

# Penentuan Rute dan Penjadwalan Pengangkutan Sampah di Kota Bandung Wilayah Bandung Barat dengan Menggunakan *Tabu Search*

Yogi Yogaswara<sup>1\*</sup>, Ferina Farah Fatin<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan

Jl. Dr. Setiabudhi 193, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

Email<sup>1\*</sup>: yogiyoga@unpas.ac.id

Dikirimkan: 09, 2019. Diterima: 09, 2019. Dipublikasikan: 03, 2020.

**Abstract**— The route determination Model is commonly known as the *Vehicle Routing Problem (VRP)*, VRP deals with determining the route to produce the best route in problems involving more than one vehicle with a certain capacity to serve a number of customer's point according to their respective demands, one of the main purpose of route determination is to minimize total distances. PD. Kebersihan Kota Bandung has been facing one of the problems related to vehicle routing since the route used for waste transport by the company currently does not pay attention to the location and distance of the TPS to be visited, resulting in a longer total distance of 564, 30 km. With the current routes, the company does not have a definite schedule of trash transport, this problem concern involve for trashbin heap. Therefore, VRP research was conducted to determine the transportation of waste routes in West Bandung area by producing solutions that can be proposed to reduce the total distances. The research was solved using the *Tabu Search* method, the application of this method requires the initial solution. In this study, the saving and sequential method insertion used to create the initial solution, then the initial solution was done repair by using the *Tabu Search* algorithm. The result of data processing with taboo Search generates 15 routes with the total mileage for each day of 448.48 km. Total distance generated by *Tabu Search* resulted in a decline of 115.82 km or give a savings of 20.53% from Total distance with the current route. Based on the route comes from *Tabu Search*, there is a schedule for garbage transport schedules in the TPS and obtained the total time of service by 15 vehicles on each day of 63.45 hours. **Keywords**— *Waste Trasnport; Vehicle RoutingProblem; Saving and Sequential insertion ; Tabu Search* .

**Abstrak**— Model penentuan rute pada umumnya dikenal dengan *Vehicle Routing Problem (VRP)*, VRP berkaitan dengan penentuan rute untuk menghasilkan rute terbaik dalam permasalahan yang melibatkan lebih dari satu kendaraan dengan kapasitas tertentu untuk melayani sejumlah titik pelanggan sesuai dengan permintaan masing-masing, tujuan penentuan rute ini salah satunya adalah untuk meminimumkan jarak tempuh. Penentuan rute menjadi salah satu permasalahan PD. Kebersihan Kota Bandung yang bergerak dibidang pengangkutan sampah, karena rute yang digunakan oleh perusahaan saat ini tidak memperhatikan lokasi dan jarak Tempat Pembuangan Sementara (TPS) yang akan dikunjungi, sehingga menghasilkan total jarak tempuh yang lebih jauh yaitu sebesar 564,30 km. Dengan rute yang digunakan saat ini, perusahaan tidak memiliki jadwal pengangkutan sampah secara pasti yang memberikan kekhawatiran timbulnya penumpukan sampah. Oleh karena itu, dilakukan penelitian VRP untuk menentukan rute pengangkutan sampah di wilayah Bandung Barat dengan menghasilkan solusi yang dapat diajukan untuk mengurangi total jarak. Penelitian ini diselesaikan dengan menggunakan metode *Tabu Search*, penerapan metode ini memerlukan adanya solusi awal. Dalam penelitian ini, metode *saving* dan *Sequential insertion* yang digunakan untuk membuat solusi awal, selanjutnya solusi awal tersebut dilakukan perbaikan dengan menggunakan algoritma *Tabu Search*. Hasil pengolahan data dengan *Tabu Search* menghasilkan 15 rute dengan total jarak tempuh untuk setiap harinya sebesar 448,48 km. Total jarak yang dihasilkan *Tabu Search* menghasilkan penurunan sebesar 115,82 km atau memberikan penghematan sebesar 20,53% dari total jarak dengan rute saat ini. Berdasarkan rute yang dihasilkan dari *Tabu Search*, selanjutnya dilakukan penjadwalan pengangkutan sampah disetiap TPS dan memperoleh waktu pelayanan yang dibutuhkan oleh 15 kendaraan setiap harinya sebesar 63,45 jam.

**Kata Kunci**— *Pengangkutan Sampah; Vehicle Routing Problem (VRP); Saving dan Sequential insertion ; Tabu Search* .

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pertambahan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat menimbulkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam [1].

Perkembangan kota-kota di negara-negara berkembang khususnya di Indonesia menimbulkan tidak sedikit permasalahan pembangunan. Mulai dari permasalahan urbanisasi yang meningkat, permasalahan permukiman kumuh dan berakibat kepada sanitasi yang buruk, permasalahan transportasi, permasalahan air bersih hingga permasalahan sampah perkotaan sebagai akibat aktivitas penduduk [2].

Kota Bandung merupakan salah satu kota besar di Indonesia dengan jumlah penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya berdasarkan proyeksi penduduk dalam kurun waktu 2012 – 2017. Jumlah penduduk Kota Bandung hingga tahun 2017 terus meningkat dari tahun sebelumnya, yaitu dengan berjumlah 2.497.938 jiwa, dengan komposisi laki-laki berjumlah 1.267,7 juta jiwa dan perempuan berjumlah 1.230,3 juta jiwa [3].

