

Strategi Optimasi Jaringan Distribusi Sampah Organik di Tangerang Selatan***Optimization Strategy of Organic Waste Distribution Network in South Tangerang*****Didin Jamaludin***Program Studi Magister Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB University
E-mail: jamaludindidin92@gmail.com**Heti Mulyati**Program Studi Magister Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB University
E-mail: heti@apps.ipb.ac.id**Alim Setiawan Slamet**Program Studi Magister Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB University
E-mail: alimss@apps.ipb.ac.id**ABSTRACT**

South Tangerang City is the youngest city that officially separated from the Tangerang Regency in 2008. Area of South Tangerang City 147,19 km² or 1,63 percent from the area of Banten Province with the widest area of Pondok Aren subdistrict with an area of 2.988 hectares. While administratively, South Tangerang City has 7 sub-districts namely Pamulang, Setu, Ciputat, East Ciputat, Serpong, North Serpong and Pondok Aren, and has 54 villages. Optimizing the distribution network of organic waste supply chain can be formulated in Vehicle Routing Problem (VRP) model. Variants of VRP include Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) can be used as a model in optimizing the waste transport route and the determination of the fastest route for the transport process of organic waste in all intermediate transfer points spread in South Tangerang city. The results of this research formulate some models of optimization organic waste transport routes in each sub-district in South Tangerang city. As in Setu district there is one optimum route, Serpong district there are 7 optimum route, Pamulang district have 6 optimum route, Ciputat district have 3 optimum route, East Ciputat District have 1 optimum route, Pondok Aren district have 4 optimum route, North Serpong there are 2 optimum routes.

Keywords: *Capacitated Vehicle Routing Problem(CVRP), organic waste lane optimization, Vehicle Routing Problem (VRP), waste transporter truck.*

ABSTRAK

Kota Tangerang Selatan merupakan kota termuda yang resmi memisahkan diri dari Kabupaten Tangerang tahun 2008. Luas wilayah Kota Tangerang Selatan 147,19 (km²) atau sebesar 1,63 persen dari luas wilayah Provinsi Banten dan wilayah terluas yaitu kecamatan Pondok Aren luas 2.988 ha. Sedangkan secara administratif Kota Tangerang Selatan memiliki 7 kecamatan yaitu kecamatan Pamulang, Setu, Ciputat, Ciputat Timur, Serpong, Serpong Utara dan Pondok Aren, serta memiliki 54 kelurahan. Optimasi jaringan distribusi rantai pasok sampah organik diformulasikan dalam model *Vehicle Routing Problem (VRP)*. Variasi VRP diantaranya *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* bisa digunakan sebagai model dalam mengoptimalkan rute pengangkutan sampah dan penentuan rute tercepat bagi proses pengangkutan sampah organik disemua TPS yang tersebar di Kota Tangerang Selatan. Hasil penelitian ini merumuskan beberapa model optimasi rute pengangkutan sampah organik pada setiap kecamatan di Kota Tangerang Selatan. Seperti pada Kecamatan Setu terdapat satu rute optimum, Kecamatan Serpong 7 rute optimum, Kecamatan Pamulang 6 rute optimum, Kecamatan Ciputat 3 rute optimum, Kecamatan Ciputat Timur 1 rute optimum, Kecamatan Pondok Aren 4 rute optimum, dan Serpong Utara terdapat 2 rute optimum

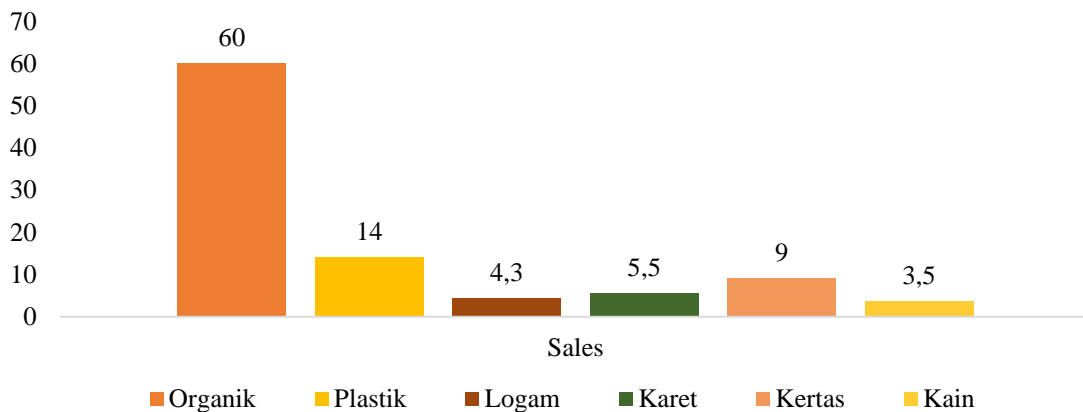
Kata Kunci: *Capacitated Vehicle Routing Problem, Optimasi jalur sampah organik, Vehicle Routing Problem, truk pengangkut sampah.*

***Corresponding author**

PENDAHULUAN

Sampah menjadi salah satu masalah yang sering muncul di beberapa negara berkembang. Peningkatan produksi sampah rumah tangga, usaha catering, restoran, hotel, supermarket, pasar modern dan tradisional berdampak pada kenaikan volume sampah organik di Tempat Pembuangan Sementara (TPS). Diperkirakan jumlah penduduk Indonesia di tahun 2025 mencapai 270 juta jiwa, sehingga akan menghasilkan sampah sekitar 130.000 ton/hari. Selain itu, setiap tahunnya volume sampah selalu meningkat disertai dengan perkembangan pembangunan perumahan yang mengakibatkan timbulnya berbagai masalah diantaranya penyusutan tata ruang, kepadatan pemukiman, dan tercemarnya lingkungan (Kemen LH, 2014). Sehingga adanya korelasi antara peningkatan populasi penduduk dengan kenaikan volume sampah dari aktivitas masyarakat dalam menghasilkan sampah, baik sampah organik maupun sampah non organik. Penanganan sampah di Indonesia telah diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012. Peraturan ini menjelaskan tentang Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) seperti kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, dan pengolahan sampah dalam proses kegiatan akhir.

