



PENERAPAN METODE *SAVING MATRIX* DALAM PENENTUAN RUTE TERPENDEK PENGANGKUTAN SAMPAH DI KABUPATEN KUBU RAYA, KALIMANTAN BARAT

Ikbal Muhaimin¹, Yundari², Meliana Pasaribu³

^{1,2,3}Program Studi Matematika Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura Pontianak
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, 78124, Kalimantan Barat
email: ikbal.muhamin@student.untan.ac.id

ABSTRACT

The process of transporting waste from the Waste Disposal Site (TPS) to the Final Disposal Site (TPA) is one of the problems in Kubu Raya district that needs attention. This is because the volume of waste in each TPS in Kubu Raya varies, and the number and capacity of transport vehicles provided by the PUPR Office of Kubu Raya is limited. Of course, these problems affect the distance traveled by the transport vehicle, travel time and costs incurred. Therefore, it is necessary to choose the optimal transportation route. The route is said to be optimal when each TPS is transported one way and does not exceed the capacity of the conveyance, so that the total distance obtained is the minimum total distance. The existing problems are then modeled in mathematical form and solved using the Saving Matrix method. This method combines destination points that can be traversed one way by paying attention to the volume of demand for each destination so as not to exceed the vehicle capacity. Based on the research results obtained four optimal vehicle routes with a total distance of 141.6 km. with details for the distance of vehicle route one which is 41.5 km, vehicle route two is 35.95 km, vehicle route three is 35.9 km, and vehicle route four is 28.25 km. This shows that the application of the Saving Matrix method provides more efficient results compared to the previous route of 162 km.

Keywords: Distance, capacity, vehicle, nearest insert, nearest neighbor, volume

ABSTRAK

Proses pengangkutan sampah dari Tempat Pembuangan Sampah (TPS) ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menjadi salah satu masalah di kabupaten Kubu Raya yang perlu diperhatikan. Hal ini karena volume sampah yang ada pada setiap TPS di Kubu Raya bervariasi, dan jumlah serta kapasitas dari kendaraan pengangkut yang disediakan oleh Dinas PUPR Kubu Raya terbatas. Tentu saja, permasalahan tersebut berpengaruh terhadap jarak tempuh kendaraan pengangkut, waktu tempuh dan biaya yang dikeluarkan. Oleh karena itu perlu dipilih rute pengangkutan yang optimal. Rute dikatakan optimal ketika setiap TPS diangkut dengan sekali jalan dan tidak melebihi kapasitas dari alat angkut, sehingga total jarak yang diperoleh merupakan total jarak yang paling minimum. Masalah yang ada selanjutnya dimodelkan dalam bentuk matematika dan diselesaikan dengan metode *Saving Matrix*. Metode ini menggabungkan titik-titik tujuan yang dapat dilalui sekali jalan dengan memperhatikan volume permintaan tiap-tiap tujuan agar tidak melebihi kapasitas kendaraan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh empat rute kendaraan yang optimal dengan total jarak tempuh sebesar 141,6 km. dengan rincian untuk jarak rute kendaraan satu yaitu 41,5 km, rute kendaraan dua yaitu 35,95 km, rute kendaraan tiga yaitu 35,9 km, dan rute kendaraan empat yaitu 28,25 km. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan metode *Saving Matrix* memberikan hasil yang lebih efisien dibandingkan dengan rute sebelumnya yaitu 162 km.

Kata kunci: Jarak, kapasitas, kendaraan, nearest insert, nearest neighbor, volume

Received: 3 Maret 2023, Accepted: 24 Mei 2023, Published: 1 Juni 2023

PENDAHULUAN

Kubu Raya merupakan salah satu kabupaten yang berada di Provinsi Kalimantan Barat dengan luas wilayah 6.985 km^2 dan jumlah penduduk sebanyak 609.392 jiwa. Kubu Raya memiliki bandara sebagai tempat kegiatan alih moda transportasi udara, dan beberapa kantor instansi pemerintahan, pabrik, rumah sakit, pasar serta swalayan. Pada era globalisasi seperti saat ini, sampah menjadi masalah yang sangat serius untuk semua lapisan masyarakat, hal ini dikarenakan tingginya produktivitas manusia, penambahan jumlah penduduk, tingginya tingkat konsumsi masyarakat, serta ketersediaan ruang hidup manusia yang terbatas (Buako et al., 2021). Sampah dibiarkan menumpuk terlebih dulu sehingga menimbulkan bau tak sedap, dan bahkan menjadi sumber tumbuh dan berkembangnya bakteri. Diantara faktor yang menyebabkan terjadi penumpukan sampah di sekitar rumah adalah kesibukan warga sehingga tidak sempat membuang sampah pada tempat penampungan sampah, terlebih lagi jika letak Tempat Pembuangan Sampah (TPS) yang jauh dari lingkungan perumahan (Rozi & Multahadah, 2021). Selain itu, sampah-sampah dari berbagai perusahaan, rumah tangga, pabrik, perkantoran, rumah sakit, industri, pertokoan dan pasar menyumbang sampah paling besar sekitar 88% setiap harinya. Berdasarkan hasil rekapitulasi dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kubu Raya volume sampah di Kabupaten Kubu Raya meningkat dari tahun ke tahun. Akibatnya sering terlihat penumpukan sampah di beberapa TPS. Penumpukan sampah di beberapa TPS dapat ditangani dengan pengangkutan sampah secara sistematis.

