

Optimasi Rute Angkutan Sampah Kecamatan Sungai Kunjang Kota Samarinda Dengan Metode penyelesaian Vehicle Routing Problem (VRP)

Deti Saskia Dela Ferdian¹, Triana Sharly P. Arifin², Masayu Widiastuti³

^{1,2,3} Prodi Teknik Sipil, Universitas Mulawarman Samarinda

Email: ¹ deynasaskia@yahoo.co.id, ² [triana.sharly@gmail.com](mailto: triana.sharly@gmail.com), ³ widiwidada@ft.unmul.ac.id

Artikel Informasi

Riwayat Artikel

Diterima, 12 Juli 2022

Direvisi, 25 Juli 2022

Disetujui, 3 Agustus 2022

Kata Kunci:

Rute Angkutan Sampah;
Vehicle Routing Problem;
Savings;
Nearest Neighbor

Keywords:

Garbage Routing Road;
Vehicle Routing Problem;
Savings;
Nearest Neighbor

ABSTRAK

Berbagai aktivitas memerlukan teknologi transportasi yang mampu menyeimbangkan kebutuhan transportasi, salah satunya transportasi terhadap jasa angkutan sampah. Kecamatan Sungai Kunjang dengan luas wilayah 69,03 km² dalam sehari produksi sampah mencapai 110,171 ton. Proses pengambilan sampah saat ini dilakukan dengan pengambilan secara manual bak rute dan kontainer statis dan tempat pemrosesan akhir (TPA) yang hanya satu di kota Samarinda yaitu tempat pemrosesan akhir (TPA) Bukit Pinang, jumlah armada dan biaya operasional armada angkutan sampah yang terbatas mengakibatkan proses pengangkutan hanya dapat dilaksanakan satu kali putaran perkendaraan yaitu dari pangkalan menuju setiap pembuangan sementara yang ada selanjutnya, dibawa ke tempat pemrosesan akhir (TPA) dan berakhir kembali di pangkalan. Tujuan dari penelitian ini sama dengan tujuan dari vehicle routing problem (VRP) itu sendiri dimana untuk menentukan rute pengantaran yang paling optimal untuk setiap kendaraan, sehingga jarak tempuh total dari seluruh kendaraan dapat diminimalkan. Dinas Lingkungan Hidup kota Samarinda menepatkan dua (2) armada arm roll dengan dua (2) rute angkut atau rute perjalanan menempuh perjalanan sebesar 123,92 km dan waktu operasional selama 3,73 jam dengan kebutuhan bahan bakar sebanyak 24,784 Liter, untuk enam (6) armada dump truck total jarak tempuh dari 6 rute perjalanan adalah 248,12 km yang memerlukan waktu selama 11,69 jam dan 39,98 Liter bahan bakar namun, dengan vehicle routing problem (VRP) nilai penghematan 123,74 km/rit dari rute eksisting, dapat menghemat waktu tempuh selama 4,26 jam/rit dan menghemat kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) sebanyak 24,75 Liter/rit.

ABSTRACT

Various activities require transportation technology that is able to balance transportation needs, one of which is transportation to waste transportation services. Sungai Kunjang sub-district with an area of 69.03 km² in a day with waste production per day reaching 110,171 tons, a situation that is not proportional to the conflict between the transportation route and the final processing site (TPA) which is only one in the city of Samarinda, namely the Sungai Pinang final processing site (TPA). the limited fleet and operational costs of the waste transportation fleet mean that the transportation process can only be carried out once, namely from the base to each subsequent temporary disposal site, taken to the final processing site (TPA) and ends back at the depo. The purpose of this study is the same as the purpose of the vehicle routing problem (VRP) itself which is to determine the most optimal delivery route for each vehicle, so that the total mileage of all vehicles can be minimized. The Samarinda City Environment Service or Dinas Lingkungan Hidup kota Samarinda has assigned two (2) arm roll fleets with two (2) transport routes or travel routes of 123.92 km and an operational time of 3.73 hours with a fuel requirement of 24.784 Liters, for six (6) dump truck fleet The total mileage of the 6 routes is 248.12 km which takes 10.653 hours and 49.624 Liters of fuel. As for the optimization of the Vehicle Routing Problem, the arm roll fleet covered a distance of 116.79 km, operating time of 3.72 hours and 23.358 liters of fuel. In a dump truck, the total distance traveled from 6 routes with the optimization of the Vehicle routing problem is 152.14 km with an operational time of 8.2035 hours and fuel of 31.35 Liters.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Penulis Korespondensi:

Deti Saskia Dela Ferdian

Prodi Teknik Sipil, Universitas Mulawarman Samarinda

Email: deynasaskia@yahoo.co.id

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk yang pesat di daerah perkotaan mengakibatkan daerah pemukiman semakin luas dan padat salah satunya di kecamatan Sungai Kunjang kota Samarinda, dari data Badan Pusat Statistik kota Samarinda kecamatan Sungai Kunjang sendiri adalah kecamatan dengan penduduk nomor dua terbanyak di kota Samarinda yaitu 119.868 jiwa dengan luas wilayah 69,03 km². Dengan kepadatan penduduk tersebut dalam sehari Sungai Kunjang memproduksi sampah sebanyak 110.171 ton namun tempat pemrosesan akhir (TPA) yang ada di kota Samarinda hanya satu yaitu tempat pemrosesan akhir (TPA) Bukit Pinang.

Menurut definisi world health organization (WHO) sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Pengangkutan sampah di kecamatan Sungai Kunjang dimulai dari pukul 06.00 pagi – 06.00 pagi oleh dump truck dan arm roll atau pengambilan sampah dilakukan dengan cara pengambilan manual bak rute dimana kendaraan akan mendatangi tempat penampungan sementara (TPS) untuk dilakukan pemuatan ke dalam truk, setelah penuh truk akan menuju tempat pemrosesan akhir (TPA) untuk melakukan proses unloading. Selanjutnya cara load haul dimana truk dengan kontainer kosong menuju lokasi TPS untuk menurunkan kontainer kosong dan mengambil kontainer yang penuh untuk dibawa ke TPA.