Kegiatan pengelolaan sampah organik dapat memberikan manfaat dan keuntungan bagi pemerintah, pelaku usaha pengelolaan sampah, dan masyarakat. Hasil pengolahan sampah dapat dijadikan sebagai sumber penghasilan serta dapat membantu pemerintah dalam penanggulangan masalah persampahan. Menurut Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang (a) pengelolaan sampah yang terkait dengan pertumbuhan penduduk dan perubahan konsumsi masyarakat menimbulkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam. (b) pengelolaan sampah yang selama ini belum sesuai dengan metode dan teknik pengelolaan sampah berwawasan lingkungan sehingga menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan, (c) sampah telah menjadi permasalahan nasional sehingga pengelolannya perlu dilakukan secara komprehensif dan terpadu dari hulu ke hilir agar dapat memberikan manfaat secara ekonomi, sehat bagi masyarakat, dan aman bagi lingkungan, serta dapat mengubah perilaku masyarakat.



Gambar 1. Komposisi sampah di Indonesia berdasarkan jenis
Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017)

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat mengakibatkan tata ruang semakin terbatas dan kenaikan volume sampah menjadi meningkat khususnya sampah organik. Setiap harinya Kota Tangerang Selatan menghasilkan timbunan sampah sebesar 928,52 m³/hari (Dinas Lingkungan Hidup Kota Tangerang Selatan, 2019). Maka diperlukan sebuah model pengoptimalan rute pengangkutan sampah organik di Kota Tangerang Selatan. Model pengoptimalan rute pengangkutan sampah organik ini diharapkan bisa membantu Dinas Lingkungan Hidup Kota Tangerang Selatan dalam menangani pengangkutan sampah organik. Model pengoptimalan yang terbentuk diharapkan dapat membantu untuk meminimumkan jarak tempuh kendaraan pada proses pengangkutan sampah organik, dengan menggunakan model *Vehicle Routing Problem* (VRP).

Model *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah permasalahan optimasi kombinatorial pada *Integer Linear Programming* dalam menentukan rute optimum yang dilalui kendaraan dengan tujuan meminimumkan biaya, jarak, dan waktu tempuh. Pada penelitian ini formulasi yang dibuat yaitu model optimasi *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan bantuan *software* LINGO 18.0. Menurut Toth dan Vigo (2002) pada permasalahan VRP terdapat batasan yang harus dipenuhi, diantaranya (a) setiap kendaraan harus memulai rute perjalanan dari TPA, (b) setiap TPS hanya akan dilayani satu kali oleh satu kendaraan, (c) setiap TPS mempunyai sejumlah permintaan yang harus dipenuhi, (d) setiap kendaraan memiliki batas kapasitas angkut, (e) pengangkutan sampah organik tidak terjadi subrute untuk setiap kendaraan.

Tinjauan Pustaka **Manajemen Logistik**

Kondisi pasar global saat ini mengharuskan semua produk mempunyai nilai tambah serta harga yang relatif lebih murah dan terjangkau oleh semua pelanggan. Sehingga perusahaan manufaktur terpaksa harus berinvestasi memperbaiki sistem logistik agar lebih ramping (*lean supply chain*). Penelitian logistik dalam rantai pasok lebih mengarah pada aspek operasional dan keuangan serta masalah umum tentang manajemen persediaan, optimalisasi jaringan, tata letak fasilitas, lokasi, dan permasalahan kebutuhan (Sachan & Datta, 2005). Menurut Rushton *et al.* (2010) logistik merupakan kegiatan penting dalam pengelolaan sumber bahan baku dan sumber daya manusia yang dapat mempengaruhi perekonomian nasional secara luas. Ross (2015) mengemukakan modern logistik menjadi pilihan penting bagi perusahaan dalam menangani sumber daya yang semakin kompetitif, memungkinkan setiap pelaku bisnis dapat membuat nilai tambah produk tanpa terkendala oleh jarak dan letak geografis, memungkinkan pengiriman secara cepat serta biaya murah dan efisien, dan menghubungkan setiap mitra usaha.

Logistik secara umum mengelola pergerakan maupun perubahan bahan baku dari pemasok ke pelanggan akhir. Selain itu, kegiatan logistik juga mengelola aliran balik bahan baku dari pelanggan ke pemasok asal seperti pemrosesan ulang ataupun pembuangan (Zaroni, 2017). merupakan aktifitas distribusi yang melibatkan pengembalian produk, pengurangan sumber sampah dalam menjaga kelestarian, daur ulang, substitusi, penggunaan ulang, pembuangan, renovasi, perbaikan, memproduksi ulang sebuah produk.

Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) sering digunakan dalam beberapa perencanaan untuk proses pengambilan keputusan, seperti menentukan rute optimum dalam kegiatan pengangkutan sampah dari TPS ke TPA dan masalah-masalah yang berkaitan dengan jalur dan rute pengangkutan. *Vehicle Routing Problem* menggunakan istilah depot untuk titik awal keberangkatan dan node untuk titik jemput pengangkutan. Karena tujuan *Vehicle Routing Problem* adalah mengoptimalkan rute jalur pengangkutan, maka VRP sederhana bisa digambarkan seperti berikut (Sarker & Charles, 2008):

1. Setiap kendaraan berangkat dari depot dan mengunjungi semua titik lokasi jemput barang lalu kembali lagi ke depot awal.
2. Setiap lokasi titik jemput hanya dikunjungi satu kali oleh setiap kendaraan.
3. Setiap kendaraan tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan
4. Menyelesaikan masalah penentuan rute teroptimalkan dalam pengangkutan dari lokasi depot ke titik jemput.

