

OPTIMASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH DI PEKANBARU DENGAN MENGGUNAKAN *BINARY INTEGER PROGRAMMING*

Sarbaini^{1*}

Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Riau, Indonesia¹

Alamat email: sarbaini@uin-suska.ac.id *

ABSTRAK. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana armada mengangkut sampah di Kota Pekanbaru dengan menggunakan metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan batasan waktu (*time window*). Ada 61 titik pengiriman dan 24 kendaraan armada yang tersedia. Untuk menyelesaikan masalah saat ini, penelitian ini menggunakan formulasi model pemrograman biner integer. Untuk menghasilkan formulasi ini, fungsi tujuan dibuat untuk mengurangi waktu tempuh kendaraan. Fungsi ini menghitung batasan waktu kerja yang tersedia untuk setiap kendaraan sebesar 420 menit, dikurangi waktu tempuh kendaraan dari TPA ke depot selama 53 menit. Dengan demikian, batasan waktu kerja yang tersedia adalah 367 menit. Dari penelitian ini didapat 7 kendaraan yang masih mengalami *overtime* yaitu kendaraan 18, 19, 20, 21, 22, 23 dan 24.

Kata Kunci: Rute, VRPTW, Integer Linier Programing, Formulasi Model

ABSTRACT. This study seeks to determine the route for transporting waste from the city of Pekanbaru using the *Vehicle Routing Problem* (VRP) with a *time window*. There are 61 points to be transported, and 24 fleet vehicles are available. This investigation employs the formulation of the *Binary Integer Programming* model to address existing issues. This formulation is carried out by establishing the objective function of minimizing vehicle travel time with the available working time limit of each vehicle being 420 minutes minus the vehicle travel time from the landfill to the depot, resulting in 367 minutes (*time window*). From this study, it was found that 7 vehicles were still experiencing *overtime*, namely vehicles 18, 19, 20, 21, 22, 23 and 24.

Keyword: Routes, VRPTW, Integer Linear Programming, Model Formulation

I. PENDAHULUAN

Jumlah timbunan sampah meningkat sebagai akibat dari pertumbuhan penduduk yang terus meningkat. Jumlah sampah yang terus meningkat ini menyebabkan banyak masalah persampahan. Pekanbaru adalah salah satu kota lain yang masih menghadapi masalah persampahan. Sistem pengelolaan sampah kota Pekanbaru, yang berbasis zona, menghadapi beberapa masalah. Salah satu penyebabnya adalah biaya yang terus-menerus mendominasi

pembiayaan pengelolaan sampah, jumlah armada pengumpul sampah yang tidak seimbang dengan jumlah timbunan sampah yang ada, dan rute pengumpulan sampah yang tidak efisien. PT Godang Tua Jaya dan PT Samhana Indah mengangkut sampah di tiga wilayah berbeda di Kota Pekanbaru. Kecamatan Marpoyan Damai, Payung Sekaki, dan Tampan termasuk dalam Zona 1. Kecamatan Sail, Senapelan, Sukajadi, Bukit Raya, dan Tenayan termasuk dalam Zona 2.



Menurut data yang dikumpulkan oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) kota Pekanbaru pada tahun 2020, volume sampah di zona I kota mencapai 10.284 ton, dengan rata-rata volume sampah per hari sebesar 112,7 m³. Seiring pertumbuhan penduduk, jumlah ini akan terus meningkat. Jumlah penduduk yang meningkat memiliki dampak yang signifikan terhadap masalah sampah. Perubahan dalam pola konsumsi dan gaya hidup masyarakat dapat menyebabkan peningkatan jumlah timbunan sampah, jenis sampah, dan keberagaman sifatnya.

Untuk menanggulangi sampah, Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kota Pekanbaru menyediakan lima jenis layanan kepada masyarakat. Empat (empat) di antaranya menggunakan kendaraan seperti dump truck, Armroll, mobil Pick Up, dan CATOR (Becak Motor). Ada juga layanan tambahan seperti operator penyapu jalan. Peneliti meneliti jasa kendaraan Dump Truck.