Dengan peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya, maka volume sampah yang dihasilkan Kota Bandung pada tahun 2017 sebanyak 1.600 ton atau 1.600.000 kg. Sampah yang dihasilkan di kota ini terdiri dari beberapa sumber dengan jumlah yang paling banyak bersumber dari pemukiman. Berdasarkan Pendata Kota Bandung, kontribusi sampah paling besar yaitu 66% dari total rata-rata volume sampah Kota Bandung berdasarkan sumber sampah pada tahun 2017 [4]. Dengan hal ini, maka seiring bertambahnya jumlah penduduk meningkatnya juga jumlah sampah yang dihasilkan.

Sampah dapat dikelola secara baik sehingga bersih dari lingkungan permukiman dimana manusia beraktifitas di dalamnya. Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan pengelolaan sampah yang tepat [5].

Badan Pemerintah daerah yang bertanggung jawab dalam pengelolaan sampah yaitu Badan Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Bandung. Salah satu tugas yang dilakukan oleh BPLH Kota Bandung adalah menjaga kebersihan Kota Bandung dengan melakukan kegiatan operasional pengangkutan sampah yang terkumpul di setiap TPS yang terdapat di Kota Bandung, pengangkutan sampah dilakukan dengan menggunakan truk dari TPS menuju ke SPA.

Di Kota Bandung sistem pengangkutan sampah terbagi menjadi 4 wilayah atau sektor yaitu wilayah Bandung Utara, Bandung Selatan, Bandung Barat, dan Bandung Timur. Dari keempat wilayah atau sektor yang ada, sektor Bandung Barat memiliki TPS terbanyak yaitu 53 TPS. Dengan jumlah TPS terbanyak, wilayah Bandung Barat menghasilkan volume sampah sebesar 29.228,4 kg/hari. Berdasarkan total sampah tersebut, didapat perhitungan rata-rata setiap orang dalam menghasilkan sampah setiap harinya di wilayah Bandung Barat yaitu sebesar 0,039 kg/hari per orang dari jumlah penduduk 772.000 jiwa.

Dalam kegiatan operasional pengangkutan sampah di Kota Bandung wilayah Bandung Barat, dengan rute yang digunakan kendaraan pada saat ini untuk menuju TPS tidak memperhatikan jarak antara TPS yang akan dikunjungi. Dengan hal ini, maka berdampak kepada total jarak yang ditempuh kendaraan akan lebih jauh. Selain itu, rute yang digunakan saat ini tidak memiliki jadwal pengangkutan sampah pada setiap TPS nya, jadwal yang dimaksud ini adalah waktu tiba kendaraan pada setiap TPS nya. Dengan belum adanya penjadwalan secara pasti, pihak PD. Kebersihan Kota Bandung mengkhawatirkan akan berdampak pada terjadinya penumpukan sampah di beberapa TPS.

Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan tersebut maka diperlukan penjadwalan pengangkutan sampah yang salah satunya terkait dengan rute yang ditempuh untuk menuju setiap TPS. Dalam hal ini ruas jalan setiap rute yang dilalui memiliki kecepatan rata-rata yang berbeda, yaitu sesuai dengan kepadatan dan kondisi pada setiap ruas jalan yang berpengaruh terhadap waktu tempuhnya.

Permasalahan pengangkutan dengan mempertimbangkan kendaraan, jenis kendaraan yang digunakan, dan masalah penjadwalan kendaraan dikenal dengan *Vehicle Routing Problem* (VRP). Dalam penentuan rute kendaraan pengangkutan sampah, rute kendaraan diawali dan diakhir di depot, sebelum kendaraan kembali ke depot, muatan atau sampah harus di bongkar muat (loading dan unloading) ke stasiun pembuangan antara (SPA). VRP dalam permasalahan pengangkutan sampah dibatasi oleh kapasitas dari kendaraan angkut yang digunakan sehingga permasalahan VRP ini termasuk kedalam *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP).

Penentuan rute pengangkutan sampah di Kota Bandung wilayah Bandung Barat ini dapat digunakan dengan beberapa cara, salah satu cara untuk menyelesaikan hal tersebut dilakukan dengan pengelompokan TPS. Dalam hal ini, tentunya dilakukan pendekatan yang dapat

menentukan jumlah kelompok TPS dengan tetap memperhatikan kapasitas kendaraan yang tersedia, dengan hal ini dapat menentukan rute terpendek dalam setiap cluster nya.

#### B. Perumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang dijelaskan diatas, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana penentuan rute pengangkutan sampah untuk setiap kendaraan di Kota Bandung wilayah Bandung Barat?
2. Bagaimana usulan jadwal pengangkutan sampah di Kota Bandung wilayah Bandung Barat sesuai dengan rute yang telah dihasilkan?

#### C. Pembatasan Masalah

Dalam melakukan penyelesaian masalah, agar persoalan tidak meluas dan menyimpang dari masalah yang diteliti, maka perlu ditetapkan ruang lingkup permasalahan dan asumsi pembatasan agar penyelesaian masalah dapat dilakukan dengan baik dan terarah.