Strategi Optimasi Distribusi

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) adalah problem dalam menentukan rute dari K kendaraan *independent* yang melayani setiap pelanggan $I \in N = \{1, \dots, n\}$ pada beberapa lokasi yang berbeda. Untuk setiap kendaraan memiliki kapasitas angkut yang identik C , dan setiap pelanggan memiliki demand d_i , sehingga tiap pelanggan akan dikunjungi tepat satu kali dan total demand tiap rute tidak boleh melebihi kapasitas angkut kendaraan. Dalam *Vehicle Routing Problem* (VRP) setiap kendaraan berangkat dari depot pusat $\{0\}$, dan kembali ke depot semula. Pengantaran dilakukan dengan ongkos total minimum yaitu $c_{ij} \geq 0$, menunjukkan biaya angkut dari i ke j , untuk $0 \leq i, j \leq n$. Maka struktur biaya akan simetris dimana $c_{ij} = c_{ji}$ dan $c_{ij} = 0$. Sehingga

setiap pelanggan i mempunyai permintaan/*demand* d_i dan kendaraan dengan kapasitas C telah tersedia. Dikarenakan kapasitas kendaraan terbatas, maka kendaraan harus secara periodik kembali ke depot untuk reloading dan tidak diperbolehkan untuk membagi *delivery* ke pelanggan (Yulia & Singgih, 2012).

Integrasi sistem logistik yaitu pengelolaan logistik yang menjamin kelancaran arus barang secara efektif dan efisien dengan biaya rendah serta pelayanan secara responsip. Menurut Mulyadi (2011) untuk mencapai sistem logistik yang terintegrasi perusahaan harus mengembangkan rantai pasok yang efektif dan efisien dengan menggunakan konsep *Supply Chain Management* (SCM) yang berbasis pada sinkronisasi, integrasi dan kolaborasi berbagai pihak terkait dalam tatanan kelembagaan organisasi yang efektif serta didukung oleh pelaku penyedia jasa logistik terpercaya dan profesional. Integrasi rantai pasok adalah fenomena global secara nyata dalam persaingan bisnis yang berdampak pada keuntungan perusahaan. Selain itu, meningkatnya penekanan pada integrasi antar anggota rantai pasok akan menciptakan sebuah mekanisme baru dalam membantu suatu organisasi untuk mengkoordinasikan aliran produk, informasi, dan jasa melalui rantai pasok.

Jaringan Distribusi

Saluran distribusi yaitu istilah yang digunakan dalam menggambarkan cara sebuah produk atau kumpulan produk yang secara fisik dipindahkan, atau didistribusikan dari tempat produksi menuju konsumen. Pada umumnya produk langsung disalurkan pada gerai ritel, toko dan langsung ke konsumen (Rushton *et al.*, 2010). Sedangkan menurut Hovav *et al.* (2017) pusat distribusi mempunyai peranan untuk mengoptimalkan penyaluran produk pada setiap toko, meminimalkan biaya logistik dengan menghubungkan semua sistem transportasi dan gudang dipusat distribusi dalam pengelolaan stok produk. Selain itu, dapat menyalurkan produk secara rutin dan memastikan permintaan secara tepat waktu.

Transportasi adalah aktivitas memindahkan, menggerakkan, mengalihkan, dan mengangkut barang (muatan) dari tempat satu ke tempat lain dengan tujuan tertentu. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 8 Tahun 2011 tentang angkutan multimoda yaitu angkutan barang dengan menggunakan paling sedikit dua (2) moda angkutan yang berbeda atas dasar satu kontrak sebagai dokumen an gkutan multimoda kesuatu tempat yang digunakan untuk penyerahan barang kepada penerima barang angkutan multimoda. Menurut Kengpol dan Tuammee (2014) terdapat empat (4) tujuan angkutan multimoda yaitu (1) biaya transportasi yang tidak melebihi batas penggunaan anggaran yang telah ditetapkan, (2) jadwal transportasi yang tidak melebihi waktu tunggu yang telah disepakati, (3) mengurangi dampak lingkungan dengan meminimalkan aktivitas jangkauan transportasi yang ditetapkan dan (4) mengurangi risiko transportasi multimoda dengan mengurangi biaya dan waktu tunggu. Menurut Albab (2016) risiko transportasi darat terbagi menjadi tiga kategori yaitu faktor alam (bencana), teknologi, dan *human error*. Ketiga risiko tersebut harus dianalisis kedalam *security plan*, dimana didalamnya terdapat berbagai informasi mengenai titik mana saja yang menjadi titik kritis. Anggaranie (2017) transportasi perkotaan mempunyai tujuan yang luas membentuk suatu kota dengan sistem transportasi yang berjalan dengan baik, mempunyai pengaturan rute lalu lintas yang tepat, jalan-jalan yang sesuai dengan fungsinya, dan perlengkapan lalu lintas yang memadai.

Pemetaan Jalur Logistik

Pentingnya mengetahui pemetaan jalur logistik yaitu untuk mengetahui jumlah pasokan bahan baku dan menentukan tempat tujuan pengiriman. Selain itu, terdapat beberapa faktor yang terhubung melebihi satu rantai nilai (Shalihy, 2017). Penggunaan transportasi melalui jalan raya menjadi salah satu penopang jalannya ekonomi suatu negara dikarenakan dapat mendistribusikan berbagai komoditas keberbagai daerah. Perencanaan yang tepat mengenai penentuan strategi dan pemetaan risiko harus menjadi perhatian perusahaan untuk memastikan sistem yang dibuat dapat berjalan dengan baik (Albab, 2016). Untuk menganalisis alokasi optimal dari sumber bahan baku diperlukan pemodelan dengan input fungsi kendala pada setiap jenis produk. Selain itu, dapat mengetahui setiap produk yang berkontribusi besar terhadap tingkat pendapatan perusahaan serta mengetahui produk apa saja yang kurang menguntungkan bagi perusahaan jika diproduksi (Asrina & Migunani, 2013).