Permasalahan ini sangat sesuai dengan metode vehicle routing problem (VRP) yang meyinggung tentang cara penggunaan yang efisiensi dari permasalahan rute kendaraan dimana menggunakan metode Heuristik nearest neighbors dengan matriks saving yang bertujuan untuk mencari rute terpendek dan sebagai solusi perubahan rute karena metode ini ini selalu mengunjungi konsumen terdekat yang belum di kunjungi sebelumnya

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Transportasi

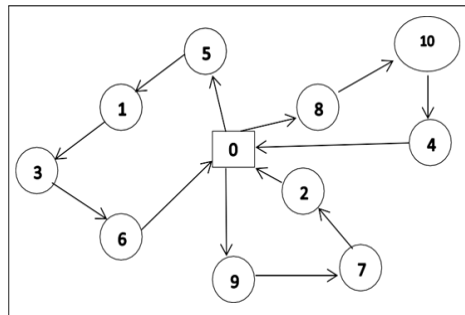
Menurut Morlok (1978) Transportasi adalah kegiatan memindahkan atau mengangkut dan teknik transportasi sebagai penerapan dari sains dan matematika di mana sifat-sifat zat dan sumber energi alami ini dipakai untuk mengangkut penumpang dan barang dengan suatu cara yang berguna bagi manusia. Namun tidak berarti bahwa bidang transportasi itu hanya terbatas pada ilmu-ilmu dan ahli-ahli yang disebutkan di atas tadi.

Pemrosesan dan Pewadahan Sampah Kota Samarinda

Usaha mengelola sampah ini sendiri diatur di dalam peraturan daerah kota Samarinda dalam Pemrosesan serta pewadahan sampah yang dijelaskan dalam Peraturan Daerah kota Samarinda Nomor 02 Tahun 2011 tentang diterangkan oleh SNI 19-2454-2002. Dinas Lingkungan Hidup kota Samarinda menugaskan enam (6) buah dump truck dan empat (4) buah arm roll untuk kecamatan Sungai Kunjang dalam mengangkut sampah di tempat penampungan sementara (TPS) ke tempat pemrosesan akhir (TPA) tempat di mana sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya, dalam proses ini pemindahan sampah ke kontainer dilakukan secara manual dan mekanis yaitu pengisian dilakukan oleh petugas atau load haul

Optimasi Vehicle Routing Problem

Menurut Fisher, vehicle routing problem (VRP) didefinisikan sebagai sebuah pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah vehicle yang harus melakukan perjalanan untuk mengunjungi sejumlah tempat untuk mengantar dan atau menjemput orang atau barang. Istilah kostumer atau pelanggan digunakan untuk menunjukkan pemberhentian untuk mengantar atau menjemput orang atau barang.



Gambar 1. Ilustrasi jaringan vehicle routing problem

Kapasitas Munjung (Q)

Kapasitas munjung adalah volume material di dalam bucket yang diusahakan menggunung sesuai dengan sifat materialnya. Untuk mendapatkan volume kapasitas munjung maka digunakan data ukuran bak yang akan diperhitungkan volumenya dengan menambahkan simpul 30° pada tiap sisinya, oleh sebab itu divisualisasikan dengan bentuk limas segi empat.

$$V = 1/3 \times \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi}$$

Gandar Truk terhadap Kelas Jalan

Gandar truk adalah distribusi beban dari truk yang ditandai dengan muatan sumbu, muatan sumbu sendiri merupakan beban kendaraan yang disalurkan pada suatu sumbu penumpu kendaraan yang berupa sumbu roda. Semakin banyak sumbu roda maka beban pada tiap sumbu akan berkurang karena beban keseluruhan kendaraan didistribusikan pada banyak sumbu.

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	 ○ RODA TUNGGAL PADA UJUNG SUMBU ● RODA GANDA PADA UJUNG SUMBU
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	

Gambar 2. Konfigurasi beban sumbu

Untuk mencari nilai timbulan sampah data yang digunakan adalah data jumlah penduduk satu kecamatan dan total timbulan sampah yang ada di kecamatan tersebut

Volume timbulan sampah = Jumlah penduduk × Timbulan sampah kawasan

Kemudian dengan data tersebut dapat dihitung densitas atau massa jenis sampah menggunakan rumus dibawah ini :

$$\rho = m/v$$

Di mana:

ρ = Densitas atau massa jenis (kg/m³)

m = Masa (kg)

V = Volume (m³)

Berat total truk (ton) = $\rho \times total\ volume\ angkut$ + Berat Kosong

Distribusi RD = Berat total truk (ton) x RD%

Distribusi RB = Berat total truk (ton) x RB%

Nearest Neighbors

Pada nearest-neighbors pertama kali dilakukan adalah menentukan titik untuk disisipkan dengan mencari titik pelanggan selanjutnya yang paling dekat dengan suatu titik pada satu (1) rute pengambilan sampah di mana pada dasarnya memerlukan jarak dari masing-masing titik pelanggan atau digabungkan menjadi matriks jarak dari tiap pelanggan.

Saving

Savings disini adalah nilai penghematan dimana nilai rute angkut hantar bolak-balik terhadap pengangkutan sampah (DEPO-TPS-TPA) diperhitungkan jarak, waktu dan kebutuhan bahan bakar minyak dan nilai terhadap lintasan diperhitungkan yang dimana selisih antara kedua nilai antar tersebut adalah nilai penghematan dari rute tersebut.