Sebagai informasi dari inventaris kendaraan DLHK Kota Pekanbaru, ada 24-unit dump truck yang dimiliki oleh DLHK. Dengan waktu operasional 7 jam, kendaraan Dump Truck hanya dapat beroperasi 2-3 ritase, jadi mereka tidak dapat memenuhi target 36 TPS. Untuk memenuhi target tersebut, kendaraan Dump Truck harus melakukan overtime. Ini adalah masalah karena belum ada cara untuk mengetahui bagaimana kendaraan Dump Truck akan diangkut.

Penelitian di DLHK Kota Pekanbaru mengenai penentuan rute sudah pernah dilakukan oleh Rahmat (Fauzi, 2019) namun pada penelitian ini menggunakan metode Saving Matrix dan hanya membahas di Kecamatan Tampan saja. Untuk penelitian tentang penentuan rute khususnya dengan metode VRP (*Vehicle Routing Problem*) dilakukan oleh (Aulia, 2018) yang membahas tentang rute pengangkutan sampah di wilayah Bandung Utara.

Masalah rute kendaraan (VRP) biasanya didefinisikan sebagai masalah menentukan rute untuk sejumlah kendaraan dengan tujuan mengurangi biaya total dan memenuhi batasan

yang sesuai dengan kondisi nyata. Masalah routing kendaraan dengan *time window* atau VRPTW hampir sama dengan VRP, tetapi memiliki batas waktu yang terkait dengan setiap pelanggan (Chen et al., 2020; Karim et al., 2018; Mahmudy, 2014; Sundarningsih et al., 2017). Di DLHK kota Pekanbaru, kendala waktu kerja untuk memenuhi 61 TPS dapat diselesaikan dengan metode ini.

Metode VRPTW (*Vehicle Routing Problems with Time Windows*), yang menggunakan programming biner integer, dapat menghasilkan model optimasi rute angkut untuk kendaraan dump truck sehingga tidak ada kendaraan yang melebihi waktu atau beban waktu. Dengan kendala linier dan beberapa variabel yang dibatasi bernilai biner, masalah optimalisasi penentuan rute ditampilkan dalam bahasa pemrograman integer biner (Susanti et al., 2016).

Berdasarkan data tersebut, penulis tertarik untuk membahas Rute optimal pengangkutan sampah yang ada di Pekanbaru. Oleh karena itu penelitian ini berjudul "Optimasi Rute Pengangkutan Sampah di Pekanbaru dengan menggunakan *Binary Integer Programming*".

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan literatur dan pengumpulan data. Pertama, peneliti mengumpulkan data titik TPS legal di Pekanbaru dari jurnal dan artikel ilmiah. Untuk melakukan penelitian, peneliti melakukan hal-hal berikut.

Tahap Penelitian

1. Studi literatur
Untuk menemukan masalah, penelitian ini mencari referensi dari jurnal nasional dan artikel yang relevan.
2. Pengumpulan data
Data yang diperlukan untuk penelitian ini dikumpulkan dalam tahap pengumpulan data, yang mencakup informasi tentang titik TPS legal di Pekanbaru serta waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jalur dari TPS ke TPA. Setelah data dikumpulkan, lalu diolah.
3. Pengolahan data

Dalam tahap pengolahan ini, data yang diolah termasuk waktu tempuh, waktu angkut, waktu pembuangan di TPA, jumlah kendaraan, dan TPS yang ditemukan.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Waktu Tempuh TPS ke TPA

TPS	Waktu Tempuh ke TPA	TPS	Waktu Tempuh ke TPA	TPS	Waktu Tempuh ke TPA
01	75	22	53,1	43	43,5
02	72	23	54	44	47,7
03	93	24	57,6	45	75,9
04	87	25	52,8	46	77,4
05	63	26	58,8	47	63,9
06	87	27	53,4	48	68,4
07	57	28	55,8	49	69,9
08	60	29	59,7	50	76,8
09	60	30	81,9	51	80,4
10	54,6	31	75,9	52	77,7
11	57,3	32	72,3	53	72
12	67,3	33	81,9	54	69,6
13	57,9	34	83,4	55	69,3
14	49,5	35	81,9	56	62,7
15	52,2	36	71,4	57	63,6
16	51	37	45	58	82,8
17	55,8	38	41,1	59	69,9
18	54,9	39	39	60	80,7
19	59,4	40	47,7	61	69,6
20	54,9	41	42,9	43	43,5
21	53,7	42	43,2	44	47,7

Data Lokasi TPA

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang telah diangkut oleh kendaraan angkut sampah di kota Pekanbaru berada di TPA Muara Fajar, yang memiliki luas 8,6 ha dan kapasitas lebih dari 10.000 ton.