1. Wilayah operasional yang dijadikan penelitian hanya wilayah Bandung Barat.
2. Penelitian dilakukan dari depot awal (pool) menuju TPS yang kemudian diteruskan ke SPA, dengan tidak mencakup ke tempat pembuangan akhir (TPA).
3. Alat angkut yang digunakan yaitu dump truck dengan kapasitas  $10 \text{ m}^3$  yang layak operasi.
4. Faktor kompaksi truk sebesar 20%, sehingga kapasitas truk  $10 \text{ m}^3$  dapat mengangkut sampah  $12 \text{ m}^3$ .
5. Pada perhitungan waktu tempuh kendaraan, memperhatikan kecepatan kendaraan setiap ruas jalan yang dilalui.
6. Jarak  $i$  ke  $j$  sama dengan jarak dari  $j$  ke  $i$  (simetris), artinya jarak titik  $i$  ke  $j$  dan sebaliknya jarak titik  $j$  ke  $i$  adalah sama.

#### D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Untuk menentukan rute kendaraan pengangkutan sampah di Kota Bandung wilayah Bandung Barat.
2. Menyusun jadwal pengangkutan sampah di Kota Bandung wilayah Bandung Barat yang sesuai dengan rute yang dihasilkan.

#### E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Memberikan alternatif rute pengangkutan sampah kepada PD. Kebersihan Kota Bandung khususnya untuk wilayah Bandung Barat.
2. Mengetahui waktu tiba kendaraan di setiap TPS dan waktu pelayanan yang dibutuhkan untuk melayani setiap rute pengangkutan sampah. Dengan hal ini masyarakat dapat membuang sampah sebelum kendaraan tiba pada setiap TPS nya.

#### F. Pengertian VRP

VRP menyatakan bahwa kendaraan yang pada awalnya berlokasi di sebuah depot adalah untuk mengirimkan barang dalam jumlah yang berbeda kepada pelanggan. Menentukan rute optimal yang digunakan oleh sekelompok kendaraan saat melayani sekelompok pengguna merupakan masalah VRP [6].

#### G. Capacitated VRP (CVRP)

CVRP adalah nama generik yang diberikan kepada seluruh kelas masalah di mana seperangkat rute untuk armada kendaraan berdasarkan satu atau beberapa depot harus ditentukan untuk sejumlah pelanggan yang tersebar secara geografis, dan kendaraan memiliki kapasitas pemuatan maksimal. Tujuan CVRP adalah untuk meminimalkan biaya total (yaitu fungsi tertimbang dari jumlah kendaraan dan jarak perjalanan kendaraan) untuk melayani satu set pelanggan dengan tuntutan yang diketahui. Rute harus dirancang sedemikian rupa sehingga setiap pelanggan dikunjungi sekali dan hanya oleh satu kendaraan. CVRP adalah masalah kombinasi yang terkenal yang masuk dalam kategori masalah NP-Hard, karena menyimpulkan masalah pengemasan dan masalah tenaga penjual keliling sebagai kasus khusus [7].

#### H. Metode Heuristik

Dalam penelitian ini metode *heuristic* digunakan sebagai solusi awal untuk melakukan penelitian dengan menggunakan metode metaheuristik. Terdapat beberapa jenis metode yang termasuk kedalam metode heuristik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

##### 1) Clarke and Wright saving

Algoritma *Clarke* dan *Wright* mungkin merupakan heuristik yang paling dikenal luas untuk VRP. Ini didasarkan pada pengertian tabungan atau penghematan. Algoritma ini secara alami berlaku untuk masalah yang jumlah kendaraannya merupakan variabel keputusan, dan bekerja sama baiknya untuk masalah yang diarahkan atau tidak diarahkan.

Dalam algoritma *Clarke and Wright saving* penyelesaiannya adalah sebagai berikut [8]:

Mendaftar jumlah kapasitas maksimum kendaraan yang tersedia dan alokasi kendaraan yang digunakan untuk pengiriman barang ke *customer*, mengasumsikan bahwa setiap *node* permintaan pada rute awal dipenuhi secara individual oleh suatu kendaraan secara terpisah. Dimana setiap *node* membentuk rute tersendiri yang dilayani oleh kendaraan yang berbeda.

Membuat matriks jarak yaitu matriks jarak antara depot dengan *node* dan jarak antar *node*. Pengukuran jarak dari *node* A ke B sama dengan jarak dari *node* B ke A sehingga matriks jarak ini termasuk matriks *symmetric*.

Menghitung nilai penghematan ( $S_{i,j}$ ) berupa jarak tempuh dari suatu kendaraan yang menggantikan dua kendaraan untuk melayani *node*  $i$  dan  $j$ .

$$S_{i,j} = c_{0i} + c_{0j} - c_{ij} \quad (1)$$

Dalam kasus rute kendaraan pengangkut sampah yang terjadi di Kota Bandung wilayah Barat terdapat sedikit perbedaan, dimana kendaraan setelah melalui TPS tidak langsung kembali ke pool, melainkan harus melalui SPA terlebih dahulu lalu kemudian kembali ke depot. Maka rumus penghematan menjadi:

$$S_{ij} = c_{0j} + c_{iSPA} + c_{SPA0} - c_{ij} \quad (2)$$

Membuat urutan penghematan dari yang terbesar ke yang terkecil.