Jarak Tempuh (Jr)

Jarak tempuh adalah total panjang jarak yang harus dilalui angkutan dalam satu rit perjalanan sama dengan menjumlah jarak dari depo hingga kembali ke depo.

Waktu Tempuh (Tr)

Setiap link (i,j), memiliki waktu perjalanan yaitu

Dalam perhitungan waktu tempuh diperhitungkan pula waktu bongkar muat

$$T_k = T_l / Q_i$$

$$T_L = Q_k \times T_k$$

Sehingga untuk mencari total waktu yang harus di tempuh kendaraan menjadi ;

$$T_r = (T_{ij} + T_L)$$

Di mana:

T_r = Total Waktu perjalanan satu rit perjalanan (jam)

T_{ij} = Waktu perjalanan dari i ke j (antar TPS) (menit) Q

k = Timbulan angkutan sampah di kontainer (m³)

Q_i = Timbulan sampah di TPS (m³)

Tk = Waktu operasi bongkar-muat dari TPS- bak (menit/ m³)

TL= Total waktu bongkar-muat (menit/ m³)

Kebutuhan Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan dalam perjalanan mengangkut sampah. Jumlah bahan bakar (Br) yang dijatahkan oleh Dinas Lingkungan Hidup kota Samarinda untuk masing-masing kendaraan sebanyak 1 liter /5 km.

$$BBM = Jr/Br$$

Dimana :

Br = kuota bahan bakar (liter)

Jr = Total Jarak tempuh (km)

Kecepatan (Real Journey Speed)

Kecepatan perjalanan dimana kecepatan total sepanjang ruas jalan (K) dalam satu rit perjalanan pengangkutan sampah kondisi eksisting.

$$K = K_{-1}+K_{-2}+K_{-n} / N+K$$

Di mana:

K = Kecepatan rata-rata pada satu rit perjalanan/ruas jalan (km/jam).

K-n = Kecepatan sepanjang ruas jalan.

N+K = Jumlah kecepatan yang dihitung.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Berikut adalah peta lokasi dari kecamatan Sungai Kunjang kota Samarinda yang terdiri dari tujuh (7) kelurahan, antara lain; Kelurahan Teluk Lerong Ilir, Kelurahan Karang Anyar, Kelurahan Karang Asam Ulu, Kelurahan Karang Asam Ilir, Kelurahan Lok Bahu, Kelurahan Loa Buah, dan Kelurahan Loa Bakung.

Bagan Alir

Bagan alir penelitian bertujuan untuk menjelaskan langkah-langkah dan urutan-urutan prosedur dari suatu penelitian.



Gambar 3. Diagram alur penelitian

Jenis Data

Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari hasil wawancara dan pengamatan langsung lapangan. Adapun data primer yang diambil antara lain : Rute angkutan sampah, titik koordinat DEPO-TPS-TPA, Ruas jalan yang dilewati dan kecepatan kendaraan di lapangan.

Data Sekunder

Data sekunder adalah data pendukung yang diperoleh dari literatur -literatur dan dokumen atau data Dinas Lingkungan Hidup kota Samarinda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Munjung

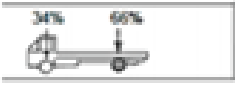
Kapasitas munjung adalah volume material di dalam bucket yang diusahakan menggunung sesuai dengan sifat materialnya. Untuk mendapatkan volume kapasitas munjung maka digunakan data ukuran bak yang akan diperhitungkan dengan menambahkan simpul 30° pada siap sisinya dan divisualisasikan dengan bentuk limas segi empat.

$$V = 1/3 \times \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi}$$

Gandar Truk

Berat truk diperhitungkan untuk mengetahui apakah truk diperbolehkan untuk melewati ruas jalan yang ada dan untuk kecamatan Sungai Kunjang armada tergolong kedalam truk 1,2L seperti konfigurasi truk berikut :

Tabel 1. Daftar Tempat penampungan sementara (TPS) aktif

Konfigurasi Sumbu & Tipe	Berat Kosong (ton)	Berat Muatan Maks. (ton)	Berat Total Muatan Maks. (ton)	UE 18 KSAL Kosong	UE 18 KSAL Maks.	<input type="radio"/> Roda Tunggal Pada Ujung Sumbu <input checked="" type="radio"/> Roda Ganda Pada Ujung Sumbu
1,2L truk	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	

Total volume sampah kecamatan Sungai Kunjang kota Samarinda adalah 294 m³ dengan jumlah penduduk 119.868 jiwa dan laju timbulan sampah kawasan perkampungan sebesar 0,486 kg/orang.hari, didapat volume timbulan sampah perkecamatan sebesar;

$$\begin{aligned}
 \text{Volume timbulan perkecamatan} &= 119.868 \text{ orang} \times 0,456 \text{ kg/orang} \\
 &= 54.659,808 \text{ kg} \\
 &= 54.659,808 \text{ kg} / 1000 \\
 &= 54,659808 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dari nilai volume timbulan sampah perkecamatan didapatkan nilai densitas sampah $\rho = 0,18591771 \text{ ton/ m}^3$. Kemudian dari analisa kapasitas munjung didapatkan volume sampah arm roll adalah 8,12 m³ atau 0,353 ton dan berjumlah 8 kontainer, sehingga volume timbulan sampah untuk TPS yang di kunjungi arm roll adalah 2,82 ton.

