara otomatis dibuat untuk input dan output dataset alat, tetapi tidak untuk parameter alat lainnya. Untuk menambahkan variabel model tambahan sehingga dapat mengaturnya sebagai parameter model. Parameter yang diinput pada model yaitu hasil dari geodatabase berupa TPS, Volume sampah, dan truk pengangkutan.

### Analisis VRP

Tahap ini dilakukan menghasilkan rute



terbaik untuk pengumpulan sampah diidentifikasi berdasarkan informasi yang diperoleh mengenai kemungkinan rute, dan dengan mempertimbangkan batasan kondisi jalan dan topografi. Rute dipilih dengan cara meminimalkan sumber daya yang digunakan untuk pengumpulan, panjang rute dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pengumpulan. Tujuan utamanya adalah untuk melayani pesanan dengan sebaik-baiknya dan meminimalkan biaya operasi keseluruhan untuk armada kendaraan. Pada VRP, perjalanan kendaraan diasumsikan berawal dan berakhir di depot yang sama. Selanjutnya dilakukan pemilihan rute dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan permintaan retail. Kemudian rute yang terpilih akan diurutkan agar menghasilkan jarak maupun waktu yang minimum. Menurut (Gendreau et al., 1994) dalam merancang rute yang optimal untuk meminimasi biaya transportasi, VRP harus memenuhi batasan sebagai berikut:

1. Setiap rute kendaraan berawal dan diakhiri di depot
2. Setiap konsumen atau retail hanya boleh dikunjungi satu kali oleh satu kendaraan
3. Kendaraan yang digunakan adalah homogen dan memiliki kapasitas tertentu, sehingga permintaan pelanggan pada setiap rute yang dilalui tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan.

### Aspek Pembiayaan

Terdapat dua jenis pengangkutan sampah dalam Kalkulator Biaya Sampah, yaitu Pengangkutan 1 yang merupakan pengangkutan dari sumber langsung ke TPA dengan truk, dan Pengangkutan 2 yang merupakan pengangkutan dari pengumpulan/pengolahan kawasan ke TPA. Komponen pengangkutan sampah yang tersedia perhitungannya dalam kalkulator biaya Sampah yaitu *dump truck* dan *arm roll*

*truck*. Beberapa komponen biaya yang dihitung untuk pengangkutan dengan truk yaitu biaya investasi, biaya operasional dan pemeliharaan, biaya pengangkutan dengan masing-masing truk, dan biaya pengangkutan dengan masing-masing truk per rumah.

Untuk menghitung biaya ketiga jenis truk ini, alur perhitungan yang digunakan digambarkan pada Gambar berikut. Biaya piaya Pengangkutan per rumah dengan truk dijelaskan dalam Permendagri No. 7 Tahun 2021. Untuk sistem pembagian per rumah (Bpr), dihitung dengan rumus di bawah ini. Perhitungan Bpr dapat menggunakan biaya Bps maupun biaya Bop.

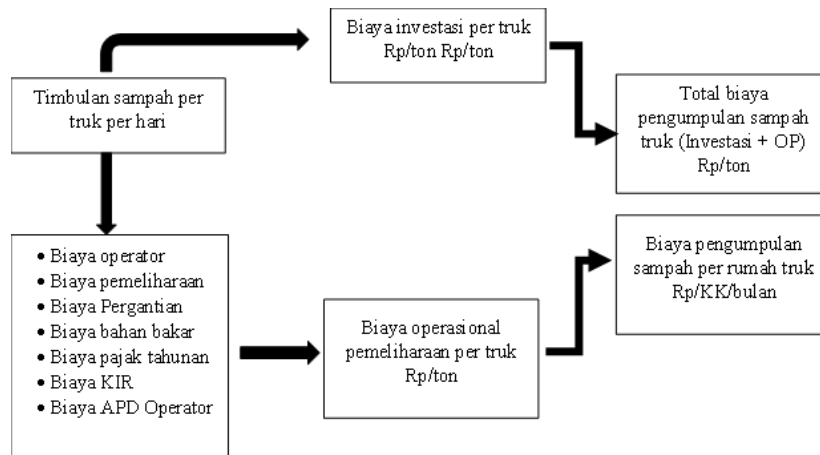
$$Bpr_{op \text{ truk}} = \frac{Bop \text{ per tahun}}{1000} \times T_{s,m} \text{ jika } \times n \text{ jiwa } \times 30 \text{ hari/bulan}$$