Data Waktu Pengangkutan di TPS dan Waktu Pembuangan di TPA

Sistem pengangkutan sampah kendaraan dump truck adalah dengan mengangkut kontainer di setiap lokasi tempat pembuangan akhir (TPS) dan kemudian diangkut langsung ke tempat pembuangan akhir (TPA). Waktu pengangkutan

Data Waktu Tempuh dari TPS ke TPA

kontainer di TPS adalah sepuluh menit, dan pembuangan di TPA adalah sepuluh menit.

Setelah menemukan variabel keputusan, membangun fungsi tujuan, dan menemukan batasan-batasan, model optimasi rute pengangkutan sampah dapat digunakan untuk menemukan solusi fungsi tujuan yang optimal. Dalam penelitian ini, batasan waktu kerja yang tersedia digunakan untuk mengoptimalkan jarak tempuh perjalanan kendaraan dump truck pada pengangkutan sampah secara keseluruhan. Variabel keputusan harus berbentuk bilangan biner (0, 1) menurut model yang digunakan.

Variabel Keputusan

Dalam formulasi, variabel keputusan adalah X_{ki} , yang merupakan hasil kombinasi dari 24-unit kendaraan yang tersedia dan 61 titik lokasi TPS yang harus dilayani. Variabel ini hanya memiliki dua nilai, yaitu 0, dan 1. Variabel keputusan bernilai 1 jika TPS dikunjungi oleh kendaraan dan 0 jika TPS tidak dikunjungi oleh kendaraan. (Arista, 2009)

Fungsi Tujuan

Tujuan pembuatan model ini adalah untuk mengurangi total waktu tempuh kendaraan untuk pengangkutan sampah. Untuk mencapai tujuan ini, fungsi tujuan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$z = \sum_{i=1}^{61} \sum_{k=1}^{24} X_{ki} \cdot (2Ti + ai + b) \quad (1)$$

Batasan (Constraint)

Jumlah waktu kerja yang tersedia, jumlah kendaraan, dan jumlah TPS adalah batasan model ini. (Sutrisno et al., 2017)

$$z = \sum_{i=1}^{61} \sum_{k=1}^{24} Xki \cdot (2Ti + ai + b) \quad (2)$$

$\forall k = 1, 2, \dots, 24$

Batasan tersebut untuk memastikan bahwa setiap kendaraan tidak melebihi waktu kerja yang disediakan.

$$\sum_{k=1}^{24} Xki \geq 1, \forall k = 1, 2, \dots, 24 \quad (3)$$

Batasan tersebut untuk memastikan bahwa setiap kendaraan digunakan 1 kali.

$$\sum_{i=1}^{61} Xki = 1, \forall i = 1, 2, \dots, 61 \quad (4)$$

Batasan tersebut untuk memastikan bahwa setiap TPS dikunjungi 1 kali.

Dimana :

X = variabel keputusan

k = kendaraan, dimana kendaraan yang tersedia hanya 24 unit

i = TPS- i , dimana TPS yang harus dikunjungi sebanyak 61 titik

Ti = waktu tempuh kendaraan dari i ke TPA dan sebaliknya

αi = waktu pengangkut di TPS- i

b = waktu pembuangan di TPA

WH = waktu kerja yang tersedia, dengan 420 menit waktu kerja dikurangi 53 menit waktu tempuh kendaraan dari TPA ke depot, waktu kerja yang tersedia adalah 367 menit.