METODE PENELITIAN

Jenis data dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diambil dari objek penelitian secara langsung melalui pengamatan (observasi), melakukan wawancara pertama: Pada Kepala Bidang Persampahan bagian pengangkutan sampah Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Tangerang Selatan Volume sampah Kota Tangerang Selatan, jumlah armada pengangkut sampah, lokasi tempat pengumpulan sampah, dan kegiatan penanggulangan sampah, kedua: kepada pengelola pasar dan pengelola usaha rumah makan dan resto yang ada dikawasan Tangerang Selatan Kapasitas sampah organik, biaya angkut sampah, dan jenis sampah organik ketiga: kepada petugas pengangkutan sampah pasar Jenis sampah organik yang ada dipasar, jarak pasar ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), dan waktu pengangkutan sampah. Sedangkan data sekunder yaitu data yang sudah tersedia dari berbagai sumber literatur dan internet maupun sumber lain yang terkait tentang konsep optimasi rantai pasok. Selain itu, data juga diperoleh dari hasil penelitian terdahulu, jurnal ilmiah, buku, dokumen dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Tangerang Selatan.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif dan kualitatif. pengolahan dan analisis data menggunakan analisis deskriptif. Berdasarkan pada tujuan penelitian strategi optimasi jaringan distribusi rantai pasok sampah organik di Tangerang Selatan, maka digunakan pemodelan *Vehicle Routing Problem*(VRP). Variasi VRP diantaranya *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yaitu salah satu variasi VRP dengan kendala kapasitas kendaraan, setiap kendaraan yang melayani konsumen diharuskan mempunyai batasan kapasitas sehingga kendaraan dalam satu rute tergantung pada kapasitasnya Toth dan Vigo (2002). Menurut Archetti *et al.* (2016) permasalahan CVRP yaitu pengoptimalan jarak tempuh pengangkutan barang dari depot ke sejumlah konsumen sehingga menghasilkan rute dengan jarak tempuh yang minimum. Model ini termasuk kedalam pemodelan bidang optimasi dengan tujuan mengoptimalkan rute pengangkutan dan pendistribusian barang. *Software* yang digunakan untuk membantu penyelesaian model ini adalah LINGO 18.0. Data jarak antar TPS dan TPA menggunakan bantuan aplikasi *Google Maps* dan *Google Earth*.

Formulasi Model Matematis CVRP

Model matematis yang dibuat merupakan model yang sudah dimodifikasi dari Lubis *et al.* (2016), modifikasi dibuat berdasarkan kendala yang dibutuhkan.

- a) Himpunan
 $K = \{1, 2, \dots, r\}$ = Himpunan Armada
 $A = \{2, 3, \dots, n\}$ = Himpunan TPS
 $B = \{1, 2, \dots, n\}$ = Himpunan TPA dan TPS dengan 1 dinyatakan TPA.
- b) Indeks
 i, j, p = indeks untuk menyatakan TPS dan TPA
 k = indeks untuk menyatakan armada
- c) Parameter
 q_i = banyaknya volume sampah di TPS i
 a_k = kapasitas armada k
 d_{ij} = jarak antara TPS i dan TPS j
 u_{ik} = variabel tambahan apabila TPS i dikunjungi oleh armada k
 N = banyaknya armada
- d) Variabel Keputusan
 $X_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jika armada } k \text{ mengunjungi TPS } j \text{ setelah TPS } i \text{ dikunjungi dan selainnya} \\ 2, & \end{cases}$
- e) Fungsi Objektif
Fungsi objektif permasalahan ini yaitu meminimumkan jarak tempuh dan rute dalam proses pengangkutan sampah dari TPS ke TPA.

Minimumkan

$$\sum_{i \in B} \sum_{j \in B} \sum_{k \in K} d_{ij} x_{ijk}$$

Kendala

Kendala yang harus dipenuhi sebagai berikut :

1. Setiap kendaraan harus berangkat dari TPA.

$$\sum_{j \in B} x_{ijk} = 1, \quad i = 0, \quad \forall k \in K.$$

2. Setiap rute perjalanan kendaraan berakhir di TPA.

$$\sum_{i \in B} x_{ijk} = 1, \quad j = 0, \quad \forall k \in K.$$

3. Setiap TPS akan dikunjungi satu kali oleh setiap armada.

$$\sum_{k \in K} \sum_{\substack{i \in B \\ i \neq j}} X_{ijk} = 1, \quad \forall j \in B,$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{\substack{j \in B \\ i \neq j}} X_{jik} = 1, \quad \forall i \in B.$$

4. Setiap armada yang mengunjungi TPS harus meninggalkan TPS tersebut dan mengunjungi TPS lainnya.

$$\sum_{\substack{i \in B \\ i \neq j}} x_{ilk} - \sum_{\substack{j \in B \\ j \neq p}} x_{ljk} = 0, \quad \forall l \in B, \quad \forall k \in K.$$

5. Volume sampah dari setiap TPS yang dikunjungi oleh Armada tidak boleh melebihi kapasitas.

$$\sum_{j \in B} d_j \sum_{\substack{i \in B \\ i \neq j}} x_{ijk} \leq Q_k, \quad \forall k \in K,$$

6. Mencegah terjadinya subroute untuk setiap kendaraan

$$u_{ik} - u_{jk} + N x_{ijk} \leq N - 1, \quad \forall i, j \in B, \quad k \in K$$

$$d_i \leq u_{ik} \leq N, \quad \forall i, j \in B, \quad k \in K$$

7. Variabel keputusan x_{ijk} merupakan integer biner.

$$x_{ijk} \in \{0,1\}, \quad \forall i, j \in B, \quad k \in K$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kota Tangerang Selatan merupakan kota termuda yang resmi memisahkan diri dari Kabupaten Tangerang pada tahun 2008. Luas wilayah Kota Tangerang Selatan 147,19 kilometer persegi (km²) atau sebesar 1,63 persen dari luas wilayah Provinsi Banten dengan wilayah terluas yaitu kecamatan Pondok Aren dengan luas 2.988 ha. Sedangkan secara administratif Kota Tangerang Selatan memiliki 7 kecamatan yaitu kecamatan Pamulang, Setu, Ciputat, Ciputat Timur, Serpong, Serpong Utara dan Pondok Aren, serta memiliki 54 kelurahan.