$$Bpr_{ps \text{ truk}} = \frac{Bps \text{ per tahun}}{1000} \times T_{s,m} \text{ jika } \times n \text{ jiwa } \times 30 \text{ hari/bulan}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Eksisting

Kegiatan pengangkutan sampah di wilayah 1 Karawang yang diteliti meliputi kendaraan pengangkut sampah jenis truk *Arm Roll* dan *dump truck* kapasitas masing-masing 6 m<sup>3</sup>. Truk *Arm Roll* terdiri dari 12 dengan kapasitas 6 m<sup>3</sup>. *Dump truck* terdiri dari 29 *dump truck* dengan kapasitas 6 m<sup>3</sup> yang digunakan di wilayah 1 Karawang. Kendaraan ini merupakan milik Dinas Kebersihan dan Lingkungan Hidup Kabupaten Karawang. Kegiatan operasional pengangkutan sampah pada umumnya dilakukan pada pukul 05:00 – 18:30 WIB. Di wilayah I Karawang terdapat beberapa pola pengangkutan sampah yaitu pola individual langsung, pola individual tidak langsung, komunal tidak langsung dan komunal tidak langsung. Di wilayah I Karawang terdapat dua pola pengangkutan yaitu *Hauled Container System* dan *Stationary Container System* (SCS).



**Gambar 8. Skema Perhitungan Biaya Angkut**  
Sumber: Permendagri, 2021.



a.



b.

**Gambar 9. (a) TPS Kondisi Eksisting Melalui Arcgis dengan sistem SCS dan (b) TPS Kondisi Eksisting Melalui Arcgis dengan sistem SCS**

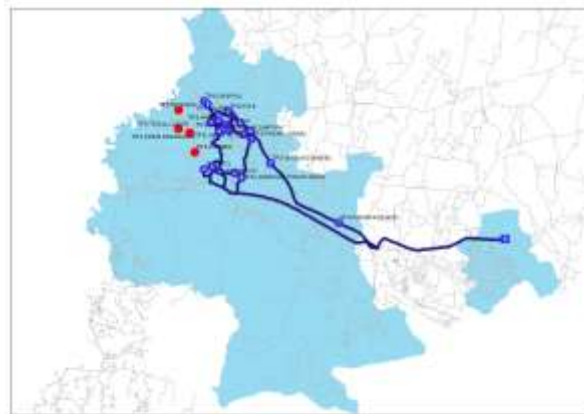
Hasil dari pemodelan menggunakan Arcgis dapat dilihat titik warna merah merupakan TPS dan menunjukkan bahwa sampah pada TPS tersebut belum sepenuhnya terangkut semua ke TPA. Pengangkutan sampah dengan sistem SCS dilakukan dengan cara mengambil sampah di TPS berupa Bak Sampah yang terbuat dari beton serta dikombinasikan dengan sistem *door to door*. Setelah sampah dalam kendaraan penuh di titik pengumpulan terakhir setiap trip, kendaraan langsung menuju ke TPA untuk menurunkan sampah. Selanjutnya Kendaraan

dengan dua trip atau lebih per hari akan mengangkut sampah sampah TPS terakhir menuju TPA dan kembali ke pool. Kegiatan pengangkutan sampah selain dilakukan dengan sistem SCS juga dilakukan dengan sistem HCS. Sistem HCS yang diterapkan di Kabupaten Karawang menggunakan Sistem Kontainer Angkat (HCS) yaitu sistem Kontainer Angkat cara 1 dilakukan sebagai berikut (Direktorat PPLP, 2012), kemudian kendaraan dari pool menuju kontainer isi pertama untuk mengangkut sampah menuju ke TPA. - Selanjutnya kontainer kosong

