

**PENUGASAN KENDARAAN PD KEBERSIHAN KOTA BANDUNG WILAYAH
BANDUNG SELATAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GREEDY DENGAN
LOCAL SEARCH PADA WASTE COLLECTION VEHICLE ROUTING
PROBLEM WITH INTERMEDIATE FACILITIES (WCVRPIF) UNTUK
MENINGKATKAN PELAYANAN PENGANGKUTAN SAMPAH**
*VEHICLE ASSIGNMENT OF PD KEBERSIHAN BANDUNG CITY IN BANDUNG
SELATAN AREA USING GREEDY ALGORITHM WITH LOCAL SEARCH ON WASTE
COLLECTION VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH INTERMEDIATE FACILITIES
(WCVRPIF) TO INCREASE WASTE TRANSPORT SERVICES*

Nur Alim Habibi, Ari Yanuar Ridwan, ST.MT.², Erlangga Bayu Setyawan, S.T.,M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹nuralimhabibi@student.telkomuniversity.ac.id, ariyanuar@telkomuniversity.ac.id²,
erlanggabs@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Pada kondisi terjadi lonjakan volume sampah tertinggi, pelayanan yang diberikan PD Kebersihan Kota Bandung wilayah operasi Bandung Selatan kepada masyarakat tidak maksimal, untuk mengangkut sampah dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA), dimana faktor yang menyebabkan pelayanan tidak maksimal adalah karena jumlah volume sampah melebihi potensi maksimal pengangkutan, sehingga terjadi masalah sampah tidak terlayani pada beberapa TPS. Sehingga untuk melayani sampah yang tidak terlayani maka dibutuhkan rute penugasan kendaraan yang baru untuk meningkatkan pelayanan pengangkutan sampah, namun hal ini tentunya menyebabkan terjadinya penambahan jarak karena dibutuhkan pelayanan tambahan oleh kendaraan untuk melayani sampah tersisa pada TPS. Atas dasar tersebut, penelitian ini memiliki tujuan merancang penugasan kendaraan dalam pengumpulan sampah dari TPS menuju TPA untuk meningkatkan pelayanan pengangkutan sampah, namun dengan jarak minimum. Berdasarkan hal tersebut diusulkan metode untuk meminimalkan jarak dalam menugaskan kendaraan PD Kebersihan Kota Bandung wilayah Bandung Selatan, namun juga memastikan setiap sampah pada TPS terlayani. Adapun permasalahan tersebut dapat diselesaikan menggunakan model WCVRPIF. Pada penelitian ini model WCVRPIF diselesaikan menggunakan algoritma greedy dengan local search. Hasil penerapan metode ini menghasilkan jarak yang lebih minimum setelah dilakukan optimasi, yaitu total selisih 1042.72 Km, dan meningkatkan pelayanan TPS sebesar 2,33%.

Kata Kunci : TPS, TPA, WCVRPIF, Algoritma Greedy, Local Search

Abstract

In the event of the highest volume spike in waste volume, the services provided by PD Kebersihan the City of Bandung in the operating area of South Bandung to the community are not optimal, to transport waste from the Tempat Pembuangan Sementara (TPS) to Tempat Pembuangan Akhir (TPA), where the factors that cause service are not optimal are because the volume of waste exceeds the maximum potential for transportation, resulting in the problem of unserved waste at several TPS. So that to serve unserved waste, a new vehicle assignment route is needed to improve waste transportation services, but this certainly causes additional distance because additional services are needed by vehicles to serve the remaining waste at the TPS. On this basis, this study aims to design a vehicle assignment for waste collection from TPS to TPA to improve waste transportation services, but with a minimum distance. Based on this, a method is proposed to minimize the distance in assigning PD cleaning vehicles for the City of Bandung for the South Bandung area, but also ensuring that every waste at the TPS is served. The problems can be solved using the WCVRPIF model. In this study, the WCVRPIF model was solved using the greedy algorithm with local search. The results of the application of this method resulted in a more minimum distance after optimization, namely the total difference of 1042.72 Km, and improving TPS services by 2.33%.

Keywords: TPS, TPA, WCVRPIF, Algoritma Greedy, Local Search

I. Pendahuluan

PD Kebersihan Kota Bandung adalah Badan Usaha Milik Daerah yang bertugas dalam melakukan pelayanan kebersihan kepada masyarakat. Sehingga seluruh kebijakan yang diambil oleh PD Kebersihan harus menguntungkan masyarakat. Akan tetapi masalah yang sering kali muncul adalah ketika terjadi lonjakan sampah yang tinggi, dimana lonjakan ini mengakibatkan sejumlah sampah pada TPS menjadi tidak terangkut menuju TPA karena penugasan kendaraan dengan rute eksisting memiliki batasan maksimal untuk mengangkut sejumlah sampah. Tabel 1 merupakan data rata-rata volume sampah per hari dalam satuan bulan pada tahun 2019.