Dari volume timbulan sampah yang ada di TPS kontainer ini didapatkan volume timbulan sampah untuk TPS dengan sistem pengangkutan manual dengan armada dump truck 51,83 ton dan volume sampah pada TPS didapat rata-rata sebanyak 2,25 Ton, untuk kendaraan dump truck sendiri berjumlah 6 kendaraan sehingga nilai rata-rata densitas sampah di TPS adalah 12 ton/m³ atau bisa diangkut oleh 3 dump truck dengan kondisi rute antar bolak-balik

Dari data didapatkan data tempat penampungan sementara (TPS) di wilayah Sungai Kunjang :

Tabel 2. Data armada kecamatan Sungai Kunjang

No	Jenis Kendaraan	Nomor Kendaraan	Kapasitas Kendaraan	Brand
1	Dump Truck	KT 8037 BZ	29.045 m ³	ISUZU
2	Dump Truck	KT 8582 B	27,60 m ³	HINO
3	Dump Truck	KT 8596 BZ	27,60 m ³	HINO
4	Dump Truck	KT 8439 BZ	30.52 m ³	MITSUBISHI
5	Dump Truck	KT 8514 BZ	30.52 m ³	MITSUBISHI
6	Dump Truck	KT 8700 B	27,60 m ³	HINO
7	Arm Roll	KT 8521 BZ	8.12 m ³	HINO
8	Arm Roll	KT 8729 B	8.12 m ³	ISUZU

No	Jenis Kendaraan	Nomor Kendaraan	Kapasitas Kendaraan	Brand
9	Arm Roll	KT 8518 BZ	8.12 m ³	ISUZU
10	Arm Roll	KT 8038 B	8.12 m ³	HINO

Tabel 3. Daftar Tempat Penampungan Sementara (TPS) Aktif

No	Lokasi TPS	Kapasitas TPS	Tipe	Angkutan
0	DEPOT	-	-	Dump truk Arm roll
1	TPS CENDANA	$6 \times 4 \times 25 = 30 \text{ m}^3$	Beton	Dump truck
2	TPS PERUM PEMDA	$2,5 \times 1,4 \times 0,8 = 8 \text{ m}^3$	Beton	Dump truck
3	TPS M.T HARYONO	$2,5 \times 1,4 \times 0,8 = 3 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
4	TPS M.T HARYONO	$2,5 \times 1,4 \times 0,8 = 3 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
5	TPS LOA BUAH	$3 \times 1,9 \times 1,2 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Dump truck
6	TPS LOA BUAH 2	$4 \times 1,9 \times 1,2 = 9 \text{ m}^3$	Kontainer	Dump truck
7	TPS ULIN	$5 \times 4,1 \times 4,2 = 20 \text{ m}^3$	Kontainer	Dump truck
8	TPS ULIN	$3 \times 1,9 \times 1,2 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
9	TPS MERANTI	$2,4 \times 1,2 \times 1,1 = 3 \text{ m}^3$	Bak Statis	Dump truck
10	TPS MERANTI 2	$2,4 \times 1,2 \times 1,1 = 3 \text{ m}^3$	Bak Statis	Dump truck
11	TD LOA BAKUNG	$3,4 \times 2 \times 1,1 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
12	TD LOA BAKUNG	$3,4 \times 2 \times 1,1 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
13	TD LOA BAKUNG	$3,4 \times 2 \times 1,1 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
14	TD LOA BAKUNG	$3,4 \times 2 \times 1,1 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
15	TPS SLAMET RIYADI POM	$2,4 \times 1,2 \times 1,1 = 3 \text{ m}^3$	Kontainer	Dump truck
16	TPS SR JEMBATAN	$2,4 \times 1,2 \times 1,1 = 3 \text{ m}^3$	Bak Statis	Dump truck
17	TPS PUSKESMAS	$2,4 \times 1,2 \times 1,1 = 3 \text{ m}^3$	Bak Statis	Dump truck
18	TPS PUSKESMAS 2	$2,4 \times 1,2 \times 1,1 = 3 \text{ m}^3$	Bak Statis	Dump truck
19	TPS IR SUTAMI	$3,2 \times 1,9 \times 1,2 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Dump truck
20	TPS IR SUTAMI 2	$3,2 \times 1,9 \times 1,2 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Dump truck
21	TPS GG SUBUR	$4 \times 1,9 \times 1,2 = 9 \text{ m}^3$	Beton	Dump truck
22	TPS PERGUDANGAN	$2,3 \times 1,9 \times 1,1 = 5 \text{ m}^3$	Beton	Dump truck
23	TPS P. LASITARDA	$3 \times 1,9 \times 1,1 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Dump truck
24	TPS KARTEK ANYER	$3,2 \times 1,9 \times 1,4 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Dump truck
25	TPS KH MANSYUR UT	$2,3 \times 1,9 \times 1,1 = 5 \text{ m}^3$	Beton	Dump truck
26	TPS KH MANSYUR 3	$2,2 \times 1,2 \times 0,8 = 3 \text{ m}^3$	Kayu	Dump truck
27	TPS KH MANSYUR 2	$1,9 \times 1,1 \times 0,7 = 2 \text{ m}^3$	Kayu	Dump truck
28	TPS KII MANSYUR 1	$2,4 \times 1,2 \times 1,1 = 3 \text{ m}^3$	Kayu	Dump truck
29	TPS TEUKU UMAR DPR I	$3,2 \times 1,9 \times 1,2 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
30	TPS TEUKU UMAR DPR I	$3,2 \times 1,9 \times 1,2 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
31	TPS TEUKU UMAR I	$3,2 \times 1,7 \times 1,2 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
32	TPS ADAM MALIK	$3,2 \times 1,9 \times 1,2 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
33	TPS ADAM MALIK	$3,2 \times 1,7 \times 1,2 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
34	TPS UNTUNG SUROPATI BLKI	$3,2 \times 1,9 \times 1,2 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
35	TPS PERUM DAKSA	$3,2 \times 1,9 \times 1,3 = 3 \text{ m}^3$	Beton	Dump truck
36	TPS RING ROAD	$3,2 \times 1,9 \times 1,3 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Dump truck
37	TPS KARPOTEK GG ADIPURA	$3,2 \times 1,9 \times 1,3 = 8 \text{ m}^3$	Kontainer	Arm roll
39	TPA	-	-	Dump truk Arm roll

