

## OPTIMASI RUTE TRUK PENGANGKUTAN SAMPAH DI KOTA SUMBAWA BESAR *SHIFT* II MENGGUNAKAN *GVRP*

Koko Hermanto<sup>1</sup>, Eki Ruskartina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Industri, Universitas Teknologi Sumbawa, kokoaction88@gmail.com

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Industri, Universitas Teknologi Sumbawa, ekiruskartina@gmail.com

**Abstract.** The problem of garbage in the city of Sumbawa Besar is a common problem that often occurs, as well as large cities in Indonesia. To avoid the negative impact of the existence of waste, the waste problem needs to be handled properly by improving quality and waste management, for example in terms of distribution. Set warehouse, TPS and TPA as vertices, and the connecting paths of these vertices are edge. Arrange the shortest route for each fleet in the second shift using the generalized vehicle routing problem (GVRP) method. Then, using the clustered generalized vehicle routing problem (CGVRP) method and resolved with the Dijkstra algorithm. Obtained the total route on the second shift 85,569 meters, so that spent fuel RP 69,524, - more optimal than the route that has been used that is along 96,302 meters obtained RP. 78,245, -.

**Keywords:** garbage, shortest route, GVRV, CGVRP, Dijkstra

**Abstrak.** Persoalan sampah di kota Sumbawa Besar merupakan masalah umum yang sering terjadi, Sama halnya dengan kota-kota besar yang ada di Indonesia. Untuk menghindari adanya dampak negatif dari keberadaan sampah maka persoalan sampah perlu ditangani dengan baik dengan cara peningkatan kualitas dan pengelolaan sampah, misalnya dari segi pendistribusianya. Ditetapkan gudang, TPS dan TPA sebagai verteks, serta jalan penghubung vertek-verteks tersebut adalah edge. Menyusun rute terpendek untuk setiap armada pada *shift* kedua menggunakan metode *generalized vehicle routing problem (GVRP)*, selanjutnya menggunakan metode *clustered generalized vehicle routing problem (CGVRP)* dan diselesaikan dengan algoritma Dijkstra. Diperoleh total rute lima armada pada *shift* kedua adalah 85.569 meter sehingga menghabiskan bahan bakar Rp 69.524,- lebih optimal dibandingkan rute yang selama ini digunakan yaitu 96.302 meter diperoleh biaya bahan bakar Rp. 78.245,-.

**Keywords:** Sampah, rute terpendek, GVRV, CGVRP, Algoritma Dijkstra

### 1 Pendahuluan

Kota Sumbawa Besar merupakan ibu kota dari kabupaten Sumbawa yang berada di provinsi Nusa Tenggara Barat. Sesuai dengan slogan dari kota ini yaitu “BESAR” adalah suatu singkatan dari kata-kata Bersih, Elok, Sehat, Aman dan Rapi. Untuk mewujudkan capaian dari slogan tersebut maka keterlibatan anatara kalangan masyarakat dan pemerintah sangat diperlukan. Hal kecilnya, masyarakat memiliki kesadaran untuk menjaga kebersihan lingkungan sekitar, membuang sampah pada tempatnya. Sedangkan untuk sarana dan prasarana dapat disediakan oleh pemerintah guna untuk mengumpulkan dan mengangkut sampah-sampah dari masyarakat atau dari tempat pembuangan sementara (TPS) untuk didistribusikan ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Pendistribusian sampah adalah salah satu bagian kegiatan penting dilakukan oleh instansi pemerintah dalam pendistribusian barang atau jasa. Penentuan rute perjalanan dari kantor Dinas

Lingkungan Hidup kabupaten Sumbawa atau gudang *dump truk* pendistribusian sampah dari tiap-tiap TPS ke TPA sangat rumit sehingga harus diperhatikan sehingga proses pengangkutan dapat dilakukan dengan secara tepat sesuai dengan banyaknya unit kendaraan pengangkut sampah yang nantinya dapat menghemat biaya bahan bakar.

