

**OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH MENUJU
TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) DI KOTA LANGSA
MENGUNAKAN METODE *DYNAMIC PROGRAMING***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Oleh:
AL-FATAYA ZIKRILLAH
NIM. 190702027
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM – BANDA ACEH
2023 M/1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH MENUJU
TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) DI KOTA LANGSA
MENGUNAKAN METODE *DYNAMIC PROGRAMING***

TUGAS AKHIR

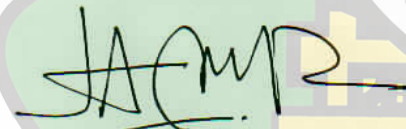
Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan Oleh:
Al-Fataya Zikrillah
NIM. 190702027

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**

Disetujui untuk dimunaqasyahkan oleh:

Pembimbing I,



Dr. Muhammd Nizar, S.T., M.T.
NIDN. 0122057502

Pembimbing II,



Arief Rahman, S.T., M.T.
NIDN. 2000038901

AR - RANIRY

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh



Husnawati Yahya, M.Sc.
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH MENUJU
TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) DI KOTA LANGSA
MENGUNAKAN METODE *DYNAMIC PROGRAMING***

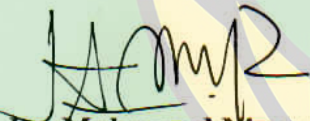
TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 19 Oktober 2023
4 Rabi'ul Akhir 1445

Panitia Ujian Munqasyah Skripsi

Ketua,


Dr. Muhammd Nizar, S.T., M.T.
NIDN. 0122057502

Sekretaris,


Arief Rahman, S.T., M.T
NIDN. 2010038901

Penguji I,


Arief Gunawan, S.T., M.Sc.
NIDN. 0001089801

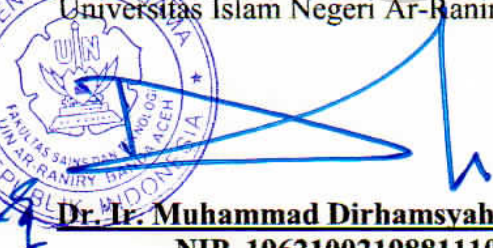
Penguji II,


M. Faiz Ikhwali, M. Eng.
NIDN. 2008109101

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh




Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Al-Fataya Zikrillah
NIM : 190702027
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Kota Langsa Menggunakan Metode *Dynamic Programming*

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data; dan
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 19 Oktober 2023

Yang Menyatakan,



Al-Fataya Zikrillah

Al-Fataya Zikrillah

ABSTRAK

Perkembangan penduduk yang kian meningkat di setiap tahunnya menyebabkan sebuah permasalahan lingkungan salah satunya adalah masalah persampahan. Kota Langsa menjadi salah satu kota yang mengalami permasalahan tersebut. Hal ini ditandai dengan adanya tumpukan sampah yang tidak terangkut di sekitar jalanan kota di Kota Langsa yang diakibatkan dari keterbatasan armada pengangkutan di setiap harinya yang mengharuskan armada di gilir pada tiap pertukaran *shift* dengan supir dan tim yang berbeda. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui jarak tempuh yang efisien dalam rute pengangkutan sampah di Kota Langsa menggunakan metode *Dynamic Programming* serta untuk mengetahui seberapa besar penghematan dari segi biaya bahan bakar. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan wawancara. Observasi dilakukan pada 6 armada pada masing-masing rute. Rute pengangkutan sampah di Kota Langsa setelah menggunakan metode *Dynamic Programming* mengalami pengurangan jarak tempuh hingga 13,16% dan penghematan biaya bahan bakar sebesar 9,7% untuk satu *shift* bagi semua kendaraan. Hal ini menunjukkan bahwasannya penggunaan *Dynamic Programming* dalam mengatasi permasalahan rute pengangkutan sampah di Kota Langsa terbukti efektif

Kata Kunci : rute pengangkutan sampah, biaya bahan bakar, *dynamic programming*

ABSTRACT

Population development that is increasing every year causes an environmental problem, one of which is the problem of waste. Langsa City is one of the cities experiencing this problem. This is indicated by the piles of garbage that are not collected around the city streets in Langsa City due to the limited transportation fleet every day which requires the fleet to be rotated in each shift exchange with different drivers and teams. The purpose of this research is to find out the efficient mileage in the waste transportation route in Langsa City using the Dynamic Programming method and to find out how much savings in terms of fuel costs. Data collection is done through observation and interviews. Observations were made on 6 fleets on each route. Waste transportation routes in Langsa City after using the Dynamic Programming method have reduced mileage by 13.16% and fuel cost savings of 9.7% for one shift for all vehicles. This shows that the use of Dynamic Programming in overcoming the problem of waste transportation routes in Langsa City has proven effective.

Keywords: waste transportation route, fuel cost, dynamic programming



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil ‘Alamin. Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah Swt, karena atas berkah, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yakni "Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Kota Langsa Menggunakan Metode *Dynamic Programming*" sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi.

Shalawat serta salam diucapkan kepada kekasih Allah yaitu Nabi Besar Muhammad saw, semoga rahmat serta hidayah yang Allah juga diberikan kepada seluruh muslimin sekalian. Proses penyusunan proposal ini tentunya saja mengalami berbagai kesulitan, dan hambatan mulai dari pengumpulan literatur, observasi, pengerjaan di lapangan hingga pada pengolahan data maupun proses penulisan. Namun dengan penuh semangat dan kerja keras serta keyakinan, akhirnya tugas ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang terlibat, yakni :

1. Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan
2. Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris program Studi Teknik Lingkungan
3. Dr. Muhammad Nizar, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan untuk mengarah dan membimbing penulis serta memberikan ilmu, saran dan solusi pada setiap permasalahan penulisan proposal tugas akhir ini.
4. Arief Rahman S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis yang senantiasa memberi saran serta masukan perihal penyusunan laporan ini.
5. Kepala dinas di Dinas Lingkungan Hidup Kota Langsa
6. Seluruh staff dan karyawan di lingkungan kantor dinas lingkungan hidup Kota Langsa
7. Ayahanda Adi Supeno dan Ibunda Sri Kartika Putri selaku orang tua penulis

yang senantiasa mendukung dalam kegiatan penelitian.

8. Pemilik NIM 180702055 yang senantiasa membantu memberikan ide, saran dan masukan kepada penulis.
9. Seluruh teman-teman yang turut membantu yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih jauh dari kata sempurna.

Maka dari itu, penulis sangat berharap kritik maupun saran untuk membantu menyempurnakan proposal ini sehingga dapat berguna bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Darussalam, 05 September 2023

Penulis,

Al-Fataya Zikrillah