Tabel 1 Total Volume Sampah Tahun 2019

Bulan	Jumlah Total Volume Sampah (m ³ /bulan)	Rata- Rata Volume Sampah (m ³ /Hari)
Januari	15197	490,21
Februari	13678	488,50
Maret	15159	488,98
April	14623	487,43
Mei	15245	491,76
Juni	14793	493,08
Juli	15192	490,06
Agustus	15187	489,90
September	14703	490,10
Oktober	15172	489,40
November	14675	489,15
Desember	15198	490,24

Berdasarkan Tabel 1, terdapat volume rata-rata sampah tertinggi, yaitu pada bulan Juni 2019, dimana rata-rata volume sampah mencapai 493 m³ per hari. Berdasarkan Tabel 1, kemudian dilihat bulan dengan lonjakan tertinggi, yaitu bulan Juni seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Rata-rata volume sampah bulan Juni 2019

Minggu Ke-	Rata- Rata Volume Sampah (m ³ /Hari)
Minggu 1	493,75
Minggu 2	510,21
Minggu 3	492,93
Minggu 4	493,79
Minggu 5	475,21

Berdasarkan Tabel 2, lonjakan sampah tertinggi adalah pada minggu ke 2, yaitu volume sampah rata-rata per hari mencapai 510,21 m³. Sehingga pada minggu ke-2, kemudian dilihat volume sampah per harinya, seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Rata-rata volume sampah setiap periode

Periode	Total Volume Sampah (m ³ /Hari)
Periode 1	517,00
Periode 2	510,00
Periode 3	513,50
Periode 4	510,00
Periode 5	510,00
Periode 6	516,00
Periode 7	495,00

Berdasarkan Tabel 3, setiap periode dari 1 hingga 7 mewakili hari, periode 1 mewakili hari senin, hingga periode 7 mewakili hari minggu. Berdasarkan Tabel 3, kemudian dilihat maksimal pengangkutan dengan rute eksisting seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Sampah Tidak Terlayani Periode 1

Kode TPS	TPS	Demand	Potensi Maksimal (Eksisting)	Tidak Diangkut
TPS004	BI BRAGA	16	12	-4
TPS008	PASAR CICADAS	41	41	0
TPS011	CICAHEUM	36	36	0
TPS027	MAJALENGKA	7	6	-1
TPS040	POOLSEKELIMUS	11	12	0
TPS015	PASIRLUYU	12	12	0
TPS024	PEMKOT	14	12	-2
TPS001	PATROKOMALA	11	12	0
TPS033	BINONGJATI	5	6	0
TPS034	BATUNUNGGAL INDAH	6	6	0
TPS037	CURUG ECE	31	31	0
TPS007	CIDURIAN	1	1,5	0
TPS015	PASAR KARAPITAN	27	30	0
TPS018	CISEUREUH	10	10	0
TPS019	PUTERACO	10	10	0
TPS020	HASAN SAPUTRA	11	10	-1
TPS013	TEGALLEGA/KOBANA	34	34	0
TPS033	GUMURUH	15	18	0
TPS039	ADYAKSA	20	24	0
TPS010	PASAR KIARACONDONG	31	36	0
TPS006	KEBAKTIAN	22	22,5	0
TPS014	TAMAN TEGALLEGA	14	12	-2
TPS008	PSM	41	44	0
TPS003	GEDUNG PAKUAN	24	24	0
TPS021	PASAR PALASARI	27	26	-1
TPS001	KOSAMBI	14	12	-2
TPS004	GUDANG SELATAN	26	30	0
Total	Total	517	530	-13

Berdasarkan Tabel 4, kemudian juga dilihat pada periode 2 hingga 7, sehingga didapatkan volume sampah yang tidak terlayani seperti pada Tabel 5.

Tabel 5 Sampah Tidak Terlayani Setiap Periode Wilayah Bandung Selatan

Periode	Jumlah Volume Sampah Tidak Terlayani (m3)	Volume Sampah (m3)	Persentase Volume Sampah Tidak Terlayani
Periode 1	10	517	97,49%
Periode 2	16	510	96,86%
Periode 3	13	513,5	97,47%
Periode 4	12	510,00	97,65%
Periode 5	14	510	97,25%
Periode 6	9	516	98,26%
Periode 7	9	495	98,18%
Rata-rata			97,59%