Persoalan rute terpendek adalah suatu jaringan yang menentukan rute perjalanan di mana seseorang dalam menentukan rute perjalanan ingin menentukan rute terpendek antara dua objek atau lebih berdasarkan rute alternatif yang tersedia yang biasanya terdiri dari satu atau beberapa objek tujuan. Masalah ini umumnya dapat diilustrasikan atau dimodelkan dalam bentuk graph guna memodelkan persoalan yang diamati sehingga dapat mempermudah dalam penyelesaian masalah tersebut. Masalahnya adalah menentukan cara mengunjungi setiap objek pada graph dari objek awal ke objek akhir dengan bobot yang minimum, dalam penelitian ini bobot yang dimaksud adalah jarak dari masing-masing objek dan objeknya didefinisikan sebagai TPS sampah diasumsikan sebagai vertek yang saling terhubung. Metode yang digunakan untuk menentukan rute terpendek pada penelitian ini adalah menggunakan metode *GVRP* dan algoritma Dijkstra, di mana dengan menggunakan metode *GVRP* setiap TPS dikelompokkan berdasarkan kelurahan dengan tetap memperhatikan kapasitas *dump truk* selanjutnya dengan menggunakan Algoritma Dijkstra ditentukan rute terpendek setiap TPS didalam kelompok tersebut. Tujuan dari penelitian adalah dapat menjadi bahan pertimbangan bagi Dinas Lingkungan Hidup di Kabupaten Sumbawa atau instansi terkait dalam hal menentukan rute terpendek pendistribusian barang atau jasa.

## 2 Tinjauan Pustaka

### 2.1 Teori Graph

Susanna [10] melaskan definisi graph dan graph berarah sebagai berikut:

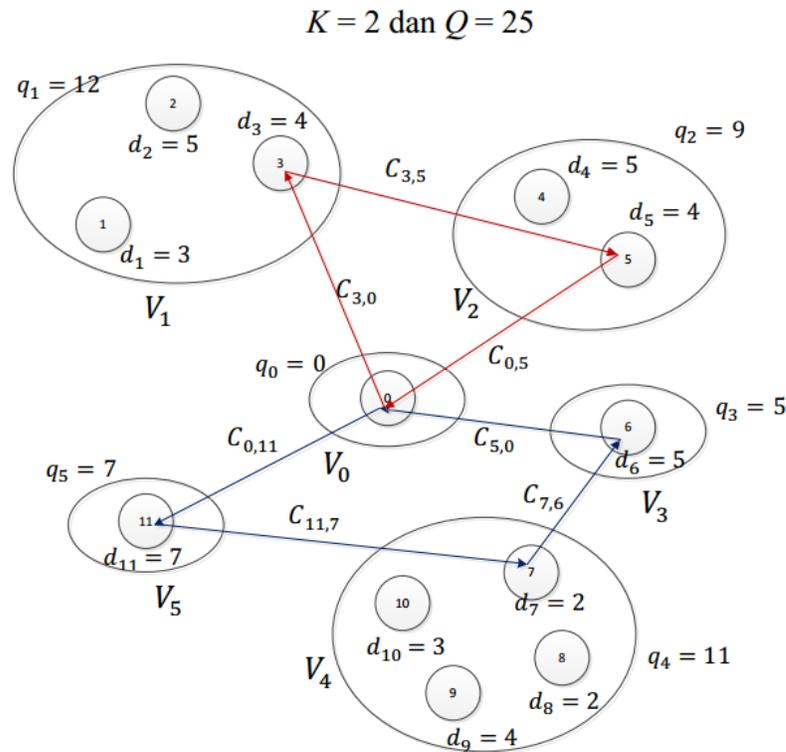
**Definisi 1.** *Graph  $G$  merupakan pasangan  $(V,A)$  di mana  $V$  himpunan berhingga dengan  $V \neq \emptyset$  yang anggotanya disebut titik (vertek) dan himpunan berhingga  $A$  yang anggotanya disebut sisi (edge). Secara matematis ditulis  $G = (V,A)$ , di mana  $V$  merupakan himpunan vertek dan  $A$  adalah himpunan edge.*

**Definisi 2.** *Graph berbobot merupakan graph yang masing-masing edge memiliki bobot real positif. Jumlah bobot dari semua edge adalah bobot total graph. Jika  $G$  adalah graph berbobot dan  $e$  adalah edge  $G$ , maka  $w(e)$  menunjukkan bobot  $e$  dan  $w(G)$  menunjukkan total bobot  $G$ .*