Tabel 1. Jumlah Penduduk Kota Tangerang Selatan Tahun 2010 – 2017

Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Setu	66.667	69.391	72.170	75.002	77.881	80.811	83.777	86.783
Serpong	138.177	144.378	150.736	157.252	163.915	170.731	177.677	184.761
Pamulang	287.955	296.915	305.909	314.931	323.957	332.984	341.967	350.923
Ciputat	193.369	199.807	206.293	212.824	219.384	225.974	232.559	239.152
Ciputat Timur	179.792	184.391	188.957	193.484	197.960	202.386	206.729	211.003
Pondok Aren	305.073	316.988	329.103	341.416	353.904	366.568	379.354	392.284
Serpong Utara	127.471	134.232	141.237	148.494	155.998	163.755	171.749	179.993
Kota Tangerang Selatan	1298504	1346102	1394405	1443403	1492999	1543209	1593812	1644899

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Tangerang Selatan (2017)

Berdasarkan data BPS Kota Tangerang Selatan 2017 bahwa pada kurun waktu tahun 2010 sampai dengan 2017 ada penambahan jumlah penduduk di Kota Tangerang Selatan sebesar 346.395 jiwa. Pada tahun 2017 jumlah penduduk Kota Tangerang Selatan sebanyak 1.644.899 jiwa sehingga terjadi pertumbuhan penduduk sekitar 26,67 persen atau mencapai 3,81 persen dari rata-rata pertahun (BPS Kota Tangerang Selatan, 2017). Dari data diatas dapat dikatakan laju pertumbuhan penduduk Kota Tangerang Selatan termasuk kategori tinggi di Provinsi Banten bahkan menduduki peringkat nomor dua sebagai kota terpadat kawasan Provinsi Banten.

Proyeksi Timbunan Sampah di Tangerang Selatan

Setiap keluarga di Kota Tangerang Selatan menghasilkan sampah antara 0,8 kg sampai dengan 2 kg sampah perharinya (Dinas Lingkungan Hidup Tangerang Selatan, 2019). Jumlah sampah yang dihasilkan penduduk Kota Tangerang Selatan tersaji dalam persentase Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Identifikasi jenis sampah Kota Tangerang Selatan

Jenis Sampah	Persentase (%)
Sampah Organik	43,39
Sampah Non Organik	26,52
Sampah Bahan Berbahaya dan Beracun (Sampah B3)	14,45
Sampah Lainnya	15,64
Total	100

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Tangerang Selatan 2019

Jumlah sampah yang dihasilkan di Kota Tangerang Selatan setiap harinya tergolong tinggi yaitu mencapai 928,52 m³/hari. Penumpukan sampah akan menjadi masalah yang serius bagi pemerintahan Kota Tangerang Selatan, maka harus ada strategi dalam penanganan penumpukan sampah. Sampah organik menjadi salah satu sampah tertinggi yang dihasilkan di Kota Tangerang Selatan, industri atau usaha penghasil sampah organik yaitu pasar tradisional dan modern, serta usaha rumah makan dan resto. Dinas Lingkungan Hidup Kota Tangerang Selatan memiliki 5 jenis armada yang beroperasi untuk pengangkutan sampah, yaitu Kontainer Armroll dengan volume 6 m³, Dump truck sampah volume 9 m³, Pick up sampah volume 3 m³, Truck sweeper volume 6 m³, dan Motor roda tiga volume 1,5 m³, rinciannya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Armada Pengangkut Sampah DLH Kota Tangerang Selatan 2019

Jenis Armada	Kapasitas Kendaraan (M ³)	Jumlah Kendaraan	Kapasitas x Jumlah Kendaraan
Kontainer Armroll	6	30	180
Dump Truk Sampah	9	15	135
Pick Up Sampah	3	10	30
Truk Sweeper	6	1	6
Motor Roda Tiga	1,5	10	15

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Tangerang Selatan 2019

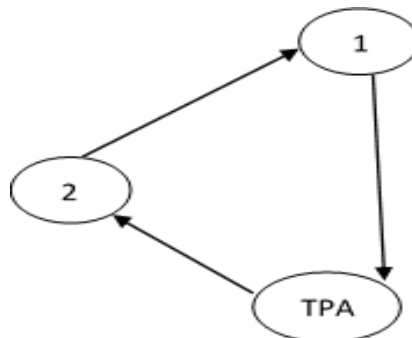
Implementasi model *Vehicle Routing Problem* (VRP) pada optimasi jalur pengangkutan sampah organik di Kota Tangerang Selatan

Implementasi model simulasi jalur optimal menggunakan data jarak antar lokasi TPA dan TPS, jumlah volume timbunan sampah di TPS dan jumlah kendaraan yang digunakan. Setelah model matematis diformulasikan menjadi bentuk *integer linear programming* kemudian langkah selanjutnya diproses menggunakan bantuan *software* LINGO 18.0. maka akan dihasilkan rute pengangkutan sampah organik di tiap kecamatan sehingga dapat meminimumkan total jarak tempuh kendaraan dalam pengambilan sampah organik di Kota Tangerang Selatan.