Karena tugas PD Kebersihan adalah memberikan pelayanan maksimal kepada masyarakat, maka sejumlah sampah yang tidak terlayani tersebut perlu untuk diatasi sehingga tingkat pelayanan meningkat. Karena jika sejumlah sampah tersebut tidak dilayani, maka akan menyebabkan sampah menumpuk pada TPS, dan akan merugikan masyarakat. Namun untuk meningkatkan pelayanan, maka dibutuhkan kunjungan yang lebih banyak pada TPS yang memiliki sampah tidak terlayani, sehingga hal ini menimbulkan potensi bertambahnya jarak yang dilalui oleh kendaraan PD Kebersihan. Atas dasar tersebut diusulkan metode untuk menyelesaikan permasalahan yaitu menggunakan model WCVRPIF yang diselesaikan menggunakan algoritma greedy dengan local search [1], dengan tujuan meminimalkan jarak, namun memastikan bahwa setiap volume sampah pada TPS dilayani. Adapun digunakan model dengan fungsi tujuan minimasi biaya adalah karena jarak sebanding dengan biaya,

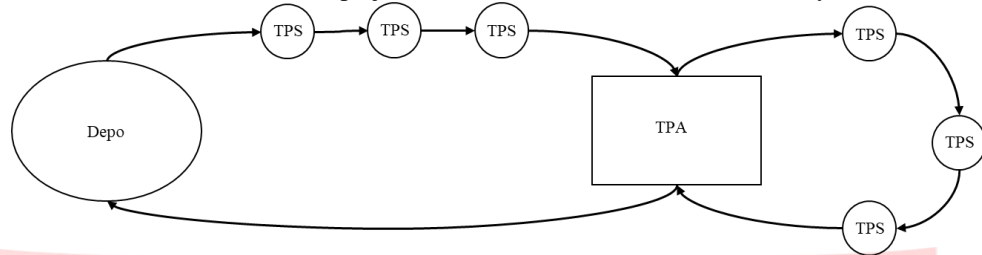
sehingga ketika jarak meningkat maka akan menimbulkan biaya yang meningkat pula.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Pola Pengangkutan Sampah Bandung

Mekanisme pengangkutan sampah di Kota Bandung dimulai dari depo, lalu menuju titik tempat pembuangan sementara (TPS), sampai tempat pembuangan akhir (TPA). Adapun pengangkutan tersebut memiliki siklus sebagai berikut. [2]

1. Kendaraan memulai perjalanan dari depo menuju ke TPS awal berdasarkan rutenya, dimana pengangkutan sampah diangkut menggunakan kendaraan PD Kebersihan Kota Bandung
2. Kendaraan menuju TPS berikutnya sesuai urutan nya, untuk selanjutnya dibawa menuju ke TPA
3. Kendaraan akan kembali ke depo jika seluruh TPS dalam rute tersebut terlayani



Gambar 2 Flow Pengangkutan Sampah Kota Bandung

II.2 Waste Collection Vehicle Routing Problem With Intermediate Facilities (WCVRPIF)

WCVRPIF adalah salah satu varian dari model VRP. Permasalahan ini mempertimbangkan intermediate facilities, dalam hal ini adalah TPA yang digunakan untuk mengumpulkan sampah yang berasal dari container, atau dalam hal ini TPS. Selain itu model WCVRPIF, juga mempertimbangkan heterogenous fleet, atau kendaraan yang heterogen untuk melakukan pengangkutan sampah. Kendala lain yaitu multiple trip memungkinkan untuk membuat lebih dari satu trip dalam setiap rute yang dilalui oleh kendaraan. Trip merupakan jumlah perjalanan yang dilalui oleh kendaraan setiap mengunjungi atau meninggalkan TPA. Sedangkan kendala flexible assignment of origin and destination depot, memungkinkan kendaraan berangkat dari asal dan tujuan depo yang berbeda [1].

II.3 Model Waste Collection Vehicle Routing Problem With Intermediate Facilities (WCVRPIF) Himpunan

- O' = Lokasi Keberangkatan (D01)
 O'' = Lokasi Tujuan (D01)
 D = Tempat Pembuangan Akhir (T001)
 P = Tempat Pembuangan Sementara (TPS001, TPS002, TPS041)
 K = Kendaraan Tersedia (A01, A02, ... An, B01, B02, ... Bn, C01, C02, ... Cn)
 N = $O' \cup O'' \cup D \cup P$

Indeks

- i = Indeks TPS, TPA, atau Depo yang menjadi awal keberangkatan kendaraan
 j = Indeks TPS, TPA, atau Depo yang menjadi tujuan kendaraan
 k = Indeks jenis kendaraan

Parameter

- π_{ij} = Jarak dari titik i ke titik j (km)
 $\tau_{ijk} = \frac{\pi_{ij}}{R_k}$, adalah waktu tempuh titik i ke titik j (jam)
 ε_i = Waktu *loading/unloading* muatan pada titik i (jam)
 $[\lambda_i, \pi_i]$ = Jam buka – tutup TPS
 H = Waktu maksimal operasional kendaraan (jam)
 ρ_i^v = Volume sampah pada titik i (m³)
 Ω_k^v = Kapasitas maksimal muatan kendaraan k (m³)
 ϕ_k = *Fixed cost* kendaraan k (Rp)
 β_k = Biaya bahan bakar kendaraan k per satuan jarak (Rp/km)
 θ_k = Biaya pekerja pada kendaraan k per satuan waktu (Rp/Jam)