### 2.2 Generalized Vehicle Routing Problem (GVRP)

**Definisi 3.** [7] *GVRP adalah masalah mencari rute terpendek yang direpresentasikan dengan sebuah graph berarah  $G = (V,A)$  dengan  $V = \{0,1,2, \dots, n\}$  sebagai himpunan vertex dan  $A = \{(i,j) | i, j \in V, i \neq j\}$  himpunan edge. Nilai  $c_{ij}$  bernilai tidak negatif untuk setiap edge  $(i,j) \in A$ , himpunan vertek dibagi menjadi  $k+1$  himpunan bagian tak kosong saling eksklusif, yang disebut dengan kelompok  $V_0, V_1, \dots, V_k$  (i.e.  $V = V_0 \cup V_1 \cup \dots \cup V_k$  dan  $V_l \cap V_p = \emptyset$  untuk semua  $l, p \in \{0, 1, \dots, k\}$  dan  $l \neq p$ ).*

Setiap rute kendaraan mengunjungi tepat satu vertek dari sejumlah kelompok dan memenuhi kendala kapasitas. Contoh skema ilustrasi *GVRP* dan koleksi rute yang layak ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1.** Contoh Solusi Layak *GVRP*

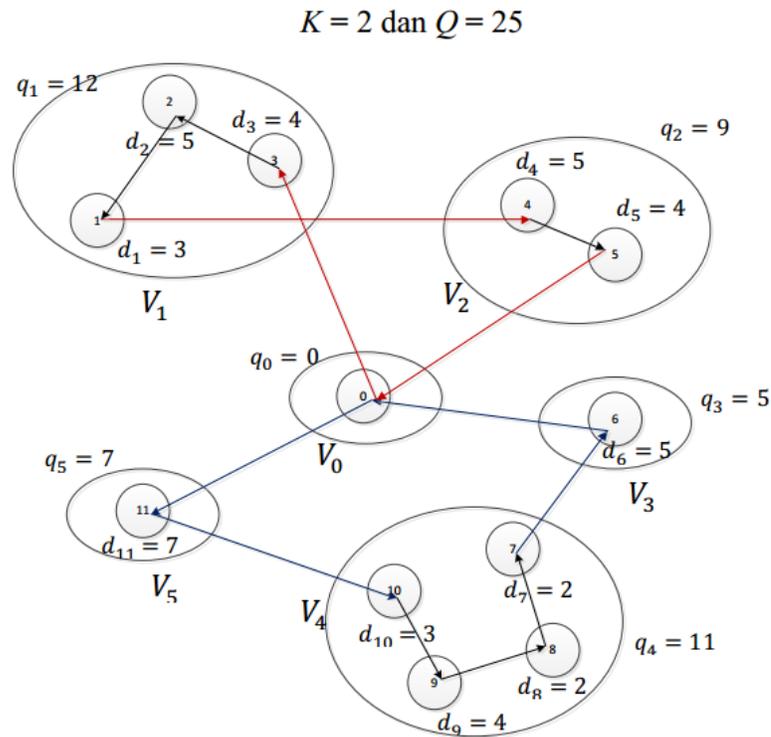
Gambar 1 menjelaskan solusi layak *GVRP* dari suatu masalah pendistribusian barang yang dilakukan oleh dua kendaraan distribusi yang identik dengan kapasitas kendaraan  $Q = 25$ . Kendaraan pertama pendistribusian dimulai dari gudang  $v_0$  menuju vertek  $v_3$  dengan permintaannya  $d_3 = 4$  dan vertek  $v_3$  mewakili kelompok  $V_1$  dengan jumlah permintaan  $q_1 = 12$  kemudian kendaraan pertama menuju vertek  $v_5$  dengan permintaannya  $d_5 = 4$  dan vertek  $v_5$  mewakili kelompok  $V_2$  dengan jumlah permintaan  $q_2 = 9$  selanjutnya kendaraan pertama tersebut kembali lagi ke gudang.