Kemudian dari nilai densitas sampah tersebut akan dicari MST truk untuk berat roda depan dan berat roda belakang. Berikut perhitungan berat truk yang beroperasi ;

Tabel 4. Berat gandar truk armada Arm roll dan Dump truck

No	Jenis Kendaraan	Nomor Kendaraan	Kapasitas Kendaraan	Berat Truk (ton)
1	Dump Truck	KT 8037 BZ	29.045 m ³	7.693
2	Dump Truck	KT 8582 B	27,60 m ³	7.431
3	Dump Truck	KT 8596 BZ	27,60 m ³	7.431
4	Dump Truck	KT 8439 BZ	30.52 m ³	7.974
5	Dump Truck	KT 8514 BZ	30.52 m ³	7.974
6	Dump Truck	KT 8700 B	27,60 m ³	7.431
7	Arm Roll	KT 8521 BZ	8.12 m ³	3.807
8	Arm Roll	KT 8729 B	8.12 m ³	3.807
9	Arm Roll	KT 8518 BZ	8.12 m ³	3.807
10	Arm Roll	KT 8038 B	8.12 m ³	3.807

Di lihat dari masing-masing berat truk diketahui bahwa semua angkutan yang beroperasi aman untuk melewati kelas jalan I-III.

Perhitungan Kecepatan (Real Journey Speed)

Berikut merupakan hasil perhitungan dari kecepatan rata-rata dari semua rute yang di lewati armada atau kendaraan.

Tabel 5. Kecepatan tempuh kendaraan

Rute	Total Jarak Tempuh (km)	Waktu Tempuh (Jam)	Kecepatan (km/jam)
1	66,53	2,425	27,433
2	57,39	2,048	28,029
1	43,14	1,556	27,725
2	21,71	0,764	28,429
3	36,6	1,284	28,514
4	32,56	1,052	30,956
5	75,59	2,721	27,777
6	33,45	1,136	2,443
Kecepatan Rata-rata			28,539

Dari data tabel 5, Diketahui untuk kecepatan rata-rata kendaraan angkutan sampah di wilayah kecamatan Sungai Kunjang adalah 28,539 km/jam atau 29 km/jam.

Optimasi Rute Angkutan Arm Roll

Dari analisis lapangan diketahui bahwa untuk untuk rute 3 dan rute 4 pada tabel 4. Adalah rute dimana TPS nya memiliki pengolahan sampah mandiri yang artinya waktu pengangkutan fleksibel dan terdapat armada tersendiri yang di khususkan untuk mengambil dan mengantar dari tiap TPS yang ada, sehingga sudah di anggap optimum.

Tabel 6. Data TPS yang dilayani Arm Roll

No. TPS	No. Insial	Daftar TPS	Titik Koordinat
0	0	DLH	-0.485092,117.125159
8	1	JL. ULIN (KONTAINER)	-0.507555, 117.118442
29	2	JL. TEUKU UMAR DPR a	-0.50073, 117.11214
30	3	JL. TEUKU UMAR DPR b	-0.50078, 117.11222
31	4	JL. TEUKU UMAR DPR c	-0.50080,117.11232

32	5	JL. ADAM MALIK a	-0.515161,117.115452
33	6	JL. ADAM MALIK b	-0.515165,117.115459
34	7	JL. UNTUNG SUROPATI BLKI	-0.529311 117.11113
37	8	KARPOTEK GG ADIPURA	-0.528322,117,111102
39	9	TPA	-0.456014,117.114467

Tabel 7. Data Rute kondisi eksisting Arm Roll

Rute	Rute Angkutan Sampah	Jarak (km)
1	Depo-Karpotek GG Adipura - TPA-Adam Malik B-TPA - Adam Malik A -TPA - Depo	66.53
2	Depo-Teuku Umar A- TPA- Teuku Umar B - TPA - Teuku Umar C -TPA- BLKI-TPA - Depo	57.39
Total Jarak		123.92

Tabel 9. Matriks Jarak Antar Titik Henti

D/K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0									
1	3,32	0								
2	2,55	1,44	0							
3	2,62	1,58	0,14	0						
4	2,61	1,58	0,13	0,01	0					
5	4,41	1,09	2,18	2,32	2,31	0				
6	4,4	1,08	2,17	2,31	2,31	0	0			
7	5,95	2,23	3,72	3,86	3,86	1,85	1,84	0		
8	6,1	3,5	4,1	4,1	4,2	3,2	3,1	0,3	0	
9	3,93	6,95	6,37	6,44	6,43	8,1	8,1	9,4	10,2	0

Tabel 10. Ritasi Rute Berdasarkan Jarak

Jarak Tempuh Metode Nearest Neighbor											
No	No. TPS/Jarak Tempuh										Jarak Total (km)
1	o	TPS-2	TPA	TPS-4	TPA	TPS-3	TPA	TPS-1	TPA	o	52,49
	o	2,55	6,37	6,43	6,43	6,44	6,95	6,95	6,95	3,93	
2	o	TPS-6	TPA	TPS-5	TPA	TPS-7	TPA	TPS-8	TPA	o	71,83
	o	4,4	8,1	8,1	8,1	9,4	9,4	10,2	10,2	3,93	
Total Jarak											124,32

Dari perhitungan rute lintasan dihitung nilai penghematan rute ;

$$Srute\ 1 = [2,55 + 6,43 + 6,44 + 6,95 + 3,93 + 6,37 + 6,43 + 6,44 + 6,95] - [6,37 + 6,43 + 4,43 + 6,44 + 6,44 + 6,95 + 6,95 + 3,93] = 52,49\ km - 52,49\ km = 0\ km$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai penghematan adalah 0 km, rute yang diterapkan pada pengangkutan sampah r di Sungai Kunjang sudah optimal rute untuk armada Arm roll.