Tabel 4. Hasil penentuan rute optimal Kecamatan Setu

Kendaraan	Rute yang terbentuk	Akumulasi Jarak Tempuh (Km)	Akumulasi Muatan(m ³)
A	0→2→1→0	23,1	15

Tabel 4 menunjukkan hasil penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Setu terdapat satu jalur optimal satu rute optimum, jarak 23,1 km, muatan 15 m³, Gambar model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Setu terdapat dalam gambar dibawah.



Gambar 2. Model optimasi jalur pengangkutan sampah organik di Kecamatan Setu.

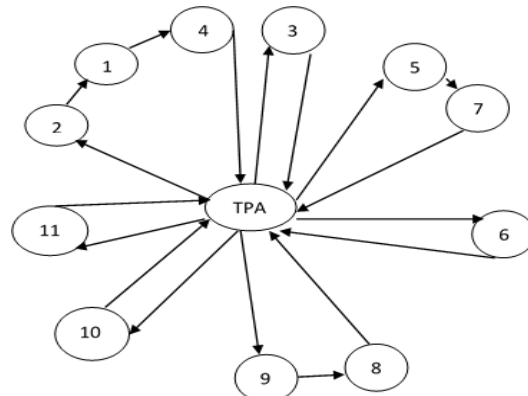
Gambar 2 menunjukkan penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Setu yang terdapat satu rute yang optimal.

Tabel 5. Hasil penentuan rute optimal Kecamatan Serpong

Kendaraan	Rute yang terbentuk	Akumulasi Jarak Tempuh (km)	Akumulasi Muatan (m ³)
A	0→2→1→4→0	31,9	27
B	0→3→0	24,6	6
C	0→5→7→0	20,4	9
D	0→6→0	10,4	3
E	0→9→8→0	12,6	9
F	0→10→0	8,6	27
G	0→11→0	14,4	3

Tabel 5 menunjukkan hasil penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Serpong terdapat tujuh jalur optimal yaitu yaitu rute ke-1 jarak 31,9 km, muatan 27 m³, rute ke-2 jarak 24,6 km, muatan 6 m³, rute ke-3 jarak 20,4 km, muatan 9 m³, rute ke-4 jarak 10,4 km, muatan 3 m³, rute ke-5 jarak 12,6 km, muatan 9 m³, rute ke-6 jarak 8,6 km,

muatan 27 m³, rute ke-7 jarak 14,4 km muatan 3 m³. Gambar model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Serpong terdapat dalam gambar dibawah.



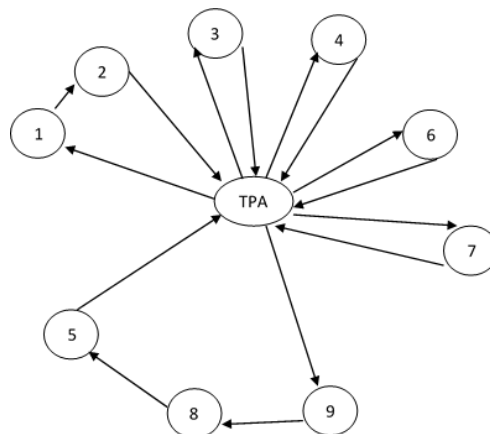
Gambar 3. Model optimasi jalur pengangkutan sampah organik di Kecamatan Serpong

Gambar 3 menunjukkan penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Serpong yaitu terdapat tujuh rute yang sudah dioptimasi berdasarkan jarak dan timbunan sampah dititik penjemputan.

Tabel 6. Hasil penentuan rute optimal Kecamatan Pamulang

Kendaraan	Rute yang terbentuk	Akumulasi Jarak Tempuh (Km)	Akumulasi Muatan
A	0→1→2→0	20,3	18
B	0→3→0	20,2	3
C	0→4→0	20,6	3
D	0→6→0	22,4	3
E	0→7→0	25,2	3
F	0→ 9→8→5→0	29,3	18

Tabel 6 menunjukkan hasil penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Pamulang terdapat enam jalur optimal yaitu rute ke-1 jarak 20,3 km, muatan 18 m³, rute ke-2 jarak 20,2 km, muatan 3 m³, rute ke-3 jarak 20,6 km, muatan 3 m³, rute ke-4 jarak 22,4 km, muatan 3 m³, rute ke-5 jarak 25,2 km, muatan 3 m³, rute ke-6 jarak 29,3 km, muatan 18 m³. Gambar model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Pamulang terdapat dalam gambar dibawah.



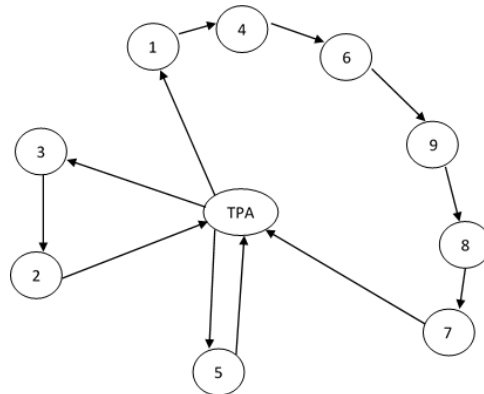
Gambar 4. Model optimasi jalur pengangkutan sampah organik di Kecamatan Pamulang.

Gambar 4 menunjukkan penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Pamulang yaitu terdapat enam rute yang sudah dioptimasi berdasarkan jarak dan timbunan sampah dari titik penjemputan.

Tabel 7. Hasil penentuan rute optimal Kecamatan Ciputat

Kendaraan	Rute yang terbentuk	Akumulasi Jarak Tempuh (Km)	Akumulasi Muatan
A	0→1→4→6→9→8→7→0	56,1	66
B	0→3→2→0	36,5	18
C	0→5→0	21,6	3

Hasil penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Ciputat terdapat tiga jalur optimal yaitu rute ke-1 jarak 56,1 km, muatan 66 m³, rute ke-2 jarak 36,5 km, muatan 18 m³, rute ke-3 jarak 21,6 km, muatan 3 m³. Gambar model optimasi rute penangkutan sampah organik di Kecamatan Ciputat terdapat dalam gambar dibawah.