Pengangkutan sampah di Kabupaten Kubu Raya dilakukan dua kali sehari yaitu pada pukul 06.00 WIB dan 21.00 WIB. Pengangkutan sampah diangkut dengan kendaraan pengangkut amroll dengan kapasitas 5 m^3 . Amroll merupakan tempat pembuangan sampah menggunakan truck Amroll yang tempat pembuangannya langsung diangkut tanpa bongkar muat. Apabila amroll telah terisi penuh maka sampah langsung dibawa ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Proses pengangkutan sampah dari TPS ke TPA menjadi masalah yang perlu diperhatikan. Hal ini karena volume sampah yang ada pada setiap TPS bervariasi dan jumlah kendaraan pengangkut amroll yang digunakan adalah empat buah. Keterbatasan alat angkut dan volume sampah yang bervariasi berpengaruh terhadap total jarak yang ditempuh, sehingga berpengaruh terhadap waktu dan biaya. Oleh karena itu perlu dipilih rute pengangkutan yang paling optimal (Fatra et al, 2021). Selain itu, banyaknya armada pengangkut sampah yang dimiliki oleh Dinas PUPR Kubu Raya pun terbatas dan memiliki kapasitas tertentu. Pada artikel ini, diformulasikan masalah pengangkutan sampah ke dalam bentuk matematika dengan metode *Saving Matrix* (Widyastiti & Kamila, 2020).

Penentuan rute perjalanan dari TPS ke TPA harus memperhatikan volume sampah pada setiap TPS, jumlah kendaraan angkut, kapasitas dari alat angkut, dan jarak yang ditempuh. Terdapat beberapa metode serta algoritma yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan penentuan rute, yaitu Metode *Sweep*, Algoritma *Dijkstra* dan Metode *Saving Matrix*. Metode *Sweep* pertama kali dikenalkan Gillet & Miller pada 1974. Metode ini menjadwalkan sejumlah kendaraan dengan memperhatikan kapasitas maksimum kendaraan. Hanya saja pada metode ini setiap kendaraan yang telah sampai pada titik pertama harus kembali ke titik awal dan melanjutkan ke titik berikutnya (Cahyaningsih et al., n.d.) Selanjutnya algoritma *Dijkstra*, merupakan algoritma untuk menentukan lintasan terpendek. Algoritma ini dikembangkan oleh Edsger Wybe Dijkstra pada tahun 1959. Lintasan terpendek dari satu titik ke titik selanjutnya diperoleh dari pohon pembangun yang memiliki nilai minimum. Hanya saja dalam algoritma ini semakin banyak titik yang digunakan berdampak pada waktu, proses titik menentukan tingkat efektifitas dari algoritma *Dijkstra* (Wijayanti et al, 2015). Metode lain yang digunakan untuk memecahkan permasalahan mengenai rute terpendek yaitu metode *Saving Matrix*.

Penentuan rute perjalanan dari TPS ke TPA merupakan salah satu contoh masalah rute terpendek. Masalah rute terpendek (*Shortest Route*) merupakan salah satu masalah jaringan yang dapat digunakan untuk menentukan jarak terpendek dari berbagai alternatif rute yang tersedia (Siswanto, 2007). Hanya saja penentuan rute perjalanan dari TPS ke TPA ini juga harus memperhatikan volume sampah pada setiap TPS, jumlah kendaraan angkut, kapasitas dari alat angkut, dan jarak yang ditempuh. Metode yang digunakan untuk memecahkan permasalahan mengenai rute terpendek yaitu metode *Saving Matrix*. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan rute pengangkutan dari tiap-tiap TPS ke TPA (Basriati et al, 2015). Hal ini dilakukan dengan cara menentukan urutan rute pengangkutan yang harus dilalui dan jumlah alat angkut berdasarkan kapasitas dari alat angkut tersebut. Keunggulan metode ini dari metode yang lain yaitu terletak pada kemudahan untuk dimodifikasi jika terdapat batasan waktu pengiriman, kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan atau batasan lainnya dan dapat memberikan solusi yang praktis dan cepat (Eliyati & Agus Lukowi, 2016) dan (Arifi et al, 2019.)

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang metode *Saving Matrix* telah dilakukan dalam beberapa penelitian. Penelitian pertama dilakukan oleh Indrawati dkk (2016). Dalam artikel tersebut dibahas permasalahan dalam pengangkutan Sampah. Penentuan rute optimal pengangkutan sampah dari beberapa TPS (Tempat Pembuangan Sementara) ke TPA (Tempat Pembuangan Akhir) merupakan masalah rute terpendek (*Vehicle Routing Problem*). Masalah tersebut diselesaikan dengan

menggunakan metode *Saving Matrix*. Dari keempat rute diperoleh total jarak keseluruhan sebelum diperhitungkan menggunakan metode *Saving Matrix* sebesar 6.402,6 km dan setelah menggunakan metode *Saving Matrix* diperoleh penghematan jarak sebesar 6.220,8 km. Dengan demikian diperoleh penghematan total jarak 181,8 km. Jika di persentasikan diperoleh 2,8% penghematan (Eliyati & Agus Lukowi, 2016).