Variabel Keputusan

- x_{ijk} = $\begin{cases} 1 & \text{Jika kendaraan } k \text{ melalui titik } (i,j) \\ 0 & \text{Jika selainnya} \end{cases}$
- y_k = $\begin{cases} 1 & \text{Jika kendaraan } k \text{ digunakan} \\ 0 & \text{Jika selainnya} \end{cases}$
- Q_{ik}^v = Volume kumulatif sampah terangkut pada kendaraan k di titik i (berkelanjutan)
- S_{ik}^v = Waktu kumulatif dimulainya pelayanan oleh kendaraan k di titik i (berkelanjutan)

Minimasi,

$$f = \sum_{k \in K} (\phi_k y_k + \beta_k \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \pi_{ij} x_{ijk} + \theta_k (\sum_{j \in O'} S_{jk} - \sum_{i \in O'} S_{ik})) \quad (1)$$

Dengan kendala,

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in D \cup P} x_{ijk} = 1, \quad \forall i \in P \quad (2)$$

$$\sum_{i \in O'} \sum_{j \in N} x_{ijk} = y_k, \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{i \in D} \sum_{j \in O''} x_{ijk} = y_k, \quad \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ijk} = 0, \quad \forall k \in K, j \in O' \quad (5)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ijk} = 0, \quad \forall k \in K, i \in O'' \quad (6)$$

$$\sum_{i \in N \setminus O''} x_{ijk} = \sum_{i \in N \setminus O'} x_{jik}, \quad \forall k \in K, j \in D \cup P \quad (7)$$

$$Q_{ik}^v \leq \Omega_k^v, \quad \forall k \in K, i \in P \quad (8)$$

$$Q_{ik}^v = 0, \quad \forall k \in K, i \in N \setminus P \quad (9)$$

$$Q_{ik}^v + \rho_j^v \leq Q_{jk}^v + (1 - x_{ijk})M, \quad \forall k \in K, i \in N \setminus O'', j \in P \quad (10)$$

$$S_{ik} + \varepsilon_i + \tau_{ijk} \leq S_{jk} + (1 - x_{ijk})M, \quad \forall k \in K, i \in N \setminus O'', j \in N \setminus O' \quad (11)$$

$$\lambda_i \sum_{j \in O''} x_{ijk} \leq S_{ik} \leq \mu_i \sum_{j \in N \setminus O'} x_{ijk}, \quad \forall k \in K, i \in N \setminus O'' \quad (11)$$

$$\sum_{j \in O''} S_{jk} - \sum_{i \in O'} S_{ik} \leq H, \quad \forall k \in K \quad (12)$$

$$x_{ijk}, y_k \in \{0, 1\}, \quad \forall k \in K, i, j \in N \quad (13)$$

$$Q_{ik}^v, S_{ik} \geq 0, \quad \forall k \in K, i \in N \quad (14)$$

Gambar 3 Model WCVRPIF

Fungsi tujuan dari model ini adalah minimasi total biaya, dengan kendala: Memastikan bahwa setiap rute setiap TPS pasti dikunjungi oleh kendaraan k. (2), Memastikan bahwa kendaraan memulai perjalanan dari lokasi keberangkatan, yaitu depo dan melakukan kunjungan menuju TPS, lalu mengunjungi TPA sebelum kendaraan menuju lokasi tujuan, yaitu depo (3, 4), Memastikan kendaraan mengakhiri perjalanan pada lokasi tujuan, yaitu depo (5, 6), Memastikan bahwa kendaraan akan mengunjungi titik j, dan meninggalkan titik j menuju ke titik i (7), Memastikan bahwa volume kumulatif muatan tidak boleh melebihi kapasitas muatan kendaraan (8), Memastikan bahwa kendaraan akan mengosongkan muatan nya pada TPA (9), Memastikan bahwa volume kumulatif kendaraan di titik i ditambah dengan volume sampah di titik j harus kurang dari atau sama dengan volume kumulatif kendaraan di sampai titik j (10), Memastikan bahwa waktu kumulatif kendaraan di titik i, ditambah dengan waktu loading/unloading sampah di titik i, ditambah waktu tempuh dai titik i ke titik j harus kurang dari atau sama dengan waktu kumulatif kendaraan sampai di titik j (11), Memastikan bahwa waktu kumulatif kendaraan di titik i, tidak melebihi jam buka – tutup di titik i (12), Memastikan bahwa waktu kumulatif kendaraan di titik tujuan, yaitu depo, tidak melebihi maksimum durasi waktu maksimal operasional kendaraan, dikurangi waktu kumulatif kendaraan di titik awal keberangkatan, yaitu depo. (13), Variabel keputusan x_{ijk}, y_k bernilai biner (14), Memastikan bahwa kumulatif volume, dan waktu dimulainya pelayanan pada titik i bernilai lebih dari atau sama dengan 0. (15)