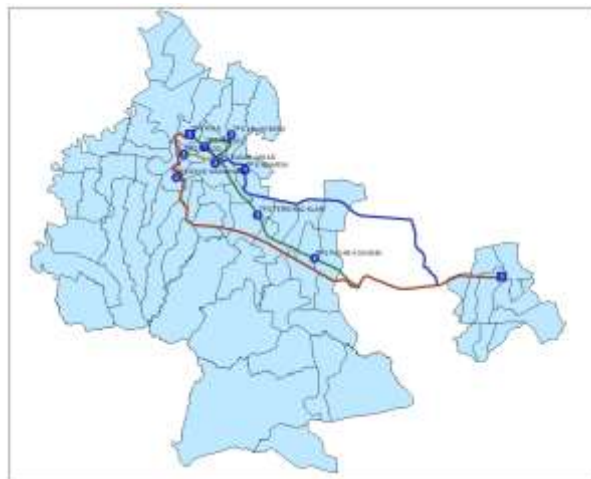
dikembalikan ke tempat semula. - Setelah itu kendaraan pengangkut sampah menuju ke kontainer isi berikutnya untuk diangkat menuju ke TPA - Kontainer kosong dikembalikan ke tempat semula. - Demikian seterusnya sampai trip akhir. Berikut skema pengangkutan sampah yang ada di wilayah 1 Karawang.

**Skenario 1 *Stationary Container System (SCS)***

Sistem kontainer tetap adalah sistem pengumpulan sampah di mana kontainer penyimpanan sampah dibiarkan di titik pengambilan sampah yang ada dipindahkan ke dalam truk pengangkut sampah secara manual atau dibantu dengan peralatan mekanik yang ada di dalam truk untuk kemudian diangkat ke TPA. Berikut hasil dari menggunakan SCS:



**Gambar 10. Optimalisasi Pengangkutan Menggunakan *Dump Truck***



**Gambar 11. Optimalisasi Pengangkutan Menggunakan *Arm Roll***

Hasil penelitian ini mendukung penelitian-penelitian sebelumnya, seperti menunjukkan adanya pengoptimalan pengangkutan sampah. Terlihat bahwa jumlah TPS yang tidak terangkut lebih sedikit sehingga sampah yang dibawa ke TPA

mengalami kenaikan. Jumlah TPS yang tidak terangkut menurun sebanyak 33%.

**Skenario 2 *Hauled Container System (HCS)***

Pengangkutan sampah menggunakan *Arm Roll truck* di wilayah 1 Kabupaten

Karawang menggunakan sistem kontainer angkut atau Hauled Kontainer System (HCS), dimana kendaraan berangkat dari pool dengan membawa kontainer kosong menuju lokasi kontainer pertama, lalu kontainer kosong tersebut diletakkan dan ditukar dengan kontainer yang telah berisi sampah untuk selanjutnya dibuang/ dikosongkan di TPA. Kontainer kosong tersebut yang kemudian dibawa kembali ke pool dan begitu seterusnya.

Optimasi yang dilakukan dapat meningkatkan jumlah sampah terangkut ke TPA. Dengan adanya penambahan jumlah trip maka total timbulan sampah terangkut ke TPA meningkat dan jumlah TPS yang tidak terangkut menurun 100% sehingga sampah terangkut ke TPA seluruhnya.