Artikel selanjutnya dilakukan oleh Rida. Dalam penelitian ini dibahas pengoptimalan biaya dan rute pengiriman PT. Amanah Insanillahia yang merupakan perusahaan air minum mineral dalam kemasan. Hasil biaya transportasi pendistribusian barang di PT. Amanah Insanillahia dengan menggunakan metode *Saving Matrix* dapat menurunkan biaya sebesar 35,11% dengan rute distribusi optimum barang. Rute pertama pengiriman barang yang dilakukan yaitu Kecamatan Pariangan dan Kecamatan Batipuh. Rute kedua yaitu Kecamatan Sungayang dan Kecamatan Rambatan. Rute ketiga yaitu Kecamatan Limo Kaum dan Kecamatan Lintau. Rute keempat yaitu Kecamatan Salimpaung dan Kecamatan Sungai Tarab. Terakhir rute kelima yaitu Kecamatan Tanjung Emas (Arifi et al., 2019)

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Sri Basriati dkk. Dalam penelitian tersebut dibahas tentang dunia usaha penerbit koran. Metode yang dilakukan dengan membuat suatu matriks yang disebut matriks penghematan (*Saving Matrix*), matriks ini berisi daftar penghematan yang diperoleh apabila menggabungkan dua konsumen dalam satu kendaraan. Selanjutnya membentuk urutan konsumen menggunakan salah satu metode dari *farthest insert*, *cheapest insert*, *nearest neighbour* dan *nearest insert* yang memberikan jarak terpendek. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh dua rute distribusi koran Riau Pos dan hasil perbandingan urutan konsumen memperlihatkan bahwa metode *Saving Matrix* menghasilkan jarak tempuh yang terpendek yaitu 1,646.067 km (Basriati et al., 2015)

Pada penelitian ini berfokus dalam pencarian rute terpendek dengan menerapkan metode *Saving Matrix* yang sudah dimodelkan dalam bentuk matematika.

METODE PENELITIAN

Permasalahan sampah di Kabupaten Kubu Raya dikonstruksikan ke dalam model matematika. Setelah itu dilakukan penghitungan jarak tempuh atau matriks jarak yang dilalui kendaraan yaitu Amroll dari TPA ke TPS serta jarak antar TPA dengan menggunakan *google maps* dengan 14 tempat yang telah diketahui keberadaan di daerah Sungai Raya dan Sungai ambawang dengan menggunakan empat kendaraan pengangkutan di daerah tersebut menggunakan kendaraan amroll. Selanjutnya dilakukan pengidentifikasian matriks penghematan dengan metode *Saving Matrix*. Pengalokasikan setiap TPA ke kendaraan dimulai dengan nilai

Saving Matrix terbesar dengan memperhatikan kapasitas kendaraan yang dipakai. Perhatikan urutan TPA beserta daerah yang masuk ke dalam perhitungan rute yang dilewati yaitu menggunakan prosedur *Saving Matrix*, *Nearest Insert*, *Nearest Neighbor*. Kemudian pilih rute yang akan dilalui berdasarkan jarak tempuh terpendek. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan metode *Saving Matrix* dalam mengoptimalkan rute pengangkutan sampah di Kabupaten Kubu Raya.

Metode *Saving Matrix* merupakan salah satu metode untuk memperoleh rute terpendek dengan memperhatikan kapasitas yang maksimal, yaitu dengan menentukan urutan rute distribusi yang harus dilalui dan jumlah alat angkut berdasarkan kapasitas alat angkut tersebut. Selain itu, metode ini menerapkan penggabungan titik dengan sekali jalan dan memperhatikan kapasitas kendaraan (Suyitno et al., 2020).

Saving Matrix menunjukkan penghematan yang terjadi jika menggabungkan dua TPS yang memungkinkan untuk diangkut oleh satu kendaraan amroll. Dengan demikian dapat dilakukan minimalisasi jarak, waktu, dan biaya transportasi. Langkah-langkah dalam menggunakan metode *Saving Matrix* sebagai berikut:

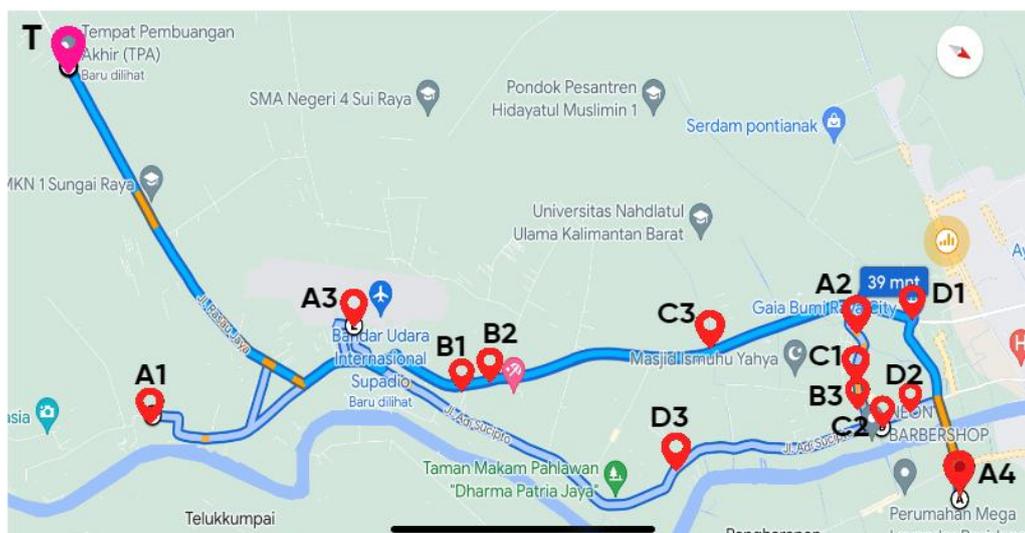
1. Menentukan matriks jarak, berupa jarak antar TPS serta jarak TPS ke TPA dengan cara menghubungkan titik kordinat di aplikasi *google maps* pada setiap daerah yang sudah diketahui koordinat wilayahnya. Dengan demikian terlihat rute yang dilalui beserta jarak dan waktu tempuh perjalanan yang dilewati. Penentuan jarak juga dapat dihitung secara manual yaitu melalui jarak tempuh kendaraan, jarak tempuh tersebut dihitung dengan manual oleh Odometer yang sudah disediakan pada semua jenis kendaraan. Matriks jarak yang terbentuk merupakan matriks simetris.
2. Menentukan *Saving Matrix* atau matriks penghematan untuk mengetahui jumlah penghematan jarak yang terbesar rute distribusi (Rizwanullah, 2018).

$$C'_{i,j} : C_{T,i} + C_{T,j} - C_{i,j} \quad (1)$$
 Dimana;
 - $C'_{i,j}$: nilai *Saving Matrix* jarak dari lokasi i ke lokasi j, dengan $i = 1,2,3 \dots n$ dan $j = 1,2,3, \dots n$
 - $C_{i,T}$: jarak dari TPS i ke TPA, dengan $i = 1,2,3 \dots n$
 - $C_{j,T}$: jarak lokasi setelah TPS j ke TPA, dengan $j = 1,2,3 \dots n$
 - $C_{i,j}$: jarak dari TPS i ke TPS j, dengan $i = 1,2,3 \dots n$ dan $j = 1,2,3, \dots n$
3. Menentukan *Nearest Insert* yaitu penggabungan rute yang diawali dari TPA ke TPS terdekat selanjutnya, untuk melengkapi rute. Jika tidak ada TPS yang terdekat dengan TPS lain, maka dilakukan penyisipan dari titik terakhir yang dikunjungi oleh kendaraan pengangkut sampai semua TPS dikunjungi (Basriati et al., 2015).

4. Menentukan *Nearest Neighbor*, yaitu dengan menentukan rute perjalanan yang dibuat dengan menambahkan TPS terdekat dari titik akhir yang di kunjungi jika titik terakhir tersebut belum memenuhi kapasitas maksimum (Deby et al, 2022).
5. Setelah melalui perhitungan menggunakan *Saving Matrix*, *Nearest Insert*, *Nearest Neighbor* maka diperoleh jarak optimal dari permasalahan rute terpendek.(Kurnia et al., 2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam artikel ini diasumsikan bahwa kendaraan pengangkut amroll selalu dalam keadaan baik dan ruas jalan selalu dapat terlewati dan volume sampah tiap TPS selalu tetap. Kawasan Sungai Raya dan Sungai Ambawang memiliki empat alat pengangkut amroll. Dan keempat kendaraan tersebut mengangkut sampah dari 13 TPS. Keberadaan dari tiap-tiap TPS di kawasan Sungai Raya dan Sungai Ambawang tersebar secara merata di beberapa tempat dan keberadaan TPA terletak di jalan Sultan Agung Kuala Dua Kecamatan Sungai Raya. Keberadaan TPA dan setiap TPS dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Keberadaan TPA dan setiap TPS di Kubu Raya menggunakan Google maps

Rute kendaraan beserta jarak tempuh yang dilalui kendaraan pengangkut amroll dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rute Kendaraan

Kendaraan	Rute kendaraan	Total jarak tempuh (Km)
1	T → A1 → A4 → A2 → A3 → T	54
2	T → B3 → B2 → B1 → T	35,4
3	T → C2 → C1 → C3 → T	34,05
4	T → D3 → D2 → D1 → T	38,5
Total		162

Berdasarkan Tabel 1, masing-masing rute kendaraan memiliki total jarak yang ditempuh. Pertama kendaraan satu memperoleh jarak sebesar 54 km, kendaraan dua dengan jarak 35,4 km, kendaraan tiga dengan jarak 34,05 km, dan kendaraan empat dengan jarak 38,5 km, keseluruhan total jarak sebesar 162 km. rata-rata volume sampah yang terangkut oleh kendaraan amroll pada setiap TPS dalam satu kali jalan dan volume sampah yang terangkut dalam satu bulan pada setiap rute pengangkutan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Volume Setiap TPS