Sedangkan kendaraan kedua pendistribusian dimulai dari gudang  $v_0$  menuju vertek  $v_{11}$  dengan permintaannya  $d_{11} = 7$  dan vertek  $v_{11}$  mewakili kelompok  $V_5$  dengan jumlah permintaan  $q_5 = 7$  kemudian kendaraan kedua menuju vertek  $v_7$  dengan permintaannya  $d_7 = 2$  dan vertek  $v_7$  mewakili kelompok  $V_4$  dengan jumlah permintaan  $q_4 = 11$ , kemudian menuju vertek  $v_6$  dengan permintaannya  $d_6 = 5$  dan vertek  $v_6$  mewakili kelompok  $V_3$  dengan jumlah permintaan  $q_3 = 5$  selanjutnya kendaraan tersebut kembali ke gudang.

### 2.3 Clustered Generalized Vehicle Routing Problem (CGVRP)

Tujuan *CGVRP* adalah untuk menentukan koleksi biaya minimum dari  $m$  tur kendaraan yang berawal dan berakhir di gudang sehingga vertek dari tiap graph dikunjungi tepat satu kali dengan

melakukan jalur Halmiton pada tiap vertek, serta muatan masing-masing kendaraan tidak melebihi kapasitas  $Q$  [2]. Ilustrasi *CGVRP* dan solusi layak yang merupakan lanjutan dari masalah *GVRP* pada Gambar 1 sebelumnya disajikan dalam Gambar 2.



**Gambar 2** Contoh Solusi Layak *CGVRP*

Gambar 2 menjelaskan solusi layak *CGVRP* dari suatu masalah pendistribusian barang yang dilakukan oleh dua kendaraan distribusi yang identik dengan kapasitas kendaraan  $Q = 25$ . Kendaraan pertama pendistribusian dimulai dari gudang  $v_0$  menuju vertek  $v_3$  dengan permintaannya  $d_3 = 4$  kemudian menuju vertek  $v_2$  dengan permintaan  $d_2 = 2$  selanjutnya menuju vertek  $v_1$  dengan permintaan  $d_1 = 3$  merupakan vertek-vertek yang ada di kelompok  $V_1$  dengan jumlah permintaan  $q_1 = 12$ . Kemudian kendaraan pertama menuju vertek  $v_4$  dengan permintaannya  $d_4 = 5$  kemudian menuju vertek  $v_5$  dengan permintaan  $d_5 = 4$  merupakan vertek-vertek yang berada di kelompok  $V_2$  dengan jumlah permintaan  $q_2 = 9$  selanjutnya kendaraan pertama tersebut kembali lagi ke gudang. Begitu juga dengan pendistribusian kendaraan kedua. Jadi rute optimal dari pendistribusian tersebut adalah jumlahan seluruh jarak edge-edge yang dilalui dua kendaraan pendistribusian tersebut.

## 2.4 Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra merupakan sebuah algoritma digunakan untuk menentukan rute terpendek pada graph berarah atau graph tak berarah yang memiliki bobot tanpa mengenumerasi secara eksplisit semua rute alternatif yang mungkin menjadi solusi rute optimal [6].

Prinsip algoritma Dijkstra dalam menentukan rute terpendek dari suatu masalah jaringan yang dimodelkan dalam graph adalah pada waktu penentuan rute alternatif yang kemungkinan menjadi solusi, setiap bobot dari vertek yang belum dipilih akan dianalisis, lalu dipilih vertek dengan bobot yang paling kecil. Apabila ada bobot yang lebih kecil melalui vertek tertentu, maka rute akan berubah mengikuti bobot yang lebih kecil tersebut, artinya rute lintasan akan berubah. Algoritma Dijkstra akan berhenti ketika semua vertek sudah terlewati [2].