Setelah itu, model dibuat dan data diolah dengan software WinQSB. (Amariei et al., 2009)

Tabel 2. Pengolahan Data Dengan Software WinQSB

Kendaraan	Rute(TPS)			T1 (menit)	T2 (menit)	T3 (menit)	T4 (menit)	Waktu Total (menit)
01	01	04		170	194			364
02	03	42		206	106,4			312,4
03	05	06		146	194			340
04	07	09		134	140			274
05	13	11		135,8	134,6			270,4
06	12	10		154,6	129,2			283,8
07	14	15	16	119	124,4	122		365,4
08	17	18		131,6	129,8			261,4
09	19	20		138,8	129,8			268,6
10	25	22	41	125,6	126,2	105,8		357,6
11	24	26		135,2	137,6			272,8
12	38	27	28	102,2	126,8	131,6		360,6
13	29	08		139,4	140			279,4
14	30	31		183,8	171,8			355,6
15	34	36		186,8	162,8			349,6
16	33	32		183,8	164,6			348,4
17	35	48		183,8	156,8			340,6
18	40	21	02	115,4	127,4	164	128	534,8*
19	43	44	37	107	115,4	110	98	430,4*
20	45	46	47	171,8	174,8	147,8		494,4*
21	49	50	51	159,8	173,6	180,8		514,2*
22	52	53	54	175,4	164	159,2		498,6*
23	55	56	57	158,6	145,4	147,2	159,8	611*
24	58	60	61	185,6	181,4	159,2		526,2*
Total								9014.2

* Berarti kendaraan yang overtime atau melebihi waktu kerja.

nilai Z adalah 9014.2 menit dan dapat diketahui 11 kendaraan yang melebihi waktu kerja yang tersedia.

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa total waktu tempuh yang dihasilkan atau

Perbandingan Rute Awal dengan Rute Usulan

Tabel 3. Rute dan Jumlah Kendaraan Awal

Kendaraan	Rute(TPS)			T1 (menit)	T2 (menit)	T3 (menit)	T4 (menit)	Waktu Total (menit)
01	01	02		170	164			334
02	03	04		206	194			400*
03	05	06		146	194			340
04	07	08	09	134	140	140		414*
05	10	11		9,2	134,6			263,8
06	12	13		154,6	135,8			290,4
07	14	15	16	119	124,4	122		365,4
08	17	18		131,6	129,8			261,4
09	19	20		138,8	129,8			268,6
10	21	22	23	127,4	126,2	128		381,6*
11	24	25		135,2	125,6			260,8
12	26	27	28	137,6	126,8	131,6		396*
13	29			139,4				139,4
14	30	31	32	183,8	171,8	164,6		520,2*
15	33	34		183,8	186,8			370,6*
16	35	36		183,8	162,8			346,6
17	37	38	39	110	102,2	98		310,2
18	40	41		115,4	105,8			221,2
19	42	43	44	106,4	107	115,4		328,8
20	45	46	47	171,8	174,8	147,8		494,4*
21	48	49	50	156,8	159,8	173,6	180,8	671*
22	52	53	54	175,4	164	159,2		498,6*
23	55	56	57	158,6	145,4	147,2	185,6	636,8*
24	59	60	61	159,8	181,4	159,2		500,4*
Total								9014,2

*Berarti kendaraan yang overtime atau melebihi waktu kerja.

untuk memastikan rute usulan hasil perhitungan yang lebih baik dengan software WinQSB.

Tabel di atas menunjukkan bahwa beberapa kendaraan melebihi waktu kerja yang tersedia, atau overtime. Kendaraan-kendaraan ini adalah 2, 4, 10, 12, 14, 15, 20, 21, 22, 23, dan 24.