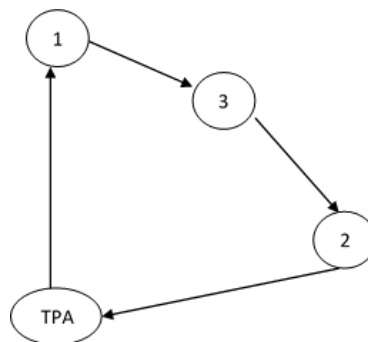
Gambar 5. Model optimasi jalur pengangkutan sampah organik di Kecamatan Ciputat.

Gambar 5 menunjukkan penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Ciputat yaitu terdapat tiga rute yang sudah dioptimasi berdasarkan jarak dan timbunan sampah dari titik penjemputan.

Tabel 8. Hasil penentuan rute optimal Kecamatan Ciputat Timur

Kendaraan	Rute yang terbentuk	Akumulasi Jarak Tempuh (Km)	Akumulasi Muatan
A	0→1→3→2→0	44	21

Hasil penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Ciputat Timur terdapat satu jalur optimal yaitu jarak 44 km, muatan 21 m³. Gambar model optimasi rute penangkutan sampah organik di Kecamatan Ciputat Timur terdapat dalam gambar dibawah.



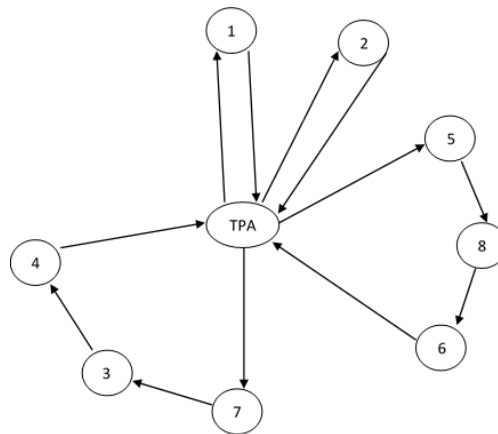
Gambar 6. Model optimasi jalur pengangkutan sampah organik di Kecamatan Ciputat Timur.

Gambar 6 menunjukkan penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Ciputat Timur yaitu terdapat satu rute yang optimal.

Tabel 9. Hasil penentuan rute optimal Kecamatan Pondok Aren

Kendaraan	Rute yang terbentuk	Akumulasi Jarak Tempuh (Km)	Akumulasi Muatan
A	0→1→0	32,8	6
B	0→2→0	28,4	3
C	0→5→8→6→0	33	12
D	0→7→3→4→0	32,1	12

Hasil penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Pondok Aren terdapat empat jalur optimal yaitu rute ke-1 jarak 32,8 km, muatan 6 m³, rute ke-2 jarak 28,4 km, muatan 3 m³, rute ke-3 jarak 33 km, muatan 12 m³, rute ke-4 jarak 32,1 km, muatan 12 m³. Gambar model optimasi rute penangkutan sampah organik di Kecamatan Pondok Aren terdapat dalam gambar dibawah.



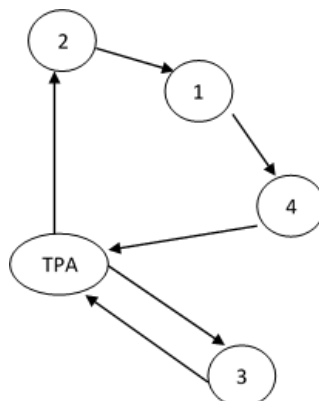
Gambar 7. Model optimasi jalur pengangkutan sampah organik di Kecamatan Pondok Aren.

Gambar 7 menunjukkan penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Pondok Aren yaitu terdapat empat rute yang optimal.

Tabel 10. Hasil penentuan rute optimal Kecamatan Serpong Utara

Kendaraan	Rute yang terbentuk	Akumulasi Jarak Tempuh (Km)	Akumulasi Muatan
A	0→2→1→4→0	35,2	27
B	0→3→0	16	3

Hasil penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Serpong Utara terdapat dua jalur optimal yaitu rute ke-1 jarak 35,2 km, muatan 27 m³, rute ke-2 jarak 16 km, muatan 3 m³. Gambar model optimasi rute penangkutan sampah organik di Kecamatan Serpong Utara terdapat dalam gambar dibawah.



Gambar 8. Model optimasi jalur pengangkutan sampah organik di Kecamatan Serpong Utara.

Gambar 8 diatas menunjukkan penyelesaian model optimasi rute pengangkutan sampah organik di Kecamatan Serpong Utara yaitu terdapat dua rute yang optimal, dimana semua kendaraan berangkat dari depot yang berada di TPA, kemudian menuju titik jemput disetiap TPS dan kembali lagi ke TPA.