II.4 Metode Menyelesaikan Permasalahan

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan, yaitu algoritma eksak, heuristic, dan meta heuristic. Algoritma eksak akan menghasilkan solusi yang paling optimum, dimana algoritma ini akan mencoba semua permutasi yang mungkin dilakukan untuk diperoleh biaya yang paling minimum, namun kelemahan dari algoritma ini adalah tidak akan efektif jika dilakukan pada jumlah konsumen yang banyak. Sedangkan algoritma heuristic adalah algoritma yang akan menghasilkan solusi yang mendekati optimum, dengan beda hanya 2-3% dari solusi optimum, kelebihan algoritma ini adalah memiliki waktu komputasi yang singkat, dan dapat menyelesaikan permasalahan konsumen dalam jumlah yang besar. Sedangkan algoritma metaheuristic digunakan ketika terdapat banyak sekali parameter dan konsumen. Adapun berikut merupakan perbandingan dan contoh algoritma yang dapat digunakan menurut [3].

Tabel 6 Perbandingan Jenis Algoritma

No	Jenis Algoritma	Contoh Algoritma	Penerapan
1	Eksak	Branc and Bound, Dijkstra	Cocok untuk permasalahan titik yang tidak banyak
2	Heuristik	Nearest Neighbour, Greedy	Cocok diterapkan pada titik banyak (puluhan hingga ratusan)
3	Metaheuristik	Genetic Algoritm, Ant Colony	Cocok diterapkan pada titik banyak (puluhan hingga ratusan), dan melibatkan banyak parameter

II.5 Algoritma Greedy

Algoritma Greedy adalah suatu algoritma yang termasuk kedalam sebuah metode heuristic untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Pada setiap langkah yang dilakukan menggunakan Algoritma greedy, akan dipilih langkah yang bernilai paling optimal saat itu, atau optimum lokal, dimana harapannya adalah dapat tercapai suatu optimum global, dengan ketentuan setiap pilihan yang diambil tidak boleh menimbulkan derajat lebih dari 2, dan setiap kota yang telah dikunjungi akan ditandai, dan digunakan sebagai lokasi awal untuk menentukan langkah berikutnya. [4]

II.6 Local Search

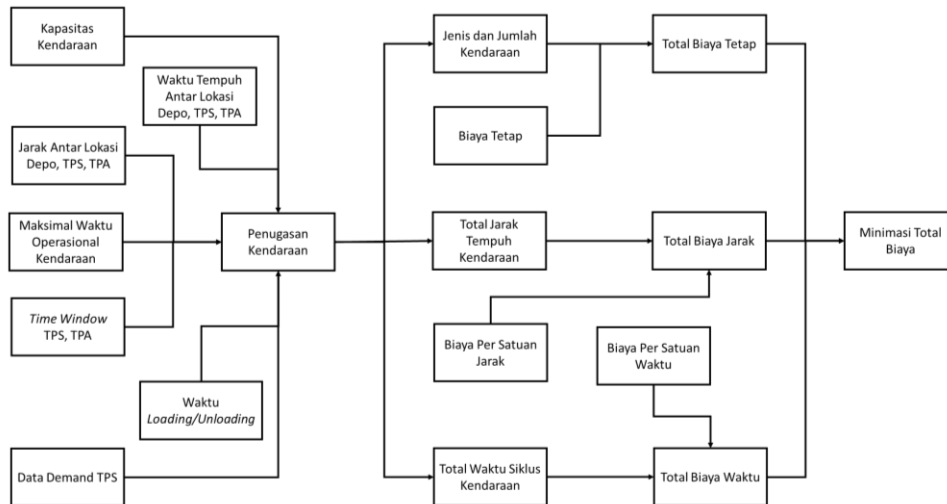
Local search adalah suatu metode yang digunakan untuk memperbaiki solusi dari solusi yang telah terbentuk sebelumnya. Perbaikan solusi dilakukan dengan mengubah struktur *neighbor*, menggunakan neighborhood operator [1]. Berikut neighborhood yang digunakan dalam penelitian ini.