### 3 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan untuk menyusun penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Lokasi Penelitian  
Penelitian dilakukan pada area pelayanan pengambilan sampah yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup kabupaten Sumbawa.
- 2) Sampel Data  
Jumlah armada, kapasitas *dump truk*, volume sampah di TPS, lokasi TPS, lokasi TPA, jarak dari TPA ke setiap TPS dan jarak TPS kesetiap TPS.
- 3) Prosedur Penelitian
  - a. Pengkajian metode *GVRP*, *CGVRP*, dan algoritma Dijkstra untuk menentukan rute terpendek pengambilan sampah
  - b. Pengumpulan data yang dibutuhkan pada poin 2.
  - c. Pemodelan metode *GVRP*, *CGVRP*, dan algoritma Dijkstra
    - Menentukan jarak antar TPA ke TPS, gudang ke TPS, gudang ke TPA dan antar TPS
    - Mendefinisikan kelompok setiap TPS yaitu pengelompokan berdasarkan kelurahan dengan tetap memperhatikan kapasitas *dump truk* untuk menyusun model *GVRP* dan *CGVRP*.
    - Menggunakan algoritma Dijkstra mencari jarak terpendek antara tiap-tiap TPS yang telah disusun model *GVP* dan *CGVRP*.
    - Pembentukan rute berdasarkan urutan TPS
    - Membandingkan rute yang didapat dengan rute yang selama ini dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup.

### 4 Hasil dan Pembahasan

Pendistribusian sampah oleh Dinas Lingkungan Hidup di setiap TPS di kota Sumbawa Besar menggunakan dua *shift* yaitu *shift* pertama dilakukan pada pukul 07.00-08.30 dan *shift* kedua pada pukul 09.00-10.30 dengan total jarak tempuh pada *shift* kedua yaitu 96.302 meter diperoleh biaya bahan bakar Rp. 78.245. Berikut akan dijelaskan *shift* kedua. Kendaraan yang digunakan adalah *dump truck* dengan kapasitas  $2 m^3$ , sebanyak 5 *dump truck*.

Pada penelitian ini untuk mengukur jarak setiap TPS terdapat beberapa asumsi yaitu *dump truck* yang digunakan untuk mengangkut sampah selalu dalam kondisi baik, kemacetan di rute distribusi sampah diabaikan sehingga ruas tiap jalan selalu dapat dilewati, jarak dari TPS ke-*i* ke TPS ke-*j* sama dengan jarak TPS ke-*j* ke ke-*i* serta volume sampah di tiap TPS selalu tetap. Jarak

setiap TPS ditentukan menggunakan *google earth* dengan tetap memperhatikan jarak yang sebenarnya di lapangan yang diperoleh secara manual menggunakan *speedometer* sepeda motor. Jarak setiap TPS pada *shift* kedua disajikan pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Jarak setiap TPS

Lokasi	Kode Lokasi	0'	0"	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
TPA	0'	0																											
Gudang	0"	8710	0																										
Jln. Garuda	1	3961	1133	0																									
Pertamina	2	13653	4814	3726	0																								
ETN Komi	3	13068	4242	3129	812	0																							
Komi	4	12901	4059	2979	747	169	0																						
Jln. Kepiting	5	4779	4099	4535	8244	7631	7481	0																					
Parate	6	5798	6360	6773	10469	9859	9722	2503	0																				
Pungka	7	4798	7316	7720	11434	10836	10657	3413	941	0																			
Stadion Pragas	8	4534	4216	4736	8421	7682	263	247	2267	3189	0																		
Jln. Kemuning	9	6255	2986	4116	7812	7223	7063	1689	3695	4060	1801	0																	
Jln. Kamboja	10	6302	3536	3987	7620	7061	6961	819	3119	4059	1265	938	0																
Jln. Mawar	11	6467	3308	3720	7407	6820	6650	1032	3282	4223	1407	1066	207	0															
Jln. Melati	12	6679	3142	3494	7175	6674	6481	1254	3417	4352	1334	1315	437	245	0														
Jln. Diponegoro	13	6831	2993	3431	7096	6549	6326	1130	3736	4505	1288	1552	672	326	175	0													
Jln. Setia Budi	14	5078	3844	4581	8275	7673	7532	317	2820	3652	487	1424	783	916	1209	1162	0												
Jln. Akeang	15	5839	3703	3789	7470	6904	6722	1036	3090	4087	1224	893	239	396	643	894	760	0											
Taman Kerato	16	6788	3325	4339	8052	7445	7235	2505	4371	5002	2624	1079	1704	1843	1821	2164	2168	1683	0										
Sering	17	7066	6715	6124	9828	9230	9088	3255	3906	3875	3381	1642	2474	2614	2763	3096	2976	2454	2031	0									
Kerato pojok	18	6821	3333	4333	8032	7437	7276	2396	4366	4907	2521	996	1589	1730	1825	2156	2063	1572	581	1933	0								
Jln. K.H. Dewantara	19	4719	5242	5513	9233	8620	8459	1662	1549	2463	1391	1837	1870	2017	2157	2504	1903	1854	2797	2620	2689	0							
Jln. Tongkol	20	5308	3797	4363	8075	7706	7806	702	2991	3967	859	3090	373	1128	1275	1204	899	1207	2417	3395	2434	2163	0						
Jln. Gurami	21	4059	4795	5506	9235	8606	8451	747	1765	2707	495	1833	1643	2005	2152	2492	946	1839	2806	2843	2694	915	1241	0					
Jln. Duri	22	6064	2975	4546	9230	7634	7460	1111	3585	4917	1534	2827	1406	1579	1173	1084	1367	1643	2535	3851	2599	2693	712	1741	0				
Jln. Mangga	23	6502	2579	3812	7572	6950	6711	1478	4058	5348	2076	2426	1774	1627	1390	1297	2476	2094	2858	4185	2893	3224	1020	2286	754	0			
Jln. Osap Sio	24	5455	2436	4530	8246	8076	8154	1159	3164	4132	1162	3338	1318	1481	1653	1133	1282	1543	2570	3767	2595	2331	365	1407	352	1234	0		
Jln. Kebayan	25	6824	2433	4291	7924	7415	7167	1592	4158	5133	2164	2277	1866	1463	1240	1146	2306	1889	2391	4300	3007	3343	1196	2385	904	464	1057	0	

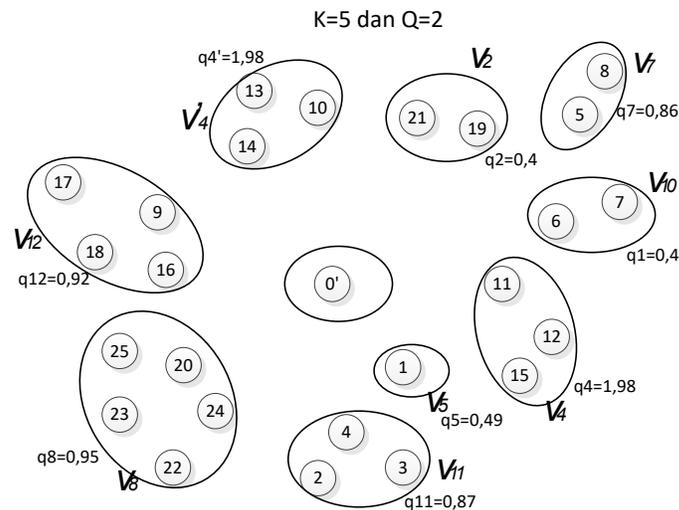
Selanjutnya setiap TPS dikelompokkan berdasarkan kelurahan masing-masing dengan tetap memperhatikan kapasitas *dump truk* yaitu total volume sampah pengelompokan TPS tidak melebihi kapasitas *dump truk* bila melebihi kapasitas *dump truk* maka dibentuk kelompok baru. Volume sampah dan pengelompokan setiap TPS disajikan pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** volume sampah dan pengelompokan setiap TPS

No.	Kelurahan	Persediaan Sampah	TPS	Persediaan Sampah
1.	Pungka ( $V_{10}$ )	0,4	• parate (6)	0,2
			• punga (7)	0,2
2.	Pekat ( $V_2$ )	0,4	• Jalan kh. Dewantara (19)	0,2
			• gurami (21)	0,2
3.	Bugis 1 ( $V'_4$ )	1,98	• jalan diponegoro (13)	0,66
			• jalan setia budi (14)	0,66
			• jalan kamboja (10)	0,66
4.	Bugis ( $V_4$ )	1,98	• jalan akeang (15)	0,66
			• jalan mawar (11)	0,66
			• jalan melati (12)	0,66
5.	Lempeh ( $V_5$ )	0,49	• Jalan garuda (1)	0,49
6.	Seketeng ( $V_7$ )	0,86	• jalan keping (5)	0,3
			• stadion pragas (8)	0,3
7.	Uma Sima ( $V_8$ )	0,95	• jalan mangga (23)	0,12

			• jalan kebyan (25)	0,12
			• jalan tongkol (20)	0,12
			• jalan Durian (22)	0,12
			• jalan osap sio (24)	0,12
8.	Karag Dima ( $V_{11}$ )	0,87	• Kompi (4)	0,17
			• BTN Kompi (3)	0,17
			• Pertamina (2)	0,17
9.	Desa Kerato ( $V_{12}$ )	0,92	• jalan kemuning (9)	0,15
			• taman kerato (16)	0,15
			• Sering (17)	0,15
			• Kerato Pojok (18)	0,15
<b>Total</b>		<b>8,87</b>		

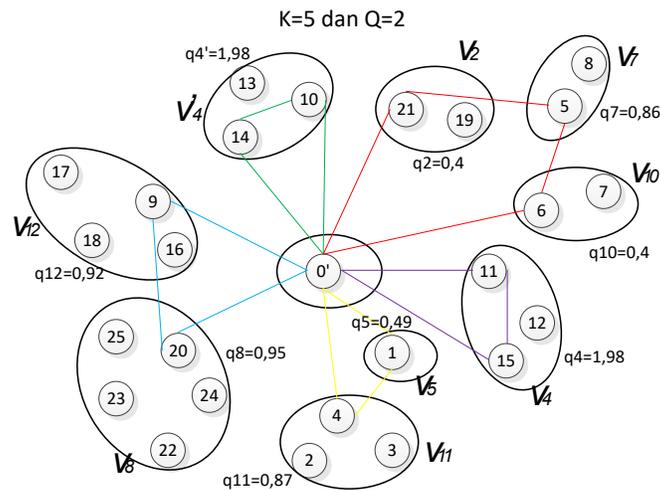
Berdasarkan Tabel 2 dengan menggunakan graph dapat diilustrasikan lokasi dan pengelompokan TPS seperti Gambar 3 berikut.



**Gambar 3.** Pengelompokan TPS

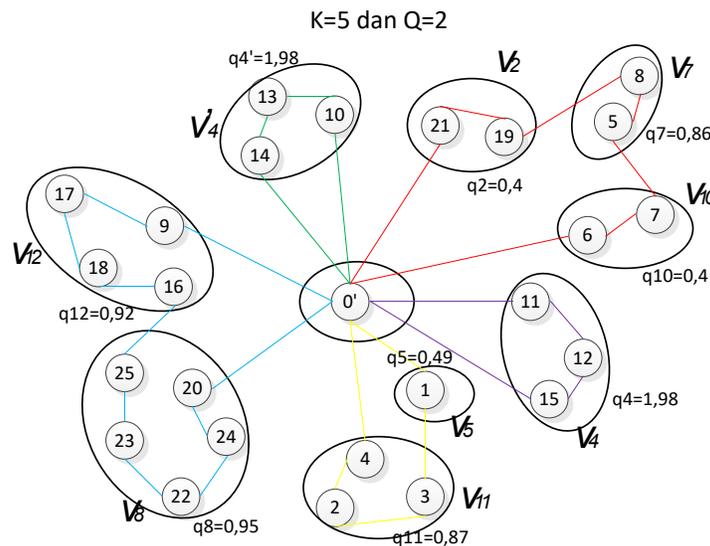
Ditetapkan sampah di TPS di kelompok  $v_2$ ,  $v_7$  dan  $v_{10}$  diangkut oleh *dump truk* pertama, sampah di TPS kelompok  $v'_4$  diangkut oleh *dump truk* kedua, sampah di kelompok  $v_4$  diangkut oleh *dump truk* ketiga, sampah di kelompok  $v_5$  dan kelompok  $v_{11}$  diangkut oleh *dump truk* keempat, sampah di kelompok  $v_8$  dan kelompok  $v_{12}$  diangkut oleh *dump truk* kelima. Selanjutnya dengan menggunakan metode Dijkstra akan disusun model *GVRP* yaitu menentukan dua TPS yang jaraknya paling minimal dengan gudang selanjutnya vertek tersebut dihubungkan dengan *edge* kasus untuk kendaraan *dump truk* ditugaskan pada satu kelompok. Sedangkan jika *dump truk* mengunjungi lebih dari satu kelompok maka akan dipilih dua TPS dari kelompok yang berbeda yang jaraknya paling minimal selanjutnya TPS yang terpilih tersebut dihubungkan dengan *edge* jika terdiri dari dua kelompok, sedangkan yang lebih dari dua kelompok ditentukan satu TPS dari kelompok yang lain yang jaraknya paling minimal dari TPS yang ditentukan

sebelumnya. Sehingga dari Gambar 3 dapat disusun solusi model *GVRP* seperti pada Gambar 4 berikut.



**Gambar 4.** Model *GVRP* shift kedua

Setelah diperoleh model *GVRP* seperti pada Gambar 4 selanjutnya dengan menggunakan metode Dijkstra akan ditentukan model *CGVRP*, yaitu menentukan rute terpendek setiap TPS di dalam kelompok masing-masing. Model *CGVRP* disajikan pada Gambar 5 berikut.



**Gambar 5.** Model *CGVRP* shift kedua

Dari Gambar 5 dapat dilihat solusi usulan rute pendistribusian sampah pada *shift* kedua di kota Sumbawa Besar. Diperoleh total rute pendistribusian sampah dari tiap-tiap TPS di *shift* kedua sepanjang 85.569 meter. Bahan bakar yang digunakan oleh *dump truck* adalah solar dengan harga perliternya Rp. 6.500,- dan satu liter dapat menempuh jarak 8000 meter, sehingga biaya bahan bakar untuk pendistribusian sampah pada *shift* kedua adalah Rp 69.524,- .

## 5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode *GVRP* dan metode Dijkstra diperoleh total rute pendistribusian sampah pada *shift* kedua yaitu sepanjang 85.569 meter sehingga menghabiskan bahan bakar Rp 69.524,- sedangkan total rute yang selama ini digunakan oleh Dinas Lingkungan Hidup yaitu sepanjang 96.302 meter diperoleh biaya bahan bakar Rp. 78.245,- sehingga dengan menggunakan metode *GVPR* dan Dijkstra lebih optimal.

## 6 Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini tim peneliti menyampaikan terima kasih kepada Ditlitabmas Dirjen Dikti Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah sepenuhnya mendanai penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat.

## 7 Daftar Pustaka

- [1] Dantzig, G., dan Ramser, J. *The truck dispatching problem*. Management Science,(1959), 6:80–91.
- [2] Fauzi, Imron 2011, *Penggunaan Algoritma Dijkstra Dalam Pencarian Rute Tercepat Dan Rute Terpendek (Studi Kasus Pada Jalan Raya antara Wilayah Blok M dan Kota)*.
- [3] Gendreau, Michel. Dkk. 2010. *A Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem*. Jstor. Management Science, Vol. 40, No. 10 (Oct., 1994), pp. 1276-1290.
- [4] Ghiani, G., dan Improta, G. *An efficient transformation of the generalized vehicle routing problem*, Eur. J. Oper. Res. 122 (2000) 11–17.
- [5] Laporte, G., dan Palekar, U. *Some applications of the clustered traveling salesman problem*, J. Oper. Res. Soc. 53 (2002) 972–976.
- [6] Marsudi. 2016. *Teori Graf*. Malang: University of Brawijaya Press.
- [7] P. C. Pop. 2007. *New Integer Programming Formulations of the Generalized Travelling Salesman Problem*. American Journal of Applied Sciences 4 (11): 932-937, 2007, ISSN 1546-9239
- [8] \_\_\_\_\_. 2012. *Generalized Network Design Problems Modeling and Optimization*. Boston: de Gruyter.
- [9] \_\_\_\_\_. Kara, Imdat., dan A., H., Marc. 2011. *New mathematical models of the generalized vehicle routing problem and extensions*. :Elsevier. Applied Mathematical Modelling 36(2012) 97–107
- [10] Susanna S. 2012. *Discrete Mathematics with Application, 4<sup>th</sup> Edition*. Boston, Amerika Serikat: DePaul University.