Optimasi Rute Angkutan Dump Truck

Berikut adalah TPS dengan permintaan armada dump truck

Tabel 11. Lokasi TPS armada Dump Truck

No	Tempat Penampungan Sementara	Titik Koordinat	Kapasitas (m ³)
0	DEPOT	-0.485092,117.125159	0
1	TPS CENDANA	-0.497705,117.123867	30
2	TPS PERUM PEMDA	-0.492058,117.119643	3
3	TPS LOA BUAH	-0.559993,117.077953	8
4	TPS LOA BUAH 2	-0.560061,117.077934	8
5	TPS ULIN	-0.507622,117.116842	20
6	TPS MERANTI	-0.503239,117.118318	8
7	TPS MERANTI 2	-0.503345,117.118720	8
8	TPS SLAMET RIYADI POM	-0.501482,117.124033	8
9	TPS SR JEMBATAN	-0.5186446,117.116404	3
10	TPS PUSKESMAS	-0.510003,117.117660	3
11	TPS PUSKESMAS 2	-0.510004,117.117680	3
12	TPS IR SUTAMI	-0.520659,117.110560	8
13	TPS IR SUTAMI 2	-0.520459,117.110476	8
14	TPS GG SUBUR	-0.524844,117.104734	9
15	TPS PERGUDANGAN	-0.524324,117.104465	5
16	TPS P. LASITARDA	-0.525702,117.108905	8
17	TPS KARTEK ANYER	-0.537793,117.084617	8
18	TPS KH MANSYUR UT	-0.532852,117.098140	5
19	TPS KH MANSYUR 3	-0.538087,117.087232	3
20	TPS KH MANSYUR 2	-0.537642,117.087667	3
21	TPS KH MANSYUR 1	-0.537229,117.088042	3
22	TPS PERUM DAKSA	-0.506458,177.084294	8
23	TPS RING ROAD	-0.496312,117.086448	8
24	TPA	-0.456014,117.114467	0

Tabel 12. Rute yang di lewati angkutan Dump Truck

Rute	Rute Eksisting	Jarak (km)
1	Depo-Ir Sutami 2- KH mansyur UT-TPA-Perum Daksa-RingRoad-TPA- Depo	43,14
2	Depo-Ir Sutami – SR Jembatan-Puskesmas- Puskesmas 2-Slamet Riyadi POM-TPA-Depo	26,68
3	Depo-Perum Pemda- TPA-Perum Daksa- KH mansyur 2- KH mansyur 3-Kartek Anyar-TPA- Depo	36,6
4	Depo-Meranti 1- Meranti 2-TPA-GG Subur- Pergudangan-TPA-Depo	32,56
5	Depo-Cendana- TPA- Loa Buah -TPA-Loa Buah 2-TPA-Depo	75,69
6	Depo- KH mansyur 1- Ulin-P, Lasitarda-TPA- Depo	33,45
Total Jarak Tempuh		248,12

Dari perhitungan rute lintasan dihitung nilai penghematan rute ;

$$Srute1 = [5,16 + 15,16 + 7,86 + 16,44 + 13,2 + 17,98 + 22,04 + 15,14 + 18,5 + 3.93] \times 3 - [5.16 + 3,26 + 11 + 7,57 + 2,95 + 9,25 + 3.93] = (135,41 \text{ km} \times 3) - 43,14 \text{ km} = 363,11 \text{ km}$$

Tabel 13. Jarak tempuh angkutan dan nilai penghematan Dump Truck

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (km)	Rute Menurut Lintasan (km)	Nilai Penhematan Rute (km)
1	406,23	43,12	363,11

2	350,85	21,71	329,14
3	560,79	33,44	527,35
4	322,44	42,17	280,27
5	378,33	27,31	351,02
6	302,31	32,17	270,14
Total	2320,95	199,92	2121,03

Kemudian mencari nilai penghematan pada kebutuhan bahan bakar, dari Dinas Lingkungan Hidup kota Samarinda memfasilitasi bahan banyak minyak sebanyak 1 Liter/ 5 km, sehingga didapatkan kebutuhan bahan bakar sebanyak :

Tabel 14. Jarak tempuh angkutan dan nilai penghematan rute

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (Liter)	Rute Menurut Lintasan (Liter)	Nilai Penhematan Rute (Liter)
1	81,24	8,62	72,62
2	70,17	4,34	65,82
3	112,15	6,68	105,47
4	644,8	8,43	56,05
5	75,66	5,46	70,20
6	60,46	6,43	54,02
Total	464,19	39,98	424,20

Dari jarak tempuh didapatkan waktu tempuh kendaraan dengan menggunakan data real journey speed lapangan 29 km/jam.

Tabel 15. Waktu tempuh yang dilalui armada rute optimasi Nearest Neighbors

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (Jam)	Rute Menurut Lintasan (Jam)	Nilai Penhematan Rute (Jam)
1	9,22	0,63	8,59
2	13,17	1,20	11,96
3	12,60	1,45	11,15
4	21,63	0,95	20,69
5	6,67	0,90	5,76
6	11,80	1,10	10,69
Total	75,11	6,24	68,87

Kemudian menggunakan waktu bongkar muat angkutan

$$T_k = 45 \text{ menit} / 30 \text{ m}^3 = 1.5 \text{ menit/m}^3 \approx 0.025 \text{ jam/m}^3$$

Didapatkan waktu bongkar muat kendaraan dalam megangkut sampah yang ada pada Tabel 16.

