

Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Dinas Lingkungan Hidup Kota Tasikmalaya Menggunakan Metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbour*.

Nizam Fikry Akbar

Magister Teknik Industri Universitas Pasundan Bandung

nizamfikryakbar@gmail.com

ABSTRAK

Material sisa hasil *output* yang tidak diinginkan konsekuensi dari berbagai kegiatan manusia disebut sampah. Sampah menjadi isu penting permasalahan yang dialami oleh berbagai negara di dunia, salah satunya di Kota Tasikmalaya. Kota yang berada di tenggara Jawa Barat ini memiliki peran besar dalam jalur logistik di selatan Jawa, berada pada jalur strategis maka berbagai pembangun dan pertumbuhan penduduk setiap tahun meningkat disertai deflasi sampah. Karena keberadaannya semakin meningkat setiap tahun, kondisi ini kemudian akan menjadi bom waktu apabila manajemen logistik yang buruk dalam pengangkutan sampah dan akan menimbulkan tumpukan sampah *overload* bila tidak disertai dengan armada yang memadai. Permasalahan utama yang mendasari tujuan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *savings matriks* dan *nearest neighbour* terhadap optimasi rute kendaraan pengangkutan sampah di Kota Tasikmalaya wilayah timur. Penelitian ini untuk mengetahui rute efisien dan biaya operasional minimal bagi armada yang mencakup wilayah timur.

Kata Kunci : *Savings Matriks, Nearest Neighbour*.

Bahan sésa anu hasil tina kaluaran anu teu dipikahoyong tina sagala rupa kagiatan manusa disebut runtah. Runtah mangrupa bancang pakewuh nu utami, anu kaalaman ku mangrupa-rupa nagara di buana, salah sahijina di Kota Tasikmalaya. Ieu kota anu ayana di ngidul wetan Jawa Kulon, boga lakon utami dina jalur logistik di Jawa bagian kidul, aya dina jalur strategis, sahingga rupa-rupa pambangunan jeung pamekaran populasi manusa ngaronjat naek unggal taun dibarengan ku kanaekan volume runtah. Kusabab kaayaan beuki nambahin unggal taun, kaayaan ieu lajeng bakal jadi bom waktos lamun manajemen logistik goréng dina angkutan runtah bakal ngakibatkeun gundukan runtah mudal lamun teu dibarengan ku armada nu cekap. Perkawis utami anu janten dadasar maksad ieu panalungtikan dilaksanakeun ku cara ngagunakeun matriks *savings* jeung *nearest neighbour* pikeun ngaoptimalkeun jalur kendaraan angkutan runtah di Kota Tasikmalaya bagian wétan. Ieu panalungtikan téh pikeun manggihan rute anu efisien jeung biaya operasional minimal pikeun armada anu cakupanna ka wilayah wétan.

Kata Konci : *Savings Matriks, Nearest Neighbour*.

I. Pendahuluan

Material sisa hasil *output* yang tidak diinginkan konsekuensi dari berbagai kegiatan manusia disebut sampah. Sampah menjadi isu penting permasalahan yang dialami oleh berbagai negara di dunia karena keberadaannya semakin meningkat setiap tahun, seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk, perubahan pola konsumsi, serta gaya hidup masyarakat, meningkatkan timbulnya pengaruh volume sampah yang dihasilkan dan aktivitas pembangunan penunjang kemajuan ekonomi suatu daerah mempengaruhi dampak yang besar terhadap lingkungan sekitar.

Nuha (2021) menyatakan bahwa lingkungan bersih dan sehat merupakan salah satu modal dasar penting bagi pembangunan manusia Indonesia karena kualitas lingkungan sangat berpengaruh terhadap kualitas hidup masyarakat. Dalam Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Nomor Tahun 1945 menyatakan bahwa lingkungan hidup yang baik dan sehat merupakan hak asasi dan hak konstitusional bagi setiap warga negara Indonesia. Oleh karena itu, negara, pemerintah, dan seluruh pemangku kepentingan berkewajiban untuk melakukan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dalam pelaksanaan pembangunan berkelanjutan agar lingkungan hidup Indonesia dapat tetap menjadi sumber dan penunjang hidup bagi rakyat Indonesia serta makhluk hidup lain. Kebersihan dan kesehatan lingkungan yang diakibatkan oleh sampah ini merupakan tanggung jawab bersama, antara masyarakat dan pemerintah yang dijamin hak konstitusionalnya oleh Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia.