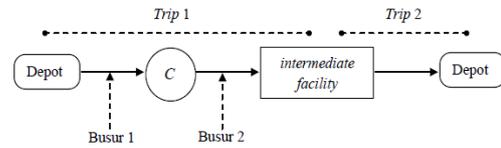
Membuat rute dari titik yang mempunyai nilai penghematan terbesar dan besarnya muatan terangkat dititik itu.

Bila jumlah muatan yang terangkut lebih kecil daripada kapasitas angkut, maka perluas rute dengan menambahkan titik yang memiliki penghematan terbesar selanjutnya. Bila jumlah muatan terangkut sudah memenuhi kapasitas maka dibuat rute yang terbaru. Apabila seluruh barang (dalam hal ini sampah) telah terangkut, maka solusi (cluster) telah diperoleh.

## 2) *Sequential Insertion*

Menurut Laporte untuk membentuk solusi VRP terdapat dua macam cara yaitu menggabungkan rute yang ada dengan kriteria penghematan (*saving criterion*) dan mencoba secara berurutan memasukkan pelanggan dalam rute kendaraan dengan menggunakan kriteria biaya penyisipan (*cost insertion*) [9].

Metode *Sequential Insertion* adalah cara memecahkan masalah dengan menyisipkan konsumen diantara urutan konsumen yang telah terbentuk agar didapatkan hasil yang maksimal.



Gambar 1. Ilustrasi penyisipan dengan metode *sequential insertion*

## I. *Metode Metaheuristik*

Metaheuristik saat ini untuk VRP secara luas dapat diklasifikasikan ke dalam metode pencarian lokal dan heuristik berbasis populasi. Metode pencarian lokal mengeksplorasi ruang solusi dengan memindahkan setiap iterasi dari solusi ke solusi lain di lingkungannya, salah metode yang termasuk pencarian lokal adalah *Tabu Search*.

### J. *Tabu Search*

Pencarian tabu pertama digunakan untuk berbagai masalah kombinatorial telah muncul dalam literatur penelitian operasi. Dalam beberapa kasus, metode yang dijelaskan memberikan solusi yang sangat mendekati optimalitas dan merupakan yang paling efektif. Berikut langkah-langkah dengan *Tabu Search*:

### K. *Inisialisasi*

Hasil penentuan rute awal dengan menggunakan metode heuristik.

Bangkitkan solusi untuk menentukan solusi terbaik  $x^*$  dengan jarak total  $z^*$ :

Misalkan  $x$ , rute sekarang

Tetapkan  $x^* = x$ , rute terbaik

Tetapkan  $Z^* = Z(x)$  (jarak total)

Lakukan Iterasi:

Sementara kriteria pemberhentian belum dicapai, lakukan:

Identifikasi *Neighborhood Set* dengan menciptakan beberapa solusi baru. Bisa menggunakan swap (tukar) dari solusi  $x$ .

Pilih pergerakan yang terbaik dari  $N(x)$  dengan memilih solusi dengan minimum  $z(x)$ ,  $x$  menjadi  $x' \in N(X)$  dan nilai obyektif menjadi  $z(x')$  dan masukkan kedalam *tabu list*.

Cek apakah  $x'$  tabu:

Jika tidak, ke langkah e

Jika Ya, langkah f

Lakukan pertukaran:

$x = x'$ ,  $z(x) = z(x')$

jika  $z(x) < z^*$  maka  $z^* = z(x)$ ,  $x^* = x$

Cek apakah  $x'$  memenuhi kriteria aspirasi

Jika Ya, ke langkah e

Jika Tidak, cek neighbor set

Catat tabu untuk perpindahan sekarang dalam *tabu list*, *update tabu list* dengan cara mengubah isi *tabu list* sebagai berikut:

Jika solusi tidak tabu, tambahkan solusi pada *tabu list*.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir dalam langkah pemecahan masalah digambarkan pada Gambar 2.