- Single – tour swap = menukar konsumen dalam suatu rute
- Single – tour 2-opt = menukar 2 konsumen yang berurutan dalam suatu rute, ke urutan yang lain
- Single – tour reinsert = menyisipkan konsumen ke urutan yang lain
- Inter – tour swap = menukar konsumen antar rute
- Inter – tour 2-opt = menukar 2 konsumen yang berurutan antar rute
- Single – tour reinsert = menyisipkan konsumen ke rute lain

III. PEMBAHASAN

III.1 Model Konseptual

Model konseptual merupakan rancangan terstruktur yang berisikan konsep yang saling terkait dalam merumuskan kerangka pemecahan masalah pada penelitian [5]. Model konseptual membantu dalam memudahkan proses penelitian dari awal hingga akhir [6]. Selain itu model konseptual juga merupakan suatu konsep berpikir yang membantu peneliti merumuskan kerangka kerja pemecahan masalah dan membantu merumuskan solusi atau usulan masalah yang dibahas [7]. Adapun berdasarkan model konseptual pada Gambar 4, penugasan kendaraan dilakukan dengan menggunakan algoritma greedy, dan local search, dimana penugasan ini dilakukan untuk meminimasi total biaya. Adapun penugasan kendaraan yang dilakukan akan mempengaruhi jenis dan jumlah kendaraan yang digunakan, waktu siklus kendaraan, dan jarak tempuh. Ketiga faktor ini akan berpengaruh pada total biaya, dimana akan dicari total biaya yang bernilai minimum.



Gambar 4 Model Konseptual

III.2 Pengolahan Data

III.2.1 Perhitungan Sampah TPS Tidak Terlayani

Pada tahap ini perhitungan awal dilakukan dengan menghitung potensi maksimal pengangkutan dengan rute eksisting yang dilakukan dengan cara memasukkan demand TPS pada rute eksisting. Melalui cara tersebut akan didapatkan potensi maksimal pengangkutan dengan rute eksisting. Perhitungan demand TPS tidak terlayani dilakukan dengan cara mengurangi potensi maksimal demand eksisting dengan demand, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 7 Volume Tidak Terlayani (Periode 1)

Kode	TPS	Volume Sampah	Potensi Maksimal (Eksisting)	Tidak Diangkut
TPS004	BI BRAGA	16	12	-4,0
TPS027	MAJALENGKA	7	6	-1,0
TPS024	PEMKOT	14	12	-2,0
TPS020	HASAN SAPUTRA	11	10	-1,0
TPS014	TAMAN TEGALLEGA	14	12	-2,0
TPS021	PASAR PALASARI	27,0	26,0	-1,0
TPS001	KOSAMBI	14,0	12,0	-2,0

III.2.2 Penentuan Solusi Awal Menggunakan Algoritma Greedy

Penentuan solusi dilakukan dengan membentuk tur *feasible* menurut algoritma *greedy*. Dimana tur *feasible* ini memiliki ketentuan bahwa setiap langkah yang diambil memberikan nilai paling optimal, dengan ketentuan derajat tidak boleh lebih dari 2. Berdasarkan hal tersebut dihasilkan tur *feasible* menurut algoritma *greedy* adalah sebagai berikut feasible D01- TPS007 -TPS008 - TPS010 - TPS003 - X (dan seterusnya) – D01. Karena itu berdasarkan hal tersebut, pada iterasi awal akan dilakukan kunjungan pada TPS007, dimana kendaraan yang digunakan adalah kapasitas 6 m³ karena fungsi tujuan adalah minimasi total biaya sehingga kendaraan yang digunakan adalah yang memiliki biaya tetap termurah.

1. Iterasi 1

Karena itu berdasarkan tur *feasible* algoritma *greedy*, maka iterasi awal akan dilakukan kunjungan pada TPS007, dimana kendaraan yang digunakan adalah kapasitas 6 m³ karena fungsi tujuan adalah minimasi total biaya sehingga kendaraan yang digunakan adalah yang memiliki biaya tetap termurah.

Tabel 8 Iterasi 1 Solusi awal

Kendaraan (A01) Kapasitas (6 m3)		
Rute 1 (Trip 1)		
Rute	D01	TPS007
Time Window	06:00:00	06:00:00
	17:00:00	15:00:00
Demand Sampah (m3)	0	1
Volume Kumulatif Sampah (m3)		1
Waktu Tempuh (i ke j)		00:04:21
Waktu Tiba (i)		06:04:21
Waktu Loading/Unloading (i)		00:02:30
Waktu Berangkat (i)	06:00:00	06:06:51

2. Iterasi 2

Pada iterasi 2, karena kapasitas kendaraan telah tersisi penuh, maka kunjungan selanjutnya dilakukan menuju TPA01, dimana digunakan untuk melakukan pengosongan muatan.

Tabel 9 Iterasi 2 Solusi awal

Kendaraan (A01) Kapasitas (6 m3)				
Rute 1 (Trip 1)				
Rute	D01	TPS007	TPS008	TPA01
Time Window	06:00:00	06:00:00	06:00:00	06:00:00
	17:00:00	15:00:00	15:00:00	17:00:00
Demand Sampah (m3)	0	1	41	0
Volume Kumulatif Sampah (m3)		1	6	0
Waktu Tempuh (i ke j)		00:04:21	00:03:00	01:20:33
Waktu Tiba (i)		06:04:21	06:09:51	07:42:54
Waktu Loading/Unloading (i)		00:02:30	00:12:30	00:15:00
Waktu Berangkat (i)	06:00:00	06:06:51	06:22:21	07:57:54

3. Iterasi 3

Selanjutnya akan di cek waktu kumulatif kendaraan hingga sampai ke Depo atau D01, jika masih tersedia maka trip selanjutnya diperbolehkan.