Kendaraan	TPS	Tempat keberadaan TPS	Vol_1 (m^3)	Vol_{60} (m^3)	$Vol_1 T$ (m^3)	$Vol_{60} T$ (m^3)
1.	A1	Benua Indah	1,2	72	4,9	294
	A2	Pondok Indah Lestari	1,1	66		
	A3	TNI AU	1,2	72		
	A4	ISUZU Ambawang	1,4	84		
2.	B1	Kantor Bupati	1,2	72	4,0	240
	B2	Polres Kubu Raya	1,0	60		
	B3	Parit Baru	1,8	108		
3.	C1	Jalan Bumi Raya	1,6	96	4,8	288
	C2	Nurul huda	1,7	102		
	C3	Parit Bangkok	1,5	90		
4.	D1	Transmart	1,6	96	4,7	282
	D2	Rumkit	1,5	90		
	D3	Panti Jompo	1,6	96		
Total			18,4	1104		

Berdasarkan Tabel 2, setiap TPS memiliki volume dengan kapasitas yang bervariasi pada setiap daerah, rata-rata volume sampah yang diangkut dalam satu kali jalan yaitu $Vol_1 T$ sebanyak $18,4 m^3$ dan volume sampah dua kali diangkut dalam satu bulannya yaitu $Vol_{60} T$ sebanyak $1104 m^3$. total jarak tempuh serta volume sampah yang diangkut berpengaruh terhadap biaya angkut. Oleh karena itu diperlukan perhitungan rute pengangkutan yang yang terpendek dari masing-masing TPS ke TPA dengan memperhatikan volume kapasitas kendaraan. Permasalahan rute pengangkutan ini selanjutnya diformulasikan dalam model pemrograman linier.

Formulasi Masalah

Masalah dalam pengangkutan sampah selanjutnya diformulasikan ke dalam bentuk pemrograman linear.

a. Variabel keputusan

Variabel keputusan dari penelitian ini adalah:

x_{ijk} = ada atau tidaknya rute pengangkutan sampah dari lokasi ke- i ke lokasi ke- j menggunakan kendaraan k

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jika ada rute dari lokasi } i \text{ ke } j \text{ menggunakan kendaraan } k \\ 0, & \text{jika tidak ada rute dari lokasi } i \text{ ke } j \text{ menggunakan kendaraan } k \end{cases}$$

b. Fungsi tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah meminimumkan jarak pengangkutan sampah dari tiap TPS ke TPA. Jarak pengangkutan kendaraan amroll diperoleh dari jumlahan hasil kali jarak dari lokasi ke- i ke lokasi ke- j dengan ada tidaknya rute pengangkutan. Dengan demikian.

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^{14} \sum_{k=1}^4 c_{ij} x_{ijk} \quad (2)$$

dengan;

c_{ij} : jarak dari lokasi i ke lokasi j , $i = 1,2,3 \dots 14$, $j = 1,2,3, \dots 14$

x_{ijk} : ada atau tidaknya rute dari lokasi i ke lokasi j menggunakan kendaraan k . dengan $i = 1,2,3 \dots 14$, $j = 1,2,3, \dots 14$, $k = 1,2,3, \dots 4$

c. Fungsi kendala

Pada penelitian ini ditentukan jarak minimum pengangkutan sampah dari TPS ke TPA yang dipengaruhi oleh rute perjalanan yang dipilih dengan kendala sebagai berikut.

i. Setiap rute perjalanan dimulai dari TPA.

$$\sum_{j=1}^{14} \sum_{k=1}^4 x_{Tjk} = 1 \quad (3)$$

ii. Setiap rute perjalanan berakhir di TPA.

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{k=1}^4 x_{iTk} = 1 \quad (4)$$

iii. Setiap rute perjalanan kendaraan pengangkut amroll hanya melewati setiap lokasi tepat satu dalam satu perjalanan.

$$\sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^{14} x_{ijk} = 1 \quad (5)$$

iv. Kendala non negatif.

dengan $x_{ijk} \geq 0$, $x_{ijk} \in \{0,1\}$ untuk $i = 1,2,3,\dots,14$ dan $j = 1,2,3,\dots,14$

Permasalahan yang ada selanjutnya diselesaikan dengan menentukan alokasi kendaraan pada masing-masing amroll. Selanjutnya ditentukan rute perjalanan masing-masing amroll menggunakan metode *Saving Matrix*.

Penyelesaian Masalah Rute Terpendek Dengan Metode *Saving Matrix*

Langkah-langkah menyelesaikan masalah rute terpendek dengan menggunakan metode *Saving Matrix* adalah sebagai berikut.

Langkah 1. Menentukan matriks jarak menggunakan aplikasi *google maps*. Matriks jarak yang ditentukan antar TPS dan TPA kemudian di tampilkan dalam bentuk Tabel dan dapat dilihat pada Tabel 3.

Langkah 2. berdasarkan perhitungan dengan menggunakan nilai jarak yang terdapat pada Tabel 3 kemudian dihitung dengan menggunakan rumus *Saving Matrix*. Perolehan jarak *Saving Matrix* antar TPS kemudian dibentuk dalam Tabel 4.