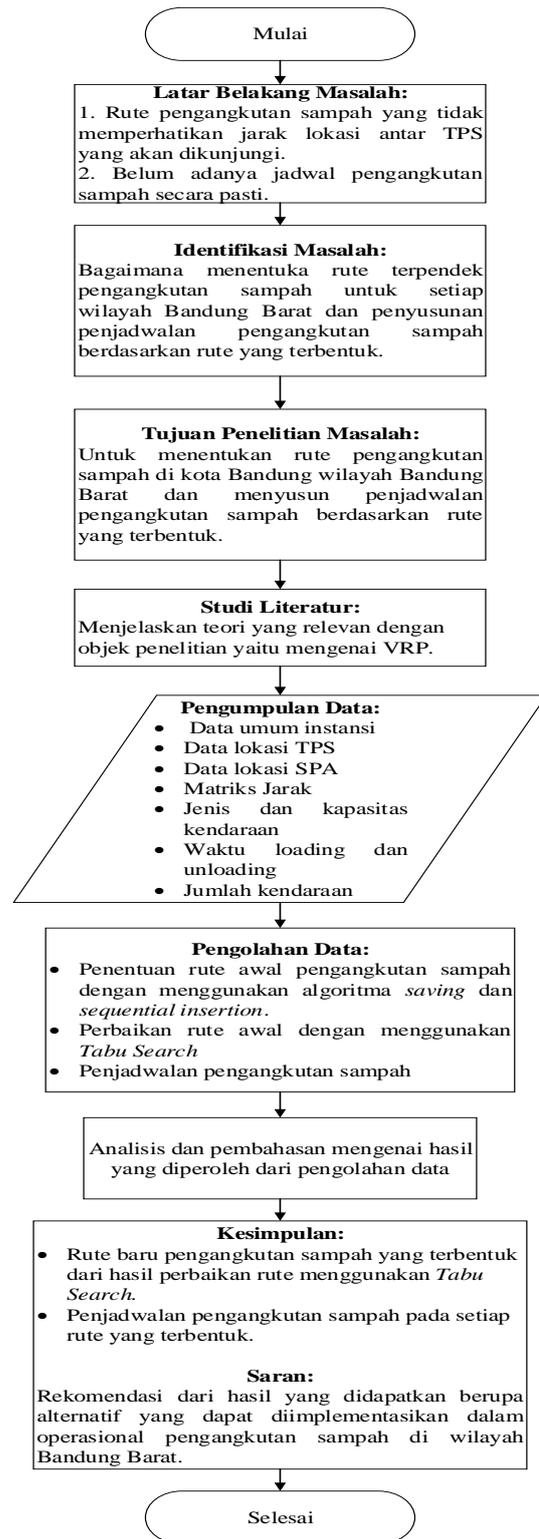
Dalam Gambar 2 pengolahan data *Capacitated VRP (CVRP)* yaitu penentuan solusi awal menggunakan metode *saving* dan *sequential insertion*, dan selanjutnya dilakukan perbaikan dengan menggunakan *Tabu Search*. Berdasarkan rute yang terbentuk dengan menggunakan *Tabu Search* dilakukan penyusunan jadwal pengangkutan sampah untuk setiap TPS.

## III. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil pengolahan data yang dapat dilihat pada table I – VII.

TABEL I  
HASIL RUTE DENGAN METODE *SAVING* DAN *SEQUENTIAL INSERTION*

Dump Truck	Rute	Volume Terangkat (m <sup>3</sup> )	Jarak (Km)
1	0-4-2-1-36-SPA-0	12	33,79
2	0-11-50-10-12-SPA-0	11,5	24,73
3	0-7-8-35-37-34-SPA-0	11,5	34,36
4	0-27-48-SPA-0	11	30,99
5	0-3-45-46-47-SPA-0	11,5	34,51
6	0-40-42-SPA-0	12	32,08
7	0-21-31-39-SPA-0	12	33,15
8	0-20-15-9-24-25-SPA-0	11,5	24,39
9	0-32-38-17-53-SPA-0	12	32,08
10	0-30-43-13-SPA-0	12	29,92
11	0-49-22-51-SPA-0	12	25,72
12	0-33-23-29-26-SPA-0	10,5	25,93
13	0-41-52-14-SPA-0	12	27,45
14	0-19-28-44-SPA-0	11	29,33
15	0-16-18-5-6-SPA-0	10	33,45
<b>Total</b>			<b>451,87</b>



Gambar 2. Kerangka pemecahan masalah

TABEL II  
HASIL RUTE DENGAN METODE *TABU SEARCH*

Dump Truck	Rute	Volume Terangkat (m3)	Jarak (Km)
1	0-4-2-1-36-SPA-0	12	33,79
2	0-11-50-10-12-SPA-0	11,5	24,73
3	0-7-8-35-37-34-SPA-0	11,5	34,36
4	0-27-48-SPA-0	11	30,99
5	0-3-47-46-45-SPA-0	11,5	33,32
6	0-40-42-SPA-0	12	32,08
7	0-21-39-31-SPA-0	12	31,87
8	0-9-15-20-24-25-SPA-0	11,5	23,71
9	0-32-38-17-53-SPA-0	12	32,08
10	0-30-43-13-SPA-0	12	29,92
11	0-49-22-51-SPA-0	12	25,72
12	0-33-23-29-26-SPA-0	10,5	25,93
13	0-41-52-14-SPA-0	12	27,45
14	0-19-44-28-SPA-0	11	29,07
15	0-16-18-5-6-SPA-0	10	33,45
<b>Total</b>		<b>172,5</b>	<b>448,48</b>

TABEL III  
PERBANDINGAN KONDISI EKSTING DAN *TABU SEARCH*

Jarak		Selisih (Km)	Penghematan
Eksisting	Tabu Search		
564,30	448,48	115,82	20,52%