### Aspek Pembiayaan

Analisis pada aspek pembiayaan ini merupakan analisa mengenai pembiayaan yang dipengaruhi oleh analisis pada aspek teknis. Analisis pembiayaan ini meliputi biaya operasional dan pemeliharaan yang harus disediakan oleh Pemerintah Kabupaten Karawang sebagai dampak dari hasil analisis aspek teknis yang berupa optimasi dan peningkatan pelayanan serta efisiensi rute pengangkutan sampah di Kabupaten Karawang. Perhitungan biaya dalam hal ini terkait biaya yang harus disiapkan untuk mengelola sampah per ton setiap tahun.

### Biaya Angkut

Pemindahan sampah dari armada pengumpul ke armada pengangkutan, merupakan satu kesatuan proses operasi penanganan sampah. Saat ini, pemindahan

sampah di Kabupaten Karawang dilakukan di TPS baik TPS yang dilengkapi dengan sarana container maupun TPS pasangan bata. Sedangkan pengangkutannya dilakukan dengan *arm roll* dan *dump truk*. Pada penelitian ini berfokus pada biaya pengangkutan karena memakan 40-60% biaya operasional sampah. Besar biaya angkut berdasarkan skema yang telah dioptimalkan yaitu dengan menggunakan *dump truck* dan *arm roll*. Berikut rekapitulasi pengangkutan sampah hasil optimalisasi dari kondisi eksisting. Berdasarkan hasil evaluasi teknis diketahui bahwa dengan optimasi waktu dan jarak tempuh, menghasilkan penambahan jumlah trip.

Perubahan ini berpengaruh terhadap peningkatan biaya operasional dan pemeliharaan kendaraan. Perhitungan biaya operasional dan pemeliharaan menggunakan tenaga kerja sesuai kondisi yang ada saat ini, yaitu 1 orang sopir dengan dibantu 3 orang anak buah kendaraan untuk *dump truck*, dan untuk kendaraan *arm roll truck* menggunakan 1 orang sopir dan 2 ABK. Penarikan retribusi pelayanan persampahan/ kebersihan yang dipungut oleh Pemerintah Kabupaten Karawang berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Karawang Nomor 2 Tahun 2021 tentang Retribusi Jasa Umum. Adapun kebutuhan biaya retribusi pengelolaan sampah pada aspek pengangkutan sesuai dengan Perda tersebut adalah sebesar Rp 7.500. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan biaya angkut baik menggunakan *arm roll* ataupun menggunakan *dump ruk* yang berdampak kenaikan retribusi sampah. Berikut biaya yang diperoleh dalam skenario skema HCS dan SCS:

### Pengangkutan Sampah Menggunakan SCS

**Tabel 3. Biaya angkut Sampah hasil optimalisasi SCS**

Uraian	Nilai
Biaya pengumpulan sampah 2 (Investasi + OP) (Bps)	Rp180,904 Rp/ton
Biaya operasional-pemeliharaan (Bop)	Rp144,380 Rp/ton

Angka Timbulan sampah (Ts,m)	0.49	kg/jiwa/hr
Jumlah jiwa per rumah (jiwa)	5	Jika/kk
Biaya pengumpulan sampah tercampur per KK (OP) (Bpr,op)	Rp10,634	Rp/kk/bln
Biaya pengumpulan sampah tercampur per KK (Investasi + OP) (Bpr,ps)	Rp13,324	Rp/kk/bln

### Pengangkutan Sampah Menggunakan HCS

**Tabel 4. Biaya Angkut hasil optimalisasi HCS**

Uraian	Nilai	
Biaya pengumpulan sampah 2 (Investasi + OP) (Bps)	Rp722,602	Rp/ton
Biaya operasional-pemeliharaan (Bop)	Rp691,901	Rp/ton
Angka Timbulan sampah (Ts,m)	0.49	kg/jiwa/hr
Jumlah jiwa per rumah (jiwa)	5	jiwa/kk
Biaya pengumpulan sampah tercampur per KK (OP) (Bpr,op)	Rp50,959	Rp/KK/bln
Biaya pengumpulan sampah tercampur per KK (Investasi + OP) (Bpr,ps)	Rp53,220	Rp/KK/bulan