Dinas Lingkungan Hidup Kota Tasikmalaya merupakan dinas yang bertanggung jawab dalam hal penanganan sampah. Instansi pemerintahan ini bernaung di bawah Pemerintah Kota Tasikmalaya. Kapasitas Dinas Lingkungan Hidup Kota Tasikmalaya saat ini dalam menyelesaikan pengangkutan sampah hanya mampu mengangkut 236 ton sampah per hari dengan menggunakan 32 *Dumptruck*, 11 *Truk Armroll*, 26 *Motor Pickup*, yang dapat mengangkut sampah ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA), di mana pola pengambilan sampah Tempat Pembuangan Sementara (TPS) dilakukan tiga kali dalam sehari.

II. Landasan Teori

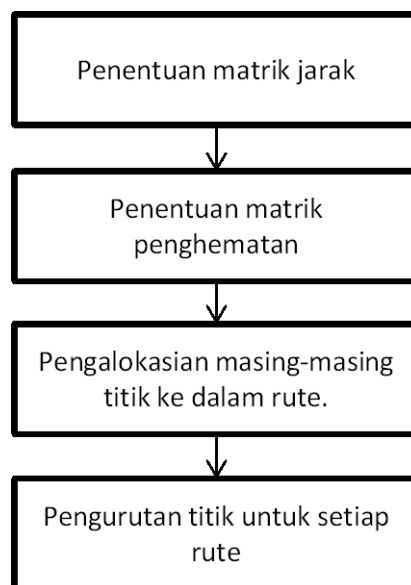
Dantzig dan Ramser, pada tahun 1959 pertama kali memperkenalkan teori tentang *Truck Dispatching Problem* yang akan menjadi dasar dari *Vehicle Routing Problem* (VRP) untuk menentukan rute pengiriman bahan bakar dari terminal menuju sejumlah stasiun bahan bakar. *Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan salah satu permasalahan *integer programming* yang membutuhkan tingkat komputasi yang tinggi untuk memecahkan

suatu permasalahan. Semakin tinggi tingkat permasalahan yang harus diselesaikan, maka semakin rumit pula tingkat komputasi yang dibutuhkan. Oleh karena itu, VRP termasuk ke dalam kategori permasalahan NP *Hard* (Yogaswara et al 2019).

Menurut Suprayogi 2003, ada beberapa jenis VRP, antara lain :

1. *Vehicle Routing Problem Split Delivery* (VRPSD)
Melakukan pengiriman produk permintaan sebuah depot dengan armada lebih darisatu.
2. *Vehicle Routing Problem Time Windows* (VRPTW)
Depot atau cabang memiliki rentang waktu pengiriman.
3. *Vehicle Routing Problem Pickup and Delivery* (VRPPD)
Di depot atau cabang terjadi proses pengambilan dan pengiriman produk.
4. *Vehicle Routing Problem Multiple Trips* (VRPMT)
Armada kendaraan menempuh beberapa rute dengan kembali ke depot atau cabangterlebih dahulu.
5. *Stochastic Vehicle Routing Problem* (SVRP)
Parameter angka seperti jumlah konsumen, waktu pengiriman, dan permintaanmasing-masing konsumen bersifat acak.
6. *Dynamic Vehicle Routing Problem* (DVRP)
Depot atau cabang bersifat tidak tetap untuk masing-masing waktu horizon perencanaan.
7. *Periodic Vehicle Routing Problem* (PVRP)
Pengiriman kepada depot atau cabang dilakukan dalam beberapa waktu horizonperencanaan.
8. *Vehicle Routing Problem Multiple Depots* (VRPMD)
Depot atau cabang berumlah lebih dari satu.
9. *Vehicle Routing Problem Product* (VRPP)
Permintaan depot atau cabang lebih dari satu produk.
10. *Vehicle Routing Problem Heterogeneous Fleet of Vehicle* (VRPHFV)
Armada kendaraan yang digunakan bermacam-macam dengan karakteristik yangberbeda pula.