Tabel 3. Matriks Jarak (dalam km)

Ke	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
dari													
A1	0	11,4	18,3	11,5	11,5	11,5	11,5	11,4	11,5	11,5	11,4	11,5	11,5
A2	11,40	0	21,2	32,7	21,6	21,5	32,7	33,3	32,8	29,5	30,4	32,7	25,4
A3	18,30	21,2	0	21,2	21,2	21,2	21,2	21,1	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2
A4	11,50	32,70	21,20	0	21	21	33,1	32,5	32,7	27,3	32,7	34,4	24,8
B1	13,40	18,20	23,20	19,80	0	20,3	17,8	17,4	17,4	20,4	20,3	19,1	19,4
B2	13,00	17,80	22,80	19,40	22,85	0	19,1	17	19	20	20	18,7	19,1
B3	11,50	32,70	21,20	33,10	19,10	19,50	0	32,55	32,7	27	30,8	33	24,8
C1	11,40	33,30	21,10	32,50	20,60	20,60	32,55	0	32,55	27	30,3	32,6	24,8
C2	11,50	32,80	21,20	32,70	20,40	19,40	32,70	32,55	0	27	30,4	32,7	24,8
C3	12,90	29,50	22,60	25,50	22,70	22,60	27,00	27,00	27,00	0	26	24,8	23,7
D1	11,40	31,70	21,10	34,10	21,10	21,10	32,10	31,60	31,70	27,40	0	33,4	23,8
D2	11,50	32,70	21,20	34,40	20,50	20,40	33,00	32,60	32,70	26,70	32,10	0	24,8
D3	11,50	25,40	21,20	24,80	19,50	19,50	24,80	24,80	24,80	23,70	22,50	24,80	0

Tabel 4. *Saving Matrix*

Ke	T	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
Dari														
T	0	8,3	17,7	14,7	19	11,8	11,5	16,6	16,6	16,4	14,5	17,8	17,5	12,4
A1	8,3	0	14,6	4,7	15,8	8,6	8,3	13,4	13,5	13,2	11,3	14,7	14,3	9,2
A2	17,7	14,6	0	11,2	4	7,9	7,7	1,6	1	1,3	2,7	5,1	2,5	4,7
A3	14,7	4,7	11,2	0	12,5	5,3	5	10,1	10,2	9,9	8	11,3	11	5,9
A4	19	15,8	4	12,5	0	9,8	9,5	2,5	3,1	2,7	6,2	4,1	2,1	6,6
B1	9,8	6,7	11,3	3,3	11	0	3	10,6	11	10,8	5,9	9,3	10,2	4,8
B2	9,9	6,8	11,4	3,4	11,1	0,45	0	9	11,1	8,9	6	9,3	10,3	4,8
B3	16,6	13,4	1,6	10,1	2,5	9,3	8,6	0	0,65	0,3	4,1	3,6	1,1	4,2
C1	16,7	13,5	1	10,2	3,1	7,8	7,5	0,65	0	0,45	4,1	4,1	1,5	4,2
C2	16,4	13,2	1,3	9,9	2,7	7,8	8,5	0,3	0,45	0	3,9	3,8	1,2	3,2
C3	13,1	9,9	2,7	6,6	8	3,6	3,4	4,1	4,1	3,9	0	6,3	7,2	4
D1	17,8	14,7	3,8	11,4	2,7	8,5	8,2	2,3	2,8	2,5	4,9	0	1,9	6,4
D2	17,5	14,3	2,5	11	2,1	8,8	8,6	1,1	1,5	1,2	5,3	3,2	0	5,1
D3	12,4	9,2	4,7	5,9	6,6	4,7	4,4	4,2	4,2	3,2	4	7,7	5,1	0

Diberikan beberapa contoh perhitungan yang dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_{A1,A2}' &= C_{T,A1} + C_{T,A2} - C_{A1,A2} \\ &= 8,3 + 17,7 - 14,6 = 11,4 \text{ km} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh pada Tabel 4, kemudian dilakukan pengelompokan untuk setiap TPS berdasarkan urutan nilai *Saving Matrix*, pengelompokan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengelompokan Nilai *Saving Matrix* Berdasarkan Volume Amroll

Kendaraan 1		Kendaraan 2		Kendaraan 3		Kendaraan 4	
TPS	Kapasitas (m^3)						
D2	1,5	C1	1,6	C2	1,7	B1	1,2
A4	1,4	A2	1,1	C3	1,5	A3	1,2
D1	1,6	B3	1,8	D3	1,6	B2	1
						A1	1,2
Total	4,5		4,5		4,8		4,6

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh pengelompokan sesuai dengan ketersediaan kendaraan yang beroperasi berjumlah empat kendaraan. Berikut pengelompokan kendaraan berdasarkan hasil perhitungan *Saving Matrix* yaitu pada kelompok pertama terdapat TPS D2, A4, D1, kelompok ke dua terdapat TPS C1, A2, B3, kelompok ketiga terdapat TPS C2, C3, D3 dan kelompok ke empat terdapat TPS B1, A3, B2, A1. Selanjutnya dijelaskan cara pencarian rute dengan menggunakan *Nearest Insert* dan *Nearest Neighbor* dengan kendaraan satu sebagai berikut.

Langkah 3. Menentukan *Nearest Insert* pada kendaraan satu dengan melihat nilai jarak pada Tabel 3. Pencarian rute dengan *Nearest Insert* dijelaskan secara singkat dibawah ini.