TABEL IV  
HASIL PENJADWALAN PENGANGKUTAN SAMPAH PADA RUTE 1-5

Dump Truck	Rute		Waktu Keberangkatan	Waktu Tiba
	Awal (i)	Tujuan (j)		
1	Depot	Kopo Jaya	08.00	08.19
	Kopo Jaya	Elizabeth	08.49	08.58
	Elizabeth	Sribaduga	09.13	09.15
	Sribaduga	Cendrawasih	09.45	09.48
	Cendrawasih	SPA	11.33	12.01
2	SPA	Depot	12.08	12.35
	Depot	Bak Pandu	08.00	08.18
	Bak Pandu	Bengkel Damri	09.18	9.25
	Bengkel Damr	PT. Inkaba	10.25	10.32
	PT. Inkaba	Rajut Sablon	11.05	11.06
3	Rajut Sablon	SPA	11.29	11.33
	SPA	Depot	11.40	12.06
	Depot	Wiyata Guna	08.00	08.04
	Wiyata Guna	Bina Bakti	08.49	08.56
	Bina Bakti	RS. Hermina	09.19	09.28
4	RS. Hermina	Mega Raya	10.28	10.36
	Mega Raya	HTL. NYLAN	10.51	10.59
	HTL. NYLAN	SPA	11.29	12.03
	SPA	Depot	12.10	12.38
	Depot	W.06 Malebe	08.00	08.15
5	W.06 Malebe	DR. Cipto	09.40	09.48
	DR. Cipto	SPA	11.18	11.41
	SPA	Depot	11.48	12.14
	Depot	PT. CBL	08.00	08.11
	PT. CBL	Tekmira	08.34	08.44
5	Tekmira	inar Ragamind	09.44	09.55
	inar Ragamind	SMA 13	10.40	10.53
	SMA 13	SPA	11.38	11.57
	SPA	Depot	12.04	12.30

TABEL V  
HASIL PENJADWALAN PENGANGKUTAN SAMPAH PADA RUTE  
6 – 11

Dump Truck	Rute		Waktu Keberangkatan	Waktu Tiba
	Awal (i)	Tujuan (j)		
6	Depot	Stasiun Barat	08.00	08.19
	Stasiun Barat	Pasar Rajawali	09.34	09.46
	Pasar Rajawali	SPA	11.01	11.32
	SPA	Depot	11.39	12.05
7	Depot	RW.04 Cibolerang	08.00	08.11
	RW.04 Cibolerang	HTL. Endah Parahyangan	09.41	10.00
	HTL. Endah Parahyangan	Sunson	11.00	11.08
	Sunson	SPA	11.38	11.58
8	SPA	Depot	12.05	12.31
	Depot	Baso Panghegar	08.01	08.05
	Baso Panghegar	Sucofindo	08.20	08.27
	Sucofindo	Sakhyu Putra	09.12	9.17
9	Sakhyu Putra	RS. Rajawali	9.55	10.06
	RS. Rajawali	Tjin Hin	10.51	10.57
	Tjin Hin	SPA	11.27	11.30
	SPA	Depot	11.37	12.04
10	Depot	BIG IS MYLOVE	08.00	08.03
	BIG IS MYLOVE	PT. Abadi	08.48	08.58
	PT. Abadi	Primajasa	09.43	09.55
	Primajasa	Baso Cihampelas	10.25	10.37
11	Baso Cihampelas	SPA	11.37	12.03
	SPA	Depot	13.03	13.33
	Depot	RW. 05 Cigondewah	08.00	08.04
	RW. 05 Cigondewah	Sapta Marga	09.04	09.21
12	Sapta Marga	DEPAG	10.51	10.58
	DEPAG	SPA	11.28	11.51
	SPA	Depot	11.58	12.26
	Depot	Taman Sakura	08.00	08.09
13	Taman Sakura	PT. Rajawali	09.39	09.47
	PT. Rajawali	POM Cibeureum	10.47	10.56
	POM Cibeureum	SPA	11.24	11.44
	SPA	Depot	11.51	12.16

TABEL VI  
HASIL PENJADWALAN PENGANGKUTAN SAMPAH PADA RUTE  
12 – 15

Dump Truck	Rute		Waktu Keberangkatan	Waktu Tiba
	Awal (i)	Tujuan (j)		
12	Depot	Karisma	08.00	08.04
	Karisma	RW. 13 Cigondewah	08.19	08.25
	RW. 13 Cigondewah	King Singer	09.55	10.08
	King Singer	Universal	10.46	10.50
13	Universal	SPA	12.05	12.35
	SPA	Depot	12.41	13.08
	Depot	Mayasari	08.00	08.04
	Mayasari	Rajawali Timur	08.49	08.59
14	Rajawali Timur	PT. Panjunan	10.44	10.54
	PT. Panjunan	SPA	11.24	11.48
	SPA	Depot	11.55	12.15
	Depot	PT. Sandang Jaya	08.00	08.04
15	PT. Sandang Jaya	Kipal	08.49	08.59
	Kipal	Sukaraja	10.29	10.37
	Sukaraja	SPA	11.07	11.29
	SPA	Depot	11.36	12.02
16	Depot	MES Kahatex	08.00	08.08
	MES Kahatex	AUTO 2000	09.08	09.24
	AUTO 2000	Surya Putra	10.24	10.47
	Surya Putra	Bandung Express	11.10	11.25
17	Bandung Express	SPA	12.10	12.15
	SPA	Depot	12.21	12.48