Tabel 16. Waktu bongkar muat kendaraan armada dump truck rute eksisting

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (Jam)	Rute Menurut Lintasan (Jam)	Nilai Penhematan Rute (Jam)
1	2,89	1,07	1,82
2	3,9	0,62	3,27

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (Jam)	Rute Menurut Lintasan (Jam)	Nilai Penhematan Rute (Jam)
3	1,87	0,42	1,45
4	3,9	0,75	3,15
5	4,65	1,15	3,5
6	4,36	0,77	3,5
Total	21,57	4,80	16,77

Sehingga didapatkanlah waktu operasional pada rute eksisting seperti tabel berikut

Tabel 17. Waktu operasional sampah rute eksisting

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (Jam)	Rute Menurut Lintasan (Jam)	Nilai Penhematan Rute (Jam)
1	17,90	2,5	15,34
2	13,97	1,37	12,59
3	23,23	1,57	21,65
4	15,76	2,20	13,56
5	17,39	2,09	15,30
6	31,99	1,88	30,11
Total	120,28	11,69	108,58

Rute Dengan Optimasi Nearest Neighbors

Dari tiap lokasi tempat penampungan sementara (TPS) menggunakan bantuan titik koordinat bing-key maps dan visual basic didapatkanlah jarak antar titik lokasi, dimana jarak ini pula akan disesuaikan dengan ruas jalan yang dilewati dalam kondisi perjalanan eksisting.

Tabel 18. Rute angkut berdasarkan Nearest Neighbors

Rute	Rute Eksisting	Jarak (km)
1	Depo-- P. Pemda -- Meranti -- Meranti 2 -- Puskesmas-- Puskesmas-- TPA—Depo	18,27
2	Depo--Cendana-- TPA--S. Riyadi POM -- S. Riyadi Jembatan -- Ir Sutami 2—Ir Sutami 2 --TPA—Depo	34,92
3	Depo--Ulin -- Pergudangan -- TPA-- GG Subur -- P. Lasitarda -TPA—Depo	42,17
4	Depo -- KH mansyur UT-- KH mansyur 3-- KH mansyur 2 -- KH mansyur 1-- Kartek Anyer --TPA -- Depo	27,31
5	Depo--Perum Daksa--Ring Road -- TPA--Depo	26,32
6	Depo-- Loa Buah -- Loa Buah 2 --TPA--Cendana -- TPA -- Depo	32,17
Total Jarak Tempuh		181,52

Sama dengan rute eksisting nilai penghematan dari tiap rute dengan antar bolak-balik (DEPO- TPS-TPA) dan rute menurut lintasan akan diperhitungkan :

$$Srute1 = [(1,11 + 6,58 + 6,66 + 7,6 + 7,7 + 6,71 + 13,34 + 14,24 + 14,6 + 3,93] \times 3 - [1,1 + 2,3 + 0,04 + 1,1 + 0,2 + 7,3 + 3,93] = 267,51 - 18,27 = 249,24 \text{ km}$$

Tabel 19. Jarak tempuh yang dilalui armada rute optimasi Nearest Neighbors

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (km)	Rute Menurut Lintasan (km)	Nilai Penhematan Rute (km)
1	267,51	18,27	249,24

2	381,96	34,92	347,04
3	365,67	42,17	323,5
4	627,45	27,67	600,14
5	193,62	26,32	167,3
6	342,24	32,17	310,07
Total	2178,45	181,52	1997,29

Menggunakan data fasilitas bahan bakar minyak (BBM) 1 Liter/ 5 km, real journey speed 29 km/jam, dan waktu bongkar muat 0,025 jam/m³ di dapatkan hasil :

Tabel 20. Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) rute Nearest Neighbors

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (Liter)	Rute Menurut Lintasan (Liter)	Nilai Penhematan Rute (Liter)
1	53,50	3,65	49,84
2	76,39	698	69,40
3	73,13	8,43	64,7
4	125,49	5,53	120,02
5	38,72	5,26	33,46
6	68,44	6,43	62,01
Total	435,69	36,23	399,45

Tabel 21. Waktu tempuh perjalanan armada rute Nearest Neighbors

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (Jam)	Rute Menurut Lintasan (Jam)	Nilai Penhematan Rute (Jam)
1	9,22	0,63	8,59
2	13,17	1,20	11,96
3	12,60	1,45	11,15
4	21,63	0,95	20,69
5	6,67	0,90	5,76
6	11,80	1,10	10,69
Total	75,11	6,24	68,87

Tabel 22. Waktu bongkat muat perjalanan armada rute Nearest Neighbors

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (Jam)	Rute Menurut Lintasan (Jam)	Nilai Penhematan Rute (Jam)
1	3,52	0,62	2,9
2	4,19	0,67	3,51
3	2,92	0,42	2,5
4	2,92	0,5	2,37
5	0,94	0,2	0,74
6	0,82	0,2	0,62
Total	3,52	0,62	2,9

Tabel 23. Waktu operasional perjalanan armada rute Nearest Neighbors

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (Jam)	Rute Menurut Lintasan (Jam)	Nilai Penhematan Rute (Jam)
1	12,74	1,25	11,49
2	17,36	1,87	15,48
3	15,53	1,87	13,65

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik (Jam)	Rute Menurut Lintasan (Jam)	Nilai Penghematan Rute (Jam)
4	24,56	1,49	23,06
5	7,62	1,10	6,51
6	12,62	1,30	11,31
Total	90,45	8,92	81,53

Tabel 24. Nilai penghematan yang dilalui antara rute eksisting dan rute Nearest Neighbors

Rute	Rute Hantar Bolak-Balik	Rute Menurut Lintasan	Nilai Penghematan Rute
JARAK TEMPUH (km)			
Eksisting	2320,95	199,92	2121,03
Optimasi NN	2178,45	181,52	1997,29
Selisih	142,5	18,4	123,74
WAKTU OPERASIONAL (JAM)			
Eksisting	120,281	11,69	108,584
Optimasi NN	90,45	8,92	81,53
Selisih	29,82	2,77	27,04
KEBUTUHAN BAKAR (Liter)			
Eksisting	464,19	39,98	424,20
Optimasi NN	435,69	36,23	399,45
Selisih	28,5	3,75	24,75