Tabel 10 Iterasi 3 Solusi awal

Kendaraan (A01) Kapasitas (6 m3)					
Rute 1 (Trip 1)					
Rute	D01	TPS007	TPS008	TPA01	D01
Time Window	06:00:00	06:00:00	06:00:00	06:00:00	06:00:00
	17:00:00	15:00:00	15:00:00	17:00:00	17:00:00
Demand Sampah (m3)	0	1	41	0	0
Volume Kumulatif Sampah (m3)	0	1	6	0	0
Waktu Tempuh (i ke j)		00:04:21	00:03:00	01:20:33	01:16:30
Waktu Tiba (i)		06:04:21	06:09:51	07:42:54	09:14:24
Waktu Loading/Unloading (i)		00:02:30	00:12:30	00:15:00	
Waktu Berangkat (i)	06:00:00	06:06:51	06:22:21	07:57:54	

4. Iterasi 4

Kunjungan akan dihentikan ketika tidak terdapat TPS yang dapat dilayani, atau melebihi waktu maksimal operasional kendaraan.

Tabel 11 Iterasi 4 Solusi awal

Kendaraan (A01) Kapasitas (6 m3)		
Rute 1 (Trip 2)		
Rute	TPA01	TPS003
Time Window	06:00:00	06:00:00
	17:00:00	15:00:00
Demand Sampah (m3)	0	24
Volume Kumulatif Sampah (m3)	0	6
Waktu Tempuh (i ke j)	01:20:33	01:04:21
Waktu Tiba (i)	07:42:54	09:02:15
Waktu <i>Loading/Unloading</i> (i)	00:15:00	00:15:00
Waktu Berangkat (i)	07:57:54	09:17:15

Tabel 12 Iterasi 4 Solusi awal (lanjutan 1)

Kendaraan (A01) Kapasitas (6 m3)			
Rute 1 (Trip 3)			
Rute	TPA01	TPS005	TPA01
Time Window	06:00:00	06:00:00	06:00:00
	15:00:00	15:00:00	17:00:00
Demand Sampah (m3)	0	16	0
Volume Kumulatif Sampah (m3)	0	6	0
Waktu Tempuh (i ke j)	01:03:27	01:06:00	01:04:39
Waktu Tiba (i)	10:20:42	11:41:42	13:01:21
Waktu <i>Loading/Unloading</i> (i)	00:15:00	00:15:00	00:15:00
Waktu Berangkat (i)	10:35:42	11:56:42	13:16:21

Tabel 13 Iterasi 4 Solusi awal (lanjutan 2)

Kendaraan (A01) Kapasitas (6 m3)				
Rute 1 (Trip 4)				
Rute	TPA01	TPS035	TPA01	D01
Time Window	06:00:00	06:00:00	06:00:00	06:00:00
	17:00:00	15:00:00	17:00:00	17:00:00
Demand Sampah (m3)	0	6	0	0
Volume Kumulatif Sampah (m3)	0	6	0	0
Waktu Tempuh (i ke j)	01:04:39	01:13:21	01:12:54	01:16:30
Waktu Tiba (i)	13:01:21	14:29:42	15:57:36	17:29:06
Waktu <i>Loading/Unloading</i> (i)	00:15:00	00:15:00	00:15:00	
Waktu Berangkat (i)	13:16:21	14:44:42	16:12:36	

Berdasarkan tabel diatas, kunjungan pada trip ke 4 dibatalkan karena telah melebihi batas waktu operasional kendaraan, sehingga rute yang terbentuk bagi kendaraan A01 adalah D01-TPS007-TPS008-TPA01-TPS003-TPA01-TPS05-TPA01-D01. Namun karena pada penelitian ini dibatasi maksimal trip 2, maka rute yang terbentuk bagi kendaraan A01 adalah D01-TPS007-TPS008-TPA01-TPS003-TPA01-D01

5. Iterasi 5

Berdasarkan iterasi 5, jika masih terdapat demand yang tersisa pada TPS, dan jika masih terdapat kendaraan tersedia, maka ulangi proses akan diulangi seperti pada iterasi 1.

Berdasarkan hasil iterasi yang dilakukan dihasilkan jarak sebesar 5768,968 Km, dan waktu sebesar 209,79 Jam dengan kendaraan yang digunakan 13 kendaraan 12 m3, 4 kendaraan 10 m3, dan 13 Kendaraan 12 m3. Adapun hasil tersebut terjadi pada periode 1, dan akan dihitung pula hingga periode 7. Dimana hasil dari iterasi yang dilakukan akan dikalikan dengan *cost* untuk jarak, waktu, dan biaya tetap.