Diawali dengan pengelompokan D2, A4, D1 berdasarkan urutan nilai *Saving Matrix* terbesar. Pencarian rute dengan *Nearest Insert* yaitu penentuan rute dengan mempertimbangkan jarak bolak balik atau jarak total yang ditempuh. Diawali dengan pencarian jarak dari TPA ke TPS Kembali ke TPA. Pencarian dari ketiga TPS tersebut diperoleh D2 dengan nilai jarak terpendek sebesar 35 km. Setelah diperoleh D2 maka dicari jarak dari TPA, D2 ke TPS dan kembali ke TPA, selanjutnya nilai jarak terpendek diperoleh ke D1 sebesar 35,8 km. Setelah memperoleh rute dari T, D2, D1, T total jarak terendah maka rute terakhir yang dapat dipilih yaitu A4. Jadi rute yang diperoleh menggunakan pencarian *Nearest Insert* yaitu T, D2, D1, A4, T dengan jarak sebesar 42,4 km. setelah perolehan rute dengan menggunakan *Nearest Insert* selanjutnya dicari rute optimal dengan menggunakan *Nearest Neighbor*.

Langkah 4. Menentukan *Nearest Neighbor* dengan melihat nilai jarak pada Tabel 3.

Pemilihan destinasi pertama dari kendaraan satu yaitu pemilihan jarak terdekat salah satu TPS dari ketiga TPS yang telah dikelompokkan. Yaitu diperoleh D2 yang jarak paling dekat dengan T dengan jarak 17,5 km, Rute pertama dilewati kendaraan satu yaitu dari D2, dikarenakan D2 memiliki nilai jarak paling dekat dengan T, selanjutnya dicari rute terdekat dari D2 yaitu A4 yang memiliki jarak 2,1 km. Kapasitas D2 $1,5 m^3$ dan A4 dengan kapasitas $1,4 m^3$. Setelah diperoleh rute D2 ke A4 rute diambil selanjutnya yaitu D1. Pengambilan rute ini karena D1 merupakan TPS terakhir dari pengelompokan rute di kendaraan satu dengan jarak 4,1 km dan kapasitas amroll yang di D1 yaitu $1,6m^3$. Dengan demikian kapasitas amroll dari D2, A4, D1 diperoleh $4,5 m^3$. Karena kapasitas maksimum dari amroll adalah $5m^3$. Dengan begitu diperoleh rute optimal yang dilewati kendaraan satu adalah T, D2, A4, D1, T.

Langkah 5. Perolehan rute optimal dari keempat kendaraan.

Perolehan rute terpendek dari keempat kendaraan yang telah dihitung menggunakan metode *Saving Matrix* dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Perolehan Rute Optimal

Kendaraan	Rute yang diperoleh	Vol ₁ (m ³)	Vol ₆₀ (m ³)	Jarak tempuh (Km)
1	T→ D2→ A4→ D1→ T	4,5	270	41,5
2	T→ B3→ C1→ A2→ T	4,5	270	35,95
3	T→ D3→ C2→ C3→ T	4,8	288	35,9
4	T→ A1→ A3→ B2 →B1→T	4,6	276	28,25
Total				141,6

Berdasarkan Tabel 6, nilai $x_{T,D2,1} = 1$, $x_{D2,A4,1} = 1$, $x_{A4,D1,1} = 1$, $x_{D1,T,1} = 1$, $x_{T,B3,2} = 1$, $x_{B3,C1,2} = 1$, $x_{C1,A2,2} = 1$, $x_{A2,T,2} = 1$, $x_{T,D3,3} = 1$, $x_{D3,C3,3} = 1$, $x_{C3,C2,3} = 1$, $x_{C2,T,3} = 1$, $x_{T,A1,4} = 1$, $x_{A1,A3,4} = 1$, $x_{A3,B2,4} = 1$, $x_{B2,B1,4} = 1$, $x_{B1,T,4} = 1$

Jadi dengan menggunakan Persamaan (2) diperoleh jarak sebagai berikut.

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^{14} \sum_{j=1}^{14} c_{ij}x_{ij1} + c_{ij}x_{ij2} + c_{ij}x_{ij3} + c_{ij}x_{ij4} \quad (6)$$

$$= (17,5 + 2,1 + 4,1 + 14,27) + (16,6 + 0,65 + 1 + 17,7) + (12,4 + 3,2 + 3,9 + 16,4) + (8,3 + 4,7 + 5 + 0,45 + 9,8) = 141,6 \text{ km}$$