Dapat dilihat dari nilai penghematan rute eksisting dan rute nearest neighbors pada Tabel 4.27, rute optimasi nearest neighbors mampu menghemat jarak sepanjang 123,74 km/rit dari rute eksisting, menghemat waktu tempuh 4,26 jam/rit dan menghemat kebutuhan bahan bakar sebanyak 24,75 Liter/rit.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi kasus optimasi rute angkutan sampah kecamatan Sungai Kunjang dengan metode penyelesaian vehicle routing problem (VRP), diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Efektifitas rute angkutan sampah yang telah diterapkan oleh Dinas Lingkungan Hidup kota Samarinda untuk armada arm roll sudah optimum karena didapatkan nilai penghematan optimasi rute antar bolak-balik 0 km/rit. Sedangkan untuk armada dump Truck dapat dikatakan kurang optimal dikarenakan dengan melihat dari selisih yang didapatkan dari rute angkut secara antar bolak-balik dengan rute menurut lintasan memiliki nilai penghematan 123,74 km/rit dari rute eksisting, dapat menghemat waktu tempuh selama 4,26 jam/rit dan menghemat kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) sebanyak 24,75 Liter/rit.
2. Proses optimasi vehicle routing problem yang digunakan adalah metode nearest neighbor dan jarak terdekat dalam mengangkut sampah yang di ritasikan menjadi satu rute lintasan. Kemudian dari nilai rute antar bolak-balik (Depo-TPS- TPA) dan nilai rute lintasan didapatkan nilai penghematan rute tersebut. Dari rute eksisting lapangan dan rute Nearest Neighbor akan dipertimbangkan jika terdapat nilai penghematan antara rute eksisting dan

rute Nearest Neighbor maka dengan vehicle routing problem berhasil menghasilkan rute yang lebih optimum.

3. Optimasi rute angkutan sampah dilakukan dengan mengubah titik pelanggan dari tujuan awal atau selanjutnya menuju titik pelanggan terdekat, arm roll memiliki permintaan tetap dari Depo-TPS-TPA, maka lokasi yang diambil setelah TPA adalah lokasi TPS terdekat dari TPA. Untuk armada dump truck ditetapkan bahwa kendaraan dari Depo akan pergi ke lokasi TPS atau mengangkut sampah hingga muat angkut terpenuhi, sebelum kembali ke depo truk harus mengantarkan sampah ke TPA atau bak harus keadaan kosong saat kembali ke depo.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran sebagai berikut;

1. Untuk penelitian selanjutnya bisa mengoptimasi rute angkutan sampah pada kecamatan-kecamatan lain di kota Samarinda.
2. Dapat melakukan perhitungan pada bidang lain atau membandingkan dengan metode lain dalam menyelesaikan masalah VRP, sehingga diperoleh kelebihan dan kekurangan antar metode dan mengetahui metode yang lebih efektif.
3. Untuk instansi terkait untuk mengupdate titik koordinat dari lokasi tempat penampungan sementara (TPS).

DAFTAR PUSTAKA

- Apaydin, O. dan Gonullu, M.T. 2007. Route Optimization For Solid Waste Collection . Trabzon (Turkey) Case Study. 9(1): 6–11.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 19- 2454-2002. Standar Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2019. Indeks Penduduk Kecamatan Sungai Kunjang Kota Samarinda. Badan Pusat Statistik.
- Bina Marga, 1983. Manual Pemeriksaan Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelman Beam. No.01/MN/B/1983, Yayasan Penerbitan PU, Jakarta.
- Boddapu Hemanth (2020). "Tentang Boddapu Hemanth": How to calculate Driving Distance Matrix on Excel Using Bing Maps API", Diakses dari <http://www.youtube.com/user/HemanthBoddapu/4Trcpq2ldoc> pada 04 Agustus 2020.
- Chopra, S. and Meindl, P. 2007. Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation, 2nd or 3rd Edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Harun A.Lubis, Andrean Maulana, dkk. 2016. Penerapan Konsep Vehicle routing problem dalam Kasus Pengangkutan Sampah di Perkotaan. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung:Bandung.
- Hadi Harisma. 2017. Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Kota Samarinda Dengan Metode Penyelesaian Vehicle routing problem (VRP) (Studi Kasus: Kecamatan Samarinda Ulu).Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945. Samarinda.

- Harry S. & Syamsudin N. 2011. Penerapan Supply Chain Management pada Proses Management Distribusi dan Transportasi untuk Meminimasi Waktu dan Biaya Pengiriman. *Jurnal Poros Teknik*. Vol. 3, No. 1, Hlm.26-33.
- Hendrawan, Bambang Eko. 2007. Implementasi Algoritma Paralel Genetic Algorithm untuk Penyelesaian Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem. Tugas Akhir Insitut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Helena Ratya, Welly Herumurti. 2017. Timbulan dan Komposisi Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Rungkut Surabaya. Surabaya: Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Joseph Christian S. 2011. Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Kota Makassar dengan Metode Penyelesaian Vehicle routing problem (VRP). Tugas Akhir Universitas Hasanudin.
- Morlok, Edward K. 1978. "Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi", University of Pennsylvania.
- Pemerintah kota Samarinda. 2011. Peraturan Daerah kota Samarinda Nomor 01 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Sampah. Samarinda.
- Republik Indonesia. 2004. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan dan Peraturan Pemerintah Jakarta: Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.
- Republik Indonesia. 2006. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan. Jakarta: Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.
- Republik Indonesia. 2009. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Jakarta: Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.