III.2.3 Perbaikan Solusi Menggunakan *Local Search*

Berdasarkan hasil dari solusi awal, maka akan diperbaiki menggunakan *local search* dengan tahapan tahapan sebagai berikut.

1. Lakukan *move* menggunakan struktur *neighborhood* operator awal, dengan cara merandom struktu *neighbor*.
2. Lakukan prosedur *reassignment* kendaraan dengan mengurutkan total muatan kendaraan secara *descending*, dan mulai lakukan *reassignment* dengan kendaraan kapasitas terkecil, jika

total muatan melebihi kapasitas kendaraan, maka tugaskan kendaraan dengan kapasitas lebih besar

3. Lakukan prosedur *capacity recovery and depo reassignment* dengan cara mengeluarkan seluruh TPA, dan depo pada rute, kemudian sisipkan kembali TPA pada saat kapasitas kendaraan terisi penuh, lalu menyisipkan depo dengan jarak paling dekat.
4. Lakukan prosedur *improve tour individually* dengan cara mengeluarkan TPS yang melebihi *time window*, atau waktu maksimal operasional kendaraan. Urutkan total muatan kendaraan secara *ascending*, lalu cek satu persatu rute jika dilakukan penyisipan TPS berdasarkan urutan tadi, dengan syarat tidak boleh melanggar batasan.
5. Masukkan solusi yang tidak lebih baik kedalam *ban list* agar tidak dipilih kembali pada proses pengecekan.
6. Lakukan pengecekan pada struktur *neighborhood* operator lain jika tidak ditemukan solusi yang lebih baik
7. Proses akan berhenti ketika sejumlah iterasi tidak menghasilkan solusi yang lebih baik, atau jumlah iterasi telah mencapai batas tertentu.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada pada penelitian, dapat disimpulkan bahwa hasil dari penelitian adalah sebagai berikut.

1. Adapun rancangan penugasan yang terbentuk menghasilkan tingkat pelayanan setelah optimasi meningkat 2,33%, yaitu dari 97,59 % mejadi 99,92 dimana dipengaruhi karena hanya sedikit TPS yang mengalami over pelayanan, sehingga TPS yang sebelumnya kurang pelayanan menjadi dapat terlayani. Hal ini dapat terjadi karena TPS yang sebelumnya over pelayanan akan diturunkan tingkat pelayanannya setelah optimasi, dan TPS yang sebelumnya kurang pelayanan akan ditingkatkan pelayanannya setelah optimasi. Adapun berdasarkan hasil optimasi, terdapat perbedaan jarak sebesar 1042,72 Km, dimana hal ini dipengaruhi karena tingkat utilitas kendaraan setelah optimasi bernilai lebih tinggi, sehingga berpengaruh pada jarak yang lebih rendah. Selain itu, setelah dilakukan optimasi setiap TPS dilayani sesuai dengan volume sampahnya, sehingga kecil kemungkinan terdapat TPS yang over pelayanan, hal inilah yang juga menjadi penyebab menurunnya jarak.

Daftar Pustaka

- [1] i. Markov, V. Sacha dan B. Michel , “The waste collection VRP with intermediate facilities, a heterogeneous fixed fleet and a flexible assignment of origin and destination depot,” *TRANSP-OR*, 2015.
- [2] H. A. R. Lubis, A. Maulana dan R. B. Frazila, “Penerapan Konsep Vehicle Routing Problem dalam Kasus Pengangkutan,” 2016.
- [3] P. S. Muttaqin, “PENENTUAN RUTE ARMADA DI PT XYZ MENGGUNAKAN ALGORITMA TABU SEARCH PADA HETEROGENEOUS FLEET VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS UNTUK MEMINIMASI JARAK DAN BIAYA TRANSPORTASI BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS,” Bandung, 2016.
- [4] Syam, U. F. (2008). Prinsip Algoritma Greedy Dan Aplikasinya Dalam Berbagai Algoritma Lain. Bandung: ITB.
- [5] Nurhasanah, H., Ridwan, A.Y., Santosa, B., (2019), A Condition-based maintenance and spare parts provisioning based on markov chains, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
- [6] Maulaya, A., Ridwan, A.Y., Santoso, B., (2019), Spare Part Inventory Policy Planning based on FRMIC (Fuzzy-Rule-based approach for Multi-Criteria Inventory Classification) using Base-Stock Policy Method (S-1, S), Proceedings of 1st International Conference on Engineering and Management in Industrial System
- [7] Razafuad, R., Ridwan, A.Y., Santosa, B., (2018), Development of e-Kanban application using stock-needs rule prioritizing policy to reduce 0-pick for pharmaceutical warehousing, 6th International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2018