**Tabel 5. Skenario Hauled Container System (HCS)**

Uraian	Nilai	
Biaya pengumpulan sampah (Investasi + OP) (Bps)	Rp913,871	Rp/ton
Biaya operasional-pemeliharaan (Bop)	Rp757,098	Rp/ton
Angka Timbulan sampah (Ts,m)	0.49	kg/jiwa/hr
Jumlah jiwa per rumah (jiwa)	5	jiwa/kk
Biaya pengumpulan sampah tercampur per KK (OP) (Bpr,op)	Rp55,760	Rp/KK/bln
Biaya pengumpulan sampah tercampur per KK (Investasi + OP) (Bpr,ps)	Rp67,307	Rp/KK/bulan

**Tabel 6. Skenario Stasinary Container System (SCS)**

Uraian	Nilai	
Biaya pengumpulan sampah (Investasi + OP) (Bps)	Rp263,558	Rp/ton
Biaya operasional-pemeliharaan (Bop)	Rp214,190	Rp/ton
Angka Timbulan sampah (Ts,m)	0.49	kg/jiwa/hr
Jumlah jiwa per rumah (jiwa)	5	jiwa/kk
Biaya pengumpulan sampah tercampur per KK (OP) (Bpr,op)	Rp15,775	Rp/KK/bln
Biaya pengumpulan sampah tercampur per KK (Investasi + OP) (Bpr,ps)	Rp19,411	Rp/KK/bulan

### Pengangkutan Sampah Menggunakan Skema Kombinasi

**Tabel 7. Biaya Angkut Hasil Optimalisasi Skema Kombinasi**

Uraian	Nilai	
Biaya pengumpulan sampah 2 (Investasi + OP) (Bps)	Rp1,106,119	Rp/ton
Biaya operasional-pemeliharaan (Bop)	Rp910,531	Rp/ton
Angka Timbulan sampah (Ts,m)	0.49	kg/jiwa/hr
Jumlah jiwa per rumah (jiwa)	5	jiwa/kk
Biaya pengumpulan sampah tercampur per KK (OP) (Bpr,op)	67,061	Rp/KK/bln
Biaya pengumpulan sampah tercampur per KK (Investasi + OP) (Bpr,ps)	81,466	Rp/KK/bulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan skenario HCS dan SCS diperoleh biaya pengangkutan sebesar Rp67,307 kk/bulan untuk skenario HCS. Sedangkan untuk biaya angkut menggunakan SCS diperoleh hasil Rp19,411 kk/bulan. Adapun kebutuhan biaya retribusi pengelolaan sampah pada aspek pengangkutan sesuai dengan Perda tersebut adalah sebesar Rp 7.500. Hasil penelitian

menunjukkan adanya peningkatan biaya angkut baik menggunakan amroll ataupun menggunakan Dump Truk yang berdampak kenaikan retribusi sampah Dari skenario yang telah dibuat maka HCS memiliki biaya angkut yang relatif sedikit dibandingkan dengan SCS.