TABEL VII  
WAKTU PELAYANAN PADA RUTE 1 – RUTE 15

Dump Truck	Rute	Jarak (Km)	Waktu Pelayanan (Jam)
1	0-4-2-1-36-SPA-0	33,79	4,35
2	0-11-50-10-12-SPA-0	24,73	4,06
3	0-7-8-35-37-34-SPA-0	34,36	4,38
4	0-27-48-SPA-0	30,99	4,14
5	0-3-47-46-45-SPA-0	33,32	4,30
6	0-40-42-SPA-0	32,08	4,05
7	0-21-39-31-SPA-0	31,87	3,31
8	0-9-15-20-24-25-SPA-0	23,71	4,04
9	0-32-38-17-53-SPA-0	32,08	5,33
10	0-30-43-13-SPA-0	29,92	4,26
11	0-49-22-51-SPA-0	25,72	4,16
12	0-33-23-29-26-SPA-0	25,93	5,08
13	0-41-52-14-SPA-0	27,45	4,15
14	0-19-44-28-SPA-0	29,07	3,36
15	0-16-18-5-6-SPA-0	33,45	4,48
<b>Total</b>		<b>448,48</b>	<b>63,45</b>

## IV. PEMBAHASAN

A. *Pengolahan Data Capacitated VRP (CVRP)*

Pengolahan data CVRP ini digunakan untuk menentukan solusi awal. Penentuan solusi awal dilakukan dengan menggunakan metode *saving* dan *sequential insertion*. Hasil yang diperoleh adalah berupa rute awal, seperti pada Tabel 1.

B. *Perbaikan Rute dengan Tabu Search*

Dari rute yang terbentuk pada solusi awal maka selanjutnya dilakukan perbaikan dengan menggunakan *Tabu Search*. Dalam pengolahan data menggunakan *Tabu Search*, dilakukan penentuan parameter terlebih dahulu, yaitu:

Jumlah iterasi, pada penelitian ini jumlah iterasi yang digunakan sebanyak 50, dengan 50 iterasi semua rute sudah mencapai solusi terbaik. Jika jumlah iterasi ditambahkan menjadi 70, 90, 100 dan 150 hasilnya adalah tetap atau sam dengan solusi terbaik yang dihasilkan pada jumlah iterasi 50.

*Neighborhood* atau jumlah solusi alternatif. Solusi alternatif diperoleh dengan menukarkan dua titik (TPS) yang berada dalam solusi, hal ini menjamin bahwa solusi yang terbentuk adalah solusi fisibel. Cara penukaran yaitu menukarkan posisi dua titik (TPS) yang berada didalam solusi dilakukan dengan aturan kombinasi yaitu  $\left[ \begin{matrix} C \\ n \\ r \end{matrix} \right] = \frac{n!}{r!(n-r)!}$ , dimana  $n$  adalah jumlah TPS pada setiap rute dan  $r$  adalah jumlah TPS yang akan ditukarkan. Dengan hal ini maka jumlah solusi tetangga yang terbentuk dari 15 rute adalah 1,3, 6, dan 10 sesuai dengan jumlah TPS yang dilayani pada setiap rute yang terbentuk.

*Tabu list*. Tujuan utama *tabu list* bukan untuk mencegah terulangnya langkah yang telah diambil, namun lebih kepada agar tidak berjalan mundur. Ukuran *tabu list* yang terlalu panjang akan mengakibatkan buruknya kualitas solusi karena terlalu banyak move yang dilarang. Dalam penelitian ini panjang *tabu list* disesuaikan dengan jumlah TPS ( $n$ ) di setiap rute nya yaitu hasil dari  $\sqrt{n}$ .

Berdasarkan pengolahan data dengan parameter-parameter yang ditentukan sebelumnya, maka diperoleh rute dan total jarak oleh masing-masing rute yang terbentuk dengan metode *Tabu Search* seperti pada Tabel II.

Hasil perbaikan rute dengan menggunakan *Tabu Search* menghasilkan total jarak yang lebih baik dibandingkan dengan total jarak dari rute saat ini dengan penghematan yang signifikan seperti pada Tabel III.

C. *Penjadwalan Pengangkutan Sampah*

Berdasarkan rute yang terbentuk dari perbaikan rute menggunakan *Tabu Search*, selanjutnya dilakukan penjadwalan pengangkutan

sampah pada setiap TPS yang sudah terbentuk. Dengan penjadwalan yang dilakukan, maka diperoleh waktu keberangkatan dan waktu tiba kendaraan pada setiap TPS nya. Berikut langkah-langkah untuk melakukan penjadwalan:

Langkah 1:

Menentukan waktu keberangkatan kendaraan dari titik awal (depot) untuk setiap rutenya.

Langkah 2:

Menghitung waktu perjalanan dari depot menuju TPS yang dikunjungi berdasarkan kecepatan ruas jalan yang dilalui.

$$T_{ij} = c_{ij}/v_{ij} \quad (3)$$

Dimana:

$T_{ij}$  = waktu perjalanan

$c_{ij}$  = jarak dari titik awal (i) ke titik tujuan (j)

$v_{ij}$  = kecepatan rata-rata ruas jalan

Langkah 3:

Menentukan waktu tiba kendaraan di TPS

$$T_k = T_0 + T_{ij} \quad (4)$$

Dimana:

$T_k$  = waktu tiba kendaraan

$T_0$  = waktu keberangkatan

$T_{ij}$  = waktu perjalanan

Langkah 4:

Menentukan waktu keberangkatan dari TPS pertama dengan menambahkan waktu tiba kendaraan di TPS pertama dengan waktu loading di TPS pertama.

$$T_n = T_{k+1} \quad (5)$$

Dimana:

$T_n$  = waktu keberangkatan pada TPS ke  $n$

$T_k$  = waktu tiba kendaraan

$l$  = waktu loading

Langkah 5

Ulangi langkah yang sama dari langkah ke 2 sampai semua TPS dikunjungi.