KESIMPULAN

Optimasi jaringan distribusi rantai pasok sampah organik dapat diformulasikan dalam model *Vehicle Routing Problem* (VRP). Variasi VRP diantaranya *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yaitu salah satu variasi dengan kendala tentang kapasitas kendaraan, jadi setiap kendaraan yang melayani konsumen diharuskan mempunyai batasan kapasitas kendaraan dalam satu rute atau ritasi. *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) bisa digunakan sebagai model dalam mengoptimalkan rute pengangkutan sampah dan penentuan rute tercepat bagi proses pengangkutan sampah organik disemua TPS yang tersebar di Kota Tangerang Selatan dengan asumsi tidak terjadi kemacetan disetiap jalur yang dilalui kendaraan. Hasil penelitian ini merumuskan beberapa model optimasi rute pengangkutan sampah organik pada setiap kecamatan di Kota Tangerang Selatan. Seperti pada Kecamatan Setu terdapat satu rute optimum, jarak 23,1 km, muatan 15 m³, Kecamatan Serpong 7 rute optimum yaitu rute ke-1 jarak 31,9 km, muatan 27 m³, rute ke-2 jarak 24,6 km, muatan 6 m³, rute ke-3 jarak 20,4 km, muatan 9 m³, rute ke-4 jarak 10,4 km, muatan 3 m³, rute ke-5 jarak 12,6 km, muatan 9 m³, rute ke-6 jarak 8,6 km, muatan 27 m³, rute ke-7 jarak 14,4 km muatan 3 m³. Kecamatan Pamulang 6 rute optimum yaitu rute ke-1 jarak 20.3 km, muatan 18 m³, rute ke-2 jarak 20.2 km, muatan 3 m³, rute ke-3 jarak 20.6 km, muatan 3 m³, rute ke-4 jarak 22,4 km, muatan 3 m³, rute ke-5 jarak 25,2 km, muatan 3 m³, rute ke-6 jarak 29.3 km, muatan 18 m³. Kecamatan Ciputat 3 rute optimum, rute ke-1 jarak 56.1 km, muatan 66 m³, rute ke-2 jarak 36,5 km, muatan 18 m³, rute ke-3 jarak 21,6 km, muatan 3 m³. Kecamatan Ciputat Timur 1 rute optimum jarak 44 km, muatan 21 m³. Kecamatan Pondok Aren 4 rute optimum, rute ke-1 jarak 32,8 km, muatan 6 m³, rute ke-2 jarak 28,4 km, muatan 3 m³, rute ke-3 jarak 33 km, muatan 12 m³, rute ke-4 jarak 32,1 km, muatan 12 m³ dan Serpong Utara terdapat 2 rute optimum yaitu rute ke-1 jarak 35,2 km, muatan 27 m³, rute ke-2 jarak 16 km, muatan 3 m³.

DAFTAR PUSTAKA

- Albab, M. U. (2016). Keamanan Transportasi : Potensi Ancaman dan Strategi Menghadapinya [internet]. [diunduh 2017 November 20]. Tersedia pada: <http://www.SupplyChainIndonesia.com>
- Anggaranie G. *Bongkar Muat Pengangkutan Barang dalam Trasnportasi Perkotaan* [internet]. [diunduh 2017 November 20]. Tersedia pada: <http://www.SupplyChainIndonesia.com>
- Archetti, C., Savelsbergh, M., & Speranza, G. (2016). The vehicle routing problem with occasional drivers. *European Journal of Operational Research*. doi:10.1016/j.ejor.2016.03.049.
- Asrina, L., & Migunan. (2013). Pengambilan Keputusan Alokasi Sumber Daya Produksi Menggunakan Linear Programing. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 4(1), 17-33.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2017. Jumlah Penduduk Kota Tangerang Selatan Berdasarkan Kecamatan. [Internet]. [diunduh 2018 November 24]. Tersedia pada: <https://tangseltkota.bps.go.id/statictable.html>.
- Hovav, S., & Herbon, A. (2017). Prioritizing high-risk sub-groups in a multi-manufacturer vaccine distribution program. *The International Journal of Logistics Management*, 28(2), 311-331.)
- Kengpol, A., & Tuammee, S. (2014). The Development of a Framework for Route Selection in Multimodal Trasportation. *The International Journal of Logistics Management*, 25(3), 581-610.

- [Kemen LH] Kementerian Lingkungan Hidup. (2014). *Hari peduli sampah 2014 Indonesia bersih 2020* [internet]. [diunduh 2018 Maret 2]. Tersedia pada: <http://www.menlh.go.id/hari-peduli-sampah-2014-indonesia-bersih-2020/>.
- [Kemensekneg] Kementerian Sekretariat Negara. (2012). *Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah sejenis Sampah Rumah Tangga*. Jakarta: Kemensekneg.
- Lubis, H. A. R., Maulana, A., & Frazila, R. B. (2016). Penerapan Konsep Vehicle Routing Problem dalam kasus Pengangkutan Sampah di Perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 213-222.
- Mulyadi, D. (2011). Pengembangan Sistem Logistik yang Efisien dan Efektif dengan Pendekatan Supply Chain Management. *Jurnal Riset Industri*, 5(3), 275-282.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Pemerintah No 8 Tahun 2011 tentang angkutan multitoda sebagai angkutan barang dengan menggunakan paling sedikit dua (2) moda angkutan yang berbeda atas dasar satu kontrak*. Jakarta: Pemerintahan RI.
- Ross, D. F. (2015). *Distribution Planning and Control : Managing in The Era of Supply Chain Management*. 3rd Edition. New York: Springer.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The Handbook of Logistics & Distribution Management*. 4th Edition. New Delhi: Replika Press Pvt. Ltd.
- Sachan, A., & Datta, S. (2005). Review of Supply Chain Management and Logistics Research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(9), 664 – 705.
- Sarker, R. A., & Charles, S. N. (2008). *Optimization Modelling: A Practical Introduction*. New York: CRC Pr.
- Shalihy, W. (2017). *Pemetaan Rantai Pasok Bawang Merah dan Potensi Penerapan Gudang Pendingin di Tingkat Kabupaten*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). An overview of vehicle routing problems. Di dalam: Toth P, Vigo D, editor. *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: SIAM.
- Yulia, & Singgih, M. L. (2012). Optimasi Produksi dan Distribusi di Perusahaan Gas Cair dengan Menggunakan Linear Programming dan Algoritma Cross Entropy. *Jurnal Teknik ITS*, 1, 557-560.
- Zaroni. (2017). *Reverse Logistik* [internet]. [diunduh 2017 November 20]. Tersedia pada: <http://www.SupplyChainIndonesia.com>.