## SIMPULAN

Berdasarkan Perda Kabupaten Karawang Nomor 2 Tahun 2021 tentang Retribusi Jasa Umum mengenai tarif retribusi pengangkutan sampah sebesar Rp. 7500/bulan. Penelitian ini mengkaji biaya tersebut dengan kondisi pelayanan sampah yang belum optimal. Kondisi yang belum optimal tersebut dikarenakan banyak sampah yang belum terangkut ke TPA. Optimalisasi pengangkutan sampah dengan menggunakan VRP mengindikasikan adanya peningkatan daya angkut pengangkutan sampah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah TPS yang tidak terangkut lebih sedikit sehingga sampah yang dibawa ke TPA mengalami kenaikan. Jumlah TPS yang tidak terangkut menurun sebanyak 33%. Setelah dilakukan skenario sampah seluruhnya terangkut ke TPA dengan penambahan jumlah armada sebanyak 4 *dump truck* dengan biaya pengangkutan sebesar Rp19,411 Rp/KK/bulan dengan efisiensi sebesar 76% terhadap biaya angkut Skenario Kombinasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Malakahmad, P. Md Bakri, M. R. Md Mokhtar, and N. Khalil, "Solid waste collection routes optimization via GIS techniques in Ipoh city, Malaysia," *Procedia Eng.*, vol. 77, pp. 20–27, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.07.023.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, *Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2008, *Pengelolaan Sampah di Permukiman*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- D. Triwibowo and A. Halimatussadiah, "Aplikasi Model Optimasi untuk Meningkatkan Efisiensi Pengangkutan Sampah di Kota Cilegon An Application of Optimization Model to Improve the Efficiency of Waste Collection Service in Cilegon City Pendahuluan," vol. 16, no. 1, pp. 59–80, 2016.
- F. Teknologi *et al.*, "Buku Ajar Sistem Informasi Geografis, Edisi 1."
- Hartanto, Widi. 2006. *Kinerja Pengelolaan Sampah Di Kota Gombong Kabupaten Kebumen*. MT. Tesis. Universitas Diponegoro.
- K. Nguyen-Trong, A. Nguyen-Thi-Ngoc, D. Nguyen-Ngoc, and V. Dinh-Thi-Hai, "Optimization of municipal solid waste transportation by integrating GIS analysis, equation-based, and agent-based model," *Waste Manag.*, vol. 59, pp. 14–22, 2017, doi: 10.1016/j.wasman.2016.10.048.
- Peraturan Menteri Dalam Negeri. 2021. *Tata Cara Perhitungan Tarif Retribusi Dalam Penyelenggaraan Penanganan Sampah*.
- Peraturan Daerah Kabupaten Karawang. 2021. *Retribusi Jasa Umum*
- R. I. Hatamleh, M. M. Jamhawi, S. D. Al-Kofahi, and H. Hijazi, "The Use of a GIS System as a Decision Support Tool for Municipal Solid Waste Management Planning: The Case Study of Al Nuzha District, Irbid, Jordan," *Procedia Manuf.*, vol. 44, no. 2019, pp. 189–196, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.221.
- Republik Indonesia, Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008, *Pengelolaan Sampah*, Jakarta
- S. M. Hina *et al.*, "Research in Transportation Economics Effective municipal solid waste collection using geospatial information systems for transportation : A case study of two metropolitan cities in Pakistan," *Res. Transp. Econ.*, vol. 84, no. June 2019, p. 100950, 2020, doi: 10.1016/j.retrec.2020.100950.
- S. Pengajar, J. Teknik, and P. N. Malang, "BIAYA ANGKUT STATIONARY CONTAINER SYSTEM ( SCS ) PADA," vol. 8, pp. 1–8, 2016.

- Supit, Tonny, O. et al. 2015. *Evaluasi Teknis Pengangkutan Sampah Di Kota Bitung*. MT. Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Triani, Evi. et al. 2017. *Optimalisasi Kinerja Pengelolaan Sampah Di Kota Palangka Raya*. MT, Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Triwibowo, Danang. Halimatussadiah, Alin. 2016. Aplikasi Model Optimasi untuk Meningkatkan Efisiensi Pengangkutan Sampah di Kota Cilegon. Vol. 16 No. 1. P2015: 59-80
- V. O. L. No, K. M. Aminuddin, P. Randini, and H. Jimmyanto, "ISSN : 2355-3553 TEKNIKA : Jurnal Teknik ALANG-ALANG LEBAR KOTA PALEMBANG TEKNIKA : Jurnal Teknik ISSN : 2355-3553," vol. 7, no. 1, pp. 30–36, 2018.