Tabel 4. Perbandingan Rute Awal dan Rute Usulan

Kendaraan	Waktu Tempuh Rute Awal	Waktu Tempuh Usulan Rute
Kendaraan 1	334	364
Kendaraan 2	400*	312,4
Kendaraan 3	340	340
Kendaraan 4	414*	274
Kendaraan 5	263,8	270,4
Kendaraan 6	290,4	283,8
Kendaraan 7	365,4	365,4
Kendaraan 8	261,4	261,4
Kendaraan 9	268,6	268,6
Kendaraan 10	381,6*	357,6
Kendaraan 11	260,8	272,8
Kendaraan 12	396*	360,6
Kendaraan 13	139,4	279,4
Kendaraan 14	520,2*	355,6
Kendaraan 15	370,6*	349,6
Kendaraan 16	346,6	348,4
Kendaraan 17	310,2	340,6
Kendaraan 18	221,2	534,8*
Kendaraan 19	328,8	430,4*
Kendaraan 20	494,4*	494,4*
Kendaraan 21	671*	514,2*
Kendaraan 22	498,6*	498,6*
Kendaraan 23	636,8*	611*
Kendaraan 24	500,4*	526,2*
Total	9014,2	9014,2
Rata-Rata	375,59	375,59

*Berarti kendaraan yang overtime atau melebihi waktu kerja.

Kesimpulan dari pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan adalah bahwa model matematika atau formulasi model digunakan untuk menentukan rute pengangkutan sampah di kota Pekanbaru oleh truk dump; variabel keputusan adalah bilangan biner (0, 1).

Untuk fungsi tujuan meminimasi waktu tempuh kendaraan, faktor-faktor berikut harus dipertimbangkan: waktu kerja yang tersedia, jumlah kendaraan yang tersedia, dan jumlah TPS yang dilayani. Semua kendaraan yang telah diangkut di setiap TPS harus dibuang di TPA dan

kemudian kembali ke depot. Karena tidak ada kendaraan yang terlalu banyak, rute yang disarankan lebih baik daripada rute awal.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan maka dapat dilihat dari rute usulan ada beberapa kendaraan yang masih mengalami overtime, tetapi lebih sedikit dibandingkan dari rute awal yaitu tinggal 7 kendaraan dari 11 kendaraan yang overtime. Kendaraan yang overtime tersebut adalah kendaraan 18, 19, 20, 21, 22, 23, dan 24.

DAFTAR PUSTAKA

- Amariei, O. I., Frunzaverde, D., Popovici, G., & Hamat, C. O. (2009). WinQSB simulation software—a tool for professional development. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 2786–2790.
- Arista, D. V. (2009). Penjadwalan pengiriman produk jadi dengan menggunakan model Binary Integer Programming di PT. XYZ. *Digilib.Uns.Ac.Id*.
- Chen, J., Dan, B., & Shi, J. (2020). A variable neighborhood search approach for the multi-compartment vehicle routing problem with time windows considering carbon emission. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123932.
- FAJRINA, A. (2018). Penentuan Rute Pengangkutan Sampah dengan Menggunakan Metode Vehicle Routing Problem (VRP) Time Windows Untuk Wilayah Bandung Utara. *Repository.Unpas.Ac.Id*.
- Fauzi, R. (2019). Optimalisasi Rute dan Penjadwalan Pengangkutan Sampah di Kota Pekanbaru (Kec. Tampan) Menggunakan Metode Saving Matrix (Studi Kasus: UD. Salacca Tapanuli Selatan). *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 5(1), 37–47.

- Karim, M. K., Setiawan, B. D., & Adikara, P. P. (2018). Optimasi Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW) Pada Rute Mobile Grapari (MOGI) Telkomsel Cabang Malang Menggunakan Algoritme Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(8), 2702–2709.
- Mahmudy, W. F. (2014). Improved simulated annealing for optimization of vehicle routing problem with time windows (VRPTW). *Jurnal Ilmiah KURSOR*, 7(3).
- Sundarningsih, D., Mahmudy, W. F., & Sutrisno, S. (2017). Penerapan Algoritma Genetika untuk Optimasi Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) Studi Kasus Air Minum Kemasan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1(2), 100–107.
- Susanti, E., Cahyono, S., & Dwipurwani, O. (2016). Optimasi Kendaraan Pengangkut Sampah di Kecamatan Kertapati Menggunakan Pemrograman Bilangan Bulat Biner 0 dan 1. *Jurnal Matematika*, 6(2), 79–85.
- Sutrisno, D., Ilham, M. A., & Febianti, E. (2017). Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Dengan Metode Vehicle Routing Problem With Time Window Menggunakan Binary Integer Programming. *Jurnal Teknik Industri Untirta*.