Rand (2009), mendefinisikan metode *saving matrix* adalah metode yang digunakan untuk menentukan rute distribusi produk ke wilayah pemasaran dengan cara menentukan rute distribusi yang harus dilalui dan jumlah kendaraan berdasarkan kapasitas dari kendaraan tersebut agar diperoleh rute terpendek dan biaya transportasi yang minimal. Metode *saving matrix* juga merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menjadwalkan sejumlah kendaraan terbatas dari fasilitas yang memiliki kapasitas maksimum yang berlainan. Metode *saving matrix* adalah salah satu metode yang digunakan dalam *Vehicle Routing Problem* (VRP) untuk mengoptimalkan rute kendaraan. Metode ini didasarkan pada prinsip bahwa untuk menghemat waktu dan biaya, beberapa pelanggan dapat dilayani oleh satu kendaraan jika pelanggan-pelanggan tersebut berdekatan atau berada dalam rute yang sama. Metode *saving matrix* menghitung jarak antara setiap pasangan pelanggan dan mengurutkannya dalam urutan menaik. *Saving* adalah selisih antara jarak dua rute sebelum dan sesudah penggabungan. Dalam metode *saving matrix*, rute awal dibentuk dengan cara menggabungkan dua pelanggan dengan *saving* tertinggi. Kemudian, pelanggan lain ditambahkan ke rute tersebut secara bertahap dengan mengikuti urutan *saving* yang dihasilkan dari penggabungan dua rute. Jika kapasitas kendaraan terlampaui, kendaraan baru dibutuhkan dan proses penggabungan rute diulang kembali. Pada metode *saving matrix* terdapat langkah-langkah atau beberapa algoritma yang harus dilakukan.

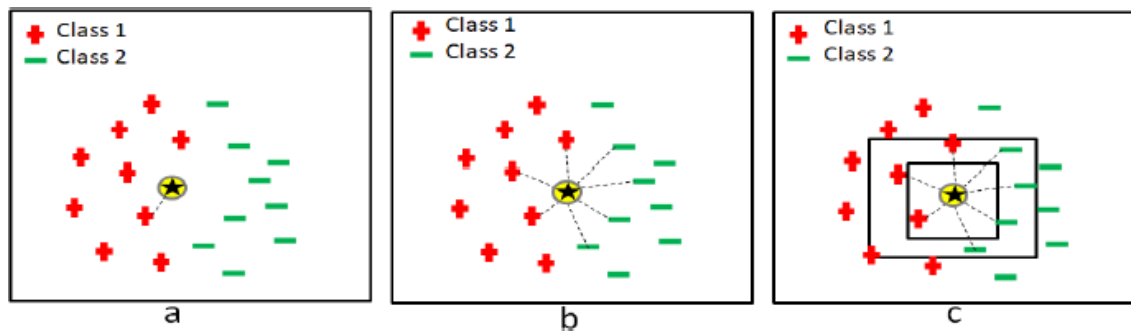


Gambar 1. Skema *Savings Matriks*.

Metode *Nearest Neighbor* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1983 dan merupakan metode yang sangat sederhana yaitu dengan dilakukannya pencarian pelanggan terdekat

dengan pelanggan terakhir untuk ditambahkan pada akhir rute tersebut. Rute baru dimulai dengan cara yang sama jika terdapat posisi yang fisibel untuk menempatkan pelanggan baru karena kendala kapasitas atau *time windows*. (Braysy, O., B. Gendreau, 2005).

Cara kerja metode ini diawali dengan semua rute kendaraan dalam keadaan kosong. Dimulai dari rute kendaraan pertama, metode ini memasukan (*insert*) satu persatu *customer* terdekat (*Nearest Neighbor*) yang belum dikunjungi kedalam rute, selama memasukan *customer* tersebut kedalam rute kendaraan tidak melanggar batasan kapasitas maksimum kendaraan tersebut atau batasan-batasanyang dijabarkan oleh varian *Vehicle Routing Problem*(VRP) lain. Kemudian proses yang sama juga dilakukan untuk armada berikutnya, sampai semua kendaraan telah penuh atau semua customer telah dikunjungi (Gunawan, 2012).

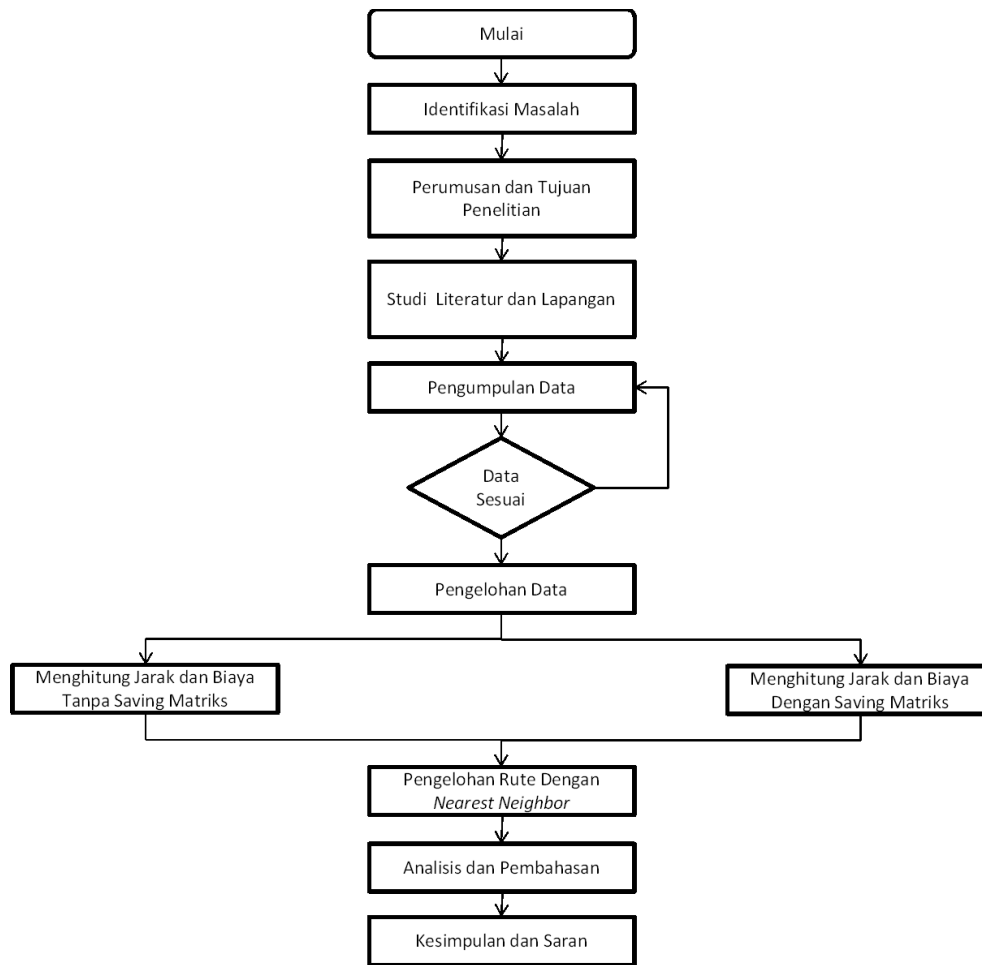


Gambar 2. (a) *Nearest Neighbour* (1-NN), (b) *Nearest Neighbour* (7-NN), (c) *Nearest Neighbour Classification*.

Sumber : Hadi, (2020)

III. Metode

Dalam penelitian ini menjelaskan langkah-langkah sistematis untuk menyelesaikan kasus yang berkenaan tentang optimasi rute armada pengangkut sampah di Dinas Lingkungan Hidup Kota Tasikmalaya.



Gambar 3. Sistematika Pemecahan Masalah.

c. *Nearest Neighbour.*

Setelah mencari matriks penghematan, lalu tahap selanjutnya ke tahap *nearest neighbour.*

Tabel 3. *Nearest Neighbour.*

No	Nilai PMB	TPS		Vol TPS		Vol Gab	Rute
		1	2	1	2		
1	15.170	a	g	2	3	5	Pool – Perum Marhamah – TPS Sindangwangi – TPA
2	14.800	e	bl	3	2	5	Pool – Perum Bumi Parahyangan – TPS Rahayu I – TPA
3	14.524	h	j	2	2	4	Pool – TPS Tanjungsari – Perum Graha – TPA
4	14.223	i	k	2	3	5	Pool – Perum Endivie – Perum Garuda Mas – TPA
5	13.664	l	m	2,5	2	4,5	Pool – TPS Ciburuyan – Perum Griya – TPA
6	13.596	w	x	2	4,5	6,5	Pool – Perum GSA – Perum Villa Perdania – TPA
7	13.486	ba	bb	2	2	4	Pool – TPS Jln. Khoer Affandi 4 – Kantor KPPN – TPA
8	13.462	au	az	3	2	5	Pool – TPS Cilendek – TPS Jln. Khoer Affandi 3 – TPA
9	13.399	be	bf	3	3	6	Pool – TPS Setiaratu – TPS Jln. Siluman – TPA
10	13.368	d	aq	2	2	4	Pool – TPS Jln. Khoer Affandi 1 – TPS Ciakar – TPA
11	13.262	av	ax	2,5	2	4,5	Pool – TPS Cikatuancar – TPS Jln. Khoer Affandi 2 – TPA
12	13.165	n	o	2	2	4	Pool – TPS Jln.Letjen Mashudi Stopan Cisumur Bunderan Gobras 1 – TPS Jln.Letjen Mashudi Stopan Cisumur Bunderan Gobras 2 – TPA
13	12.923	bg	bh	2	3	5	Pool – Perum Jasmine – TPS Babakan Goyang – TPA
14	12.848	aw	bd	3	2	5	Pool – TPS Lebaksari – Perum Karisma Town House – TPA

15	12.735	t	u	2	3	5	Pool – Perum Baitussalam – Perum Tamara – TPA
16	12.520	q	r	2	2	4	Pool - Jln. Gobras Pertigaan Noenoeng Tisnasaputra-Gegernoong 1 - Jln. Gobras Pertigaan Noenoeng Tisnasaputra-Gegernoong 2 – TPA
17	12.441	ao	ap	2,5	3	5,5	Pool – Perum Grand Mutiara Citra – Perum Quanta 5 – TPA
18	12.330	p	s	2	3	5	Pool - Jln.Letjen Mashudi Stopan Cisumur-Bunderan Gobras 3 – TPS Ciwaas – TPA
19	12.231	aa	ab	2	3,5	5,5	Pool – Perum Kirana Residence – MI Ciledug – TPA
20	12.183	f	bn	3,5	2	5,5	Pool – TPS Jln Noenoeng Tisnasaputra – TPS Cicantel – TPA
21	12.168	z	ae	2	2	4	Pool – SMPN 15 – TPS Ciledug – TPA
22	11.740	bi	bj	3	2	5	Pool – TPS Jln. Letjend Mashudi Gobras s.d. POS AU – Perum Pelangi - TPA
23	11.378	as	at	3	2	5	Pool – TPS Sukasukur – TPS Bantargedang – TPA
24	11.249	ak	al	2	3	5	Pool – Perum Puri Sumelap – TPS Cieurih – TPA
25	11.197	am	ar	2	3	5	Pool – TPS Jln. Gunung Kalong – TPS Cibangun – TPA
26	11.076	af	ag	2	3	5	Pool – TPS Nangela – TPS Babakan Jati – TPA
27	11.066	bm	bo	2	2,5	4,5	Pool – TPS Sukamaju – TPS Gunung Kanyere – TPA
28	8.908	c	ad	2	2	4	Pool – Perum Quanta Nangela – TPS Selaawi Tamansari – TPA

d. Pengklasifikasian Kluster Rute

Sub Kluster Rute yang telah terbentuk di atas kemudian digabungkan menjadi satu kluster, di dalam kluster ini terdiri dari beberapa sub kluster rute yang telah terbentuk seperti di atas. Pembentukan kluster ini didasarkan pada TPS terdekat yang terdapat dalam sub kluster rute.

Tabel 4. Kluster Rute Armada.

Kluster	Sub Kluster Rute	Keterangan
Kluster 1	1, 3	Sub Kluster Rute 1 : Perum Marhamah, TPS Sindangwangi. Sub Kluster Rute 2 : TPS Tanjungsari, Perum Graha.
Kluster 2	2, 39	Sub Kluster Rute 1 : Perum Bumi Parahyangan, Rahayu I Sub Kluster Rute 2 : Rahayu II
Kluster 3	4, 5	Sub Kluster Rute 1 : Perum Endivie, Perum Garuda Mas. Sub Kluster Rute 2 : TPS Ciburuyan, Perum Griya.

Kluster 4	6, 29, 31	Sub Kluster Rute 1 : Perum GSA, Perum Villa Perdania. Sub Kluster Rute 2 : Perum Tamanjaya. Sub Kluster Rute 3 : Jln. Tamansari Gegernoong Situ Cibeureum
Kluster 5	7, 8	Sub Kluster Rute 1 : TPS Jln. Khoer Affandi 4, Kantor KPPN. Sub Kluster Rute 2 : TPS Cilendek, TPS Jln. Khoer Affandi 3.
Kluster 6	9, 13, 36	Sub Kluster Rute 1 : TPS Setiaratu, TPS Jln. Siluman. Sub Kluster Rute 2 : Perum Jasmine, TPS Babakan Goyang. Sub Kluster Rute 3 : Perum Wastu Kencana
Kluster 7	10, 37	Sub Kluster Rute 1 : TPS Jln. Khoer Affandi 1, Ciakar. Sub Kluster Rute 2 : Perum Margabakti
Kluster 8	11, 38	Sub Kluster Rute 1 : Cikatuncar, TPS Jln. Khoer Affandi 2. Sub Kluster Rute 2 : Condong
Kluster 9	12, 18, 30	Sub Kluster 1 Rute : TPS Jln. Letjen Mashudi Stopan Cisumur Bunderan Gobras 1 & 2. Sub Kluster Rute 2 : TPS Jln. Letjen Mashudi Stopan Cisumur Bunderan Gobras 3, TPS Ciwaas. Sub Kluster Rute 3 : Terminal Gegernoong
Kluster 10	14, 22	Sub Kluster Rute 1 : TPS Lebaksari, Perum Karisma Town House. Sub Kluster Rute 2 : TPS Jln. Letjend Mashudi Gobras s.d. POS AU, Perum Pelangi.
Kluster 11	15, 16	Sub Kluster Rute 1 : Perum Baitussalam, Perum Tamara Sub Kluster Rute 2 : Jln. Gobras Pertigaan Noenoeng Tisnasaputra-Gegernoong 1 & 2.
Kluster 12	17, 26,32	Sub Kluster Rute 1 : Perum Grand Mutiara Citra, Perum Quanta 5. Sub Kluster Rute 2 : Nangela, Babakan Jati Tamansari Sub Kluster Rute 3 : Jln. Tamansari Gegernoong Situ Cibeureum
Kluster 13	19, 21, 35	Sub Kluster Rute 1 : Perum Kirana Residence – MI Ciledug. Sub Kluster Rute 2 : SMPN 15, TPS Ciledug Sub Kluster Rute 3 : Perum Kota Baru.
Kluster 14	20, 27	Sub Kluster Rute 1 : TPS Jln Noenoeng Tisnasaputra, TPS Cicantel Sub Kluster Rute 2 : TPS Sukamaju, TPS Gunung Kanyere.
Kluster 15	23, 24, 34	Sub Kluster Rute 1 : TPS Sukasukur, TPS Bantargedang. Sub Kluster Rute 2 : Perum Puri Sumelap, TPS Cieurih. Sub Kluster Rute 2 : Perum Sukawening
Kluster 16	25, 28, 33	Sub Kluster Rute 1 : TPS Jln. Gn. Kalong, TPS Cibangun. Sub Kluster Rute 2 : Perum Quanta Nangela, TPS Selaawi Tamansari Sub Kluster Rute 3 : MIN 1 Tasikmalaya

e. Biaya Operasional Pengangkutan Sampah

Biaya yang dikeluarkan dalam satu kali perjalanan :

1. Harga bahan bakar solar = Rp. 6.800/liter
2. Bahan bakar yang dibutuhkan = Rp. 81.600/ritasi operasi/12 liter
3. Pengemudi = 2.300.000/bulan/orang = 88.400/hari/orang
4. Kru armada = 1.700.000/bulan/orang = 65.400/hari/orang

Untuk mengetahui berapa penghematan yang dapat dicapai pada saat penentuan rute pengangkutan sampah dengan menggunakan metode *Saving Matriks* dan *Nearest Neighbour*, perlu dilakukan penjelasan lebih rinci perbandingan apabila hasil metode *Saving Matriks* dipakai pada kondisi eksisting armada. Hal ini didasarkan pada jarak tempuh rute yang dilewati armada.

Tabel 5. Perbandingan Jarak Armada.

Deskripsi	Jarak Tempuh
Kondisi Sekarang	2.893,6 km
Kondisi Setelah memakai <i>saving matriks</i> .	869,8 km

Dapat dilihat pada tabel di atas, penggunaan metode *saving matriks* dalam penentuan rute pengangkutan sampah, Dinas Lingkungan Hidup Kota Tasikmalaya Wilayah Timur dapat melakukan penghematan jarak tempuh armada 30%. Supaya dapat mengetahui berapa besar keuntungan yang didapatkan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Tasikmalaya dari metode *saving matriks*, maka melakukan perbandingan biaya operasional yang dikeluarkan antara kondisi eksisting dengan hasil metode *saving matriks*.

Biaya yang dihitung yaitu *fixed cost* dan *variable cost*. *Fixed cost* adalah biaya yang tidak dipengaruhi oleh total jarak tempuh armada, sementara *variable cost* adalah biaya yang dihitung dalam satu kali operasi dengan memperhitungkan total jarak tempuh masing-masing truk. Dibawah ini adalah perhitungan yang dihasilkan dengan penggunaan metode *saving matriks*.

$$\begin{aligned} \text{Fixed Cost} &= \text{Gaji pengemudi/hari} + \text{Gaji Kru/hari} \\ &= 1.305.600 + 3.008.400 \\ &= 4.314.000/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variable Cost} &= \text{Biaya bahan bakar} \\ &= 1.903.100/\text{hari} \\ \text{Total} &= \text{Fixed Cost} + \text{Variable Cost} \\ &= 6.217.100/\text{hari} \end{aligned}$$

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi kasus optimasi rute armada pengangkutan sampah di Dinas Lingkungan Hidup Kota Tasikmalaya, dapat ditarik kesimpulan pada laporan dibawah ini :

1. Penggunaan metode *Saving Matriks* dapat memberikan pengurangan waktu pelayanan, jarak tempuh, serta biaya operasional di wilayah timur Kota Tasikmalaya
2. Wilayah timur Kota Tasikmalaya terdapat 68 TPS dari 332 TP di Kota Tasikmalaya dan ada 16 armada yang cakupan pengangkutan sampah memasuki wilayah timur.
3. Jarak tempuh yang dihasilkan dari metode *saving matriks* dapat menghasilkan penghematan 30% untuk wilayah timur dalam satu hari kerja, dengan begitu konsumsi bahan bakar yang digunakan menjadi berkurang.
4. Biaya yang dihasilkan dari metode *saving matriks* adalah 6.217.100/hari dari 16 armada yang cakupan wilayah kerjanya di timur.

SARAN

1. Jadwal pengangkutan sampah harus dilakukan secara tersusun, baik itu waktu, ataupun wilayah operasional armada.
2. Agar menjadi perhatian untuk melakukan pemantau pada tiap lokasi TPS, baik itu dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Tasikmalaya ataupun instansi lain terkait untuk memonitor volume sampah setiap TPS, sehingga tidak terjadi penumpukan sampah dan keterlambatan pengangkutan.