Berdasarkan langkah-langkah yang telah dilakukan untuk menentukan penjadwalan pengangkutan sampah, maka diperoleh hasil jadwal pengangkutan sampah yaitu waktu tiba dan waktu keberangkatan di setiap TPS yang ditunjukkan pada Tabel IV – VI.

Berdasarkan waktu keberangkatan dan waktu tiba kendaraan di setiap TPS nya maka dapat diketahui waktu pelayanan yang dibutuhkan kendaraan dalam melayani TPS yang harus dikunjungi sesuai dengan rutenya. Waktu pelayanan untuk masing-masing rute dapat dilihat pada Tabel VII.

REFERENSI

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data pada penelitian yaitu mengenai penentuan rute dan penjadwalan pengangkutan sampah pada Dinas Kebersihan Kota Bandung yang berfokus di wilayah Bandung Barat dengan 53 tempat pembuangan sampah (TPS) yang tersebar di wilayah tersebut. Maka kesimpulan yang didapatkan dengan menjawab rumusan permasalahan yang sudah ditentukan adalah sebagai berikut:

- 1) Hasil pengolahan penentuan rute pengangkutan sampah dengan menggunakan metode *Tabu Search* memberikan hasil yang lebih baik dari solusi awal yang diperoleh, yaitu dengan menggunakan metode *Clarke and Wright Saving* dan *Sequential insertion*. Hasil dari *Tabu Search* memberikan total jarak tempuh untuk 15 kendaraan dengan 15 rute pada setiap harinya yaitu sebesar 448,48 km, yang memiliki selisih total jarak tempuh pada solusi awal sebesar 3,40 km dengan rute yang dihasilkan seperti pada Tabel IV. 30. Dengan rute yang digunakan pada kondisi eksisting, rute yang dihasilkan *Tabu Search* memberikan penghematan sebesar 20,53%. Maka dari itu, rute dan total jarak yang dihasilkan oleh *Tabu Search* memiliki solusi yang lebih baik.
- 2) Berdasarkan rute yang dihasilkan dari metode *Tabu Search* dilakukan penjadwalan pengangkutan sampah di setiap TPS pada masing-masing rute yang sudah terbentuk. Dengan jadwal pengangkutan yang dilakukan, maka diperoleh waktu tiba kendaraan di setiap TPS yang dikunjungi untuk setiap rute dan waktu pelayanan yang dibutuhkan untuk melayani TPS pada setiap rute. Waktu pelayanan yang dihasilkan dari rute hasil *Tabu Search* memberikan hasil yang lebih baik daripada total waktu pelayan yang dihasilkan pada kondisi saat ini. Proses pengangkutan sampah pada 15 rute dilakukan dengan diawali dari pool atau depot dengan waktu keberangkat yaitu pukul 08.00 WIB dan kemudian diakhiri kembali di depot dengan rata-rata waktu pelayanan 4,23 jam dan total waktu pelayanan 63,45 jam.

- [1] Indonesia, Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah, 2006: Sekretariat Negara, Jakarta.
- [2] Chalik, "Formulasi Kebijakan Sistem Pengelolaan Sampah Perkotaan Berkelanjutan," *Pemukiman*, vol. VI, no. 1, p. 19, 2011.
- [3] Badan Pusat Statistik, Kota Bandung Dalam Angka, Bandung: BPS Kota Bandung, 2018.  
R. Mustika, Usulan Rute Kendaraan dengan Menggunakan Algoritma *Sequential insertion* di PT. Coca-cola Bottling, Tugas Sarjana Teknik Industri Teknologi Nasional Bandung..
- [4] Open Data Bandung, "Rata-rata Produksi Sampah Berdasarkan Sumber Sampah di Kota Bandung Kota Bandung," Pendata Kota Bandung, Kota Bandung, 2017., 2006.
- [5] Indonesia, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 21/PRT/M/3006, Jakarta: Sekretariat Negara
- [6] H. G. Tonci Caric, *Vehicle Routing Problem*, Croatia: In-Teh, 2008.
- [7] Laporte, Semet, Clasiccal heuristic for the *Capacitated VRP*. Dalam In *The Vehicle Routing Problem*, Philadelphia, PA, USA: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002.
- [8] A. Purnomo, "Penentuan Rute Pengiriman dan Biaya Trnasportasi dengan Menggunakan Metode *Clarke and Wright Saving*".
- [9] R. Mustika, Usulan Rute Kendaraan dengan Menggunakan Algoritma *Sequential insertion* di PT. Coca-cola Bottling, Tugas Sarjana Teknik Industri Teknologi Nasional Bandung.