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh 4 rute kendaraan yang optimal dengan total jarak tempuh sebesar 141,6 km.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data dari Dinas PUPR Kubu Raya rute yang dilewati keempat kendaraan sebesar 162 km, kemudian hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Saving Matrix*, *Nearest Insert*, Dan *Nearest Neighbor* diperoleh kendaraan satu, rute tempuh dari TPA ke Rumkit ke ISUZU Ambawang ke Transmart dan kembali ke TPA. Kendaraan dua, rute tempuh dari TPA ke Parit Baru ke Jalan Bumi Raya ke Pondok Indah Lestari dan kembali ke TPA. Kendaraan tiga, rute tempuh dari TPA ke Panti Jompo ke Parit Tengkorak ke Nurul Huda dan kembali ke TPA. Kendaraan empat, rute tempuh dari TPA ke Benua Indah ke TNI AU ke Polres ke Kantor Bupati dan kembali ke TPA. Dengan total jarak tempuh keempat kendaraan sebesar 141,6 km. Diperoleh nilai perbedaan jarak yaitu sebesar 20,4 km. Berharap dengan adanya pengurangan jarak tempuh dengan metode ini dapat meminimalkan biaya dan waktu dalam pengangkutan. Serta dapat mengatasi persoalan penumpukan sampah yang terjadi. Dengan metode *Saving Matrix* yang telah diaplikasikan di daerah Sungai Raya dan Sungai ambawang diperoleh jarak rute pengangkutan terpendek dari pengangkutan sebelumnya. Kelebihan dari metode *Savings Matrix* ini terdapat dalam kemudahan dimodifikasi jika terdapat batasan waktu pengangkutan, kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan atau batasan lainnya dan dapat memberikan solusi yang praktis dan cepat, kekurangan metode ini jika tidak diketahui volume kapasitas dan jumlah kendaraan maka tidak akan dapat menghitung biaya dan rute tempuh yang optimal. Harapan kedepannya oleh penulis dengan adanya penelitian ini dapat membantu bagi orang lain dalam penulisan tugas akhir sebagai referensi atau rujukan.

REFERENSI

- Agustine, Debby., Hadi, Ibnu. & Devi, Eka. (2022). Masalah Vehicle Routing Problem Pada Pengiriman Barang di kota Bandung utara dengan menggunakan Kluster KMeans dan *Algoritma Nearest Neighbor*. *JMT : Jurnal Matematika dan Terapan*. Vol.4(2),1-8.
- Arifi, Rida. & Ahmad, Defri. (2019). Optimasi Rute Pengiriman Barang dengan Meminimumkan Biaya Transportasi Menggunakan Metode *Saving Matrix* di

- PT. Amanah Insanillahia. *Fakultas Matematika Universitas Negeri Padang*. Vol. 4(2), 43-48.
- Basriati, Sri. & Sunarya, Rio. (2015). *Optimasi Distribusi Koran Menggunakan Metode Saving Matriks (Studi Kasus: PT. Riau Pos Intermedia)*. Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau, Pekanbaru 11 November.
- Buako, Zulmagfir.,Yahya, Lailany. & Achmad, Novianita. (2021). Aplikasi Algoritma Floyd-Warshall Dengan Pendekatan Madm Dalam Menentukan Rute Terpendek Pengangkutan Sampah. Euler : *Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*. Vol. 9(2), 62-70.
- Cahyaningsih, Wahyu Kartika., Sari, Ratna. & Hernawati, Kuswari. (2015). *Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem (Cvrp) Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Optimasi Rute Distribusi Surat Kabar Kedaulatan Rakyat*. Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika Uny. (pp. 1-8).
- Indrawati.; Eliyati, Ning & Lukowi, Agus. (2016). Penentuan Rute Optimal pada Pengangkutan Sampah di Kota Palembang dengan Menggunakan Metode Saving Matrix. *Jurnal Penelitian Sains*. Vol.18(3), 105-110.
- Kuka, Fatra.,Katili, Muhammad Rifai. & Payu, Muhammad Rezky Friesta. (2021). Pendekatan Goal Programming untuk Rute Pengangkutan Sampah. *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*. Vol.6(1), 43-54.
- Kurnia, Niken Septiana., Salsabila, Salwa., Sihobing, Sofia D.H., Kharisma, Intan Bunga., Anwar, Asep. (2021). Comparison Of Optimal Distribution Route For Personal Protection Equipment By Saving Matrix and Tabu Search Methods Using Nearest Neighbor Approach At Covid-19 Referral Hospitals In West Java. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*. Vol (12)7, 2788-2797.
- Rizwanullah, M. & Nilofer. (2018). Optimization of Vehicle Routine Problem of Using Saving Matrix Approach. *Provided by International Institute for Science, Technology and Education (IISTE): E-Journals*. Vol.8(7),8-16.
- Rozi, Syamsyida. & Multahadah, Cut. (2021). Rute Terpendek Untuk Pengangkutan Sampah Dengan Pendekatan Lintasan Hamilton. *E-Jurnal Matematika*. Vol.10(2),115-121.
- Siswanto. (2007). *Operations Research*. Jakarta: Erlangga.
- Suyitno, Hardi.,Isnaini, Rosyida. & Suparmi. (2020). Pengoptimalan Rute Distribusi Produk Menggunakan Metode Saving Matrix Dan Nearest. *UNNES Journal of Mathematics*. Vol.9(2), 49-57.
- Widyastiti, Maya. & Kamila, Isti. (2020). Model Vehicle Routing Problem Dalam Mengoptimumkan Rute Pengangkutan Sampah Di Kota Bogor. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*. Vol. 16(2), 241-247.
- Wijayanti, Supriyani., Prihandono, Bayu & Kusnandar, Dadan. (2015). Algoritma Dijkstra Untuk Mencari Lintasan Terpendek Dan Optimalisasi Kendaraan Pengangkut Sampah Di Kota Pontianak. *Buletin Ilmiah Math, Stat, dan terapannya (Bimaster)*. Vol.4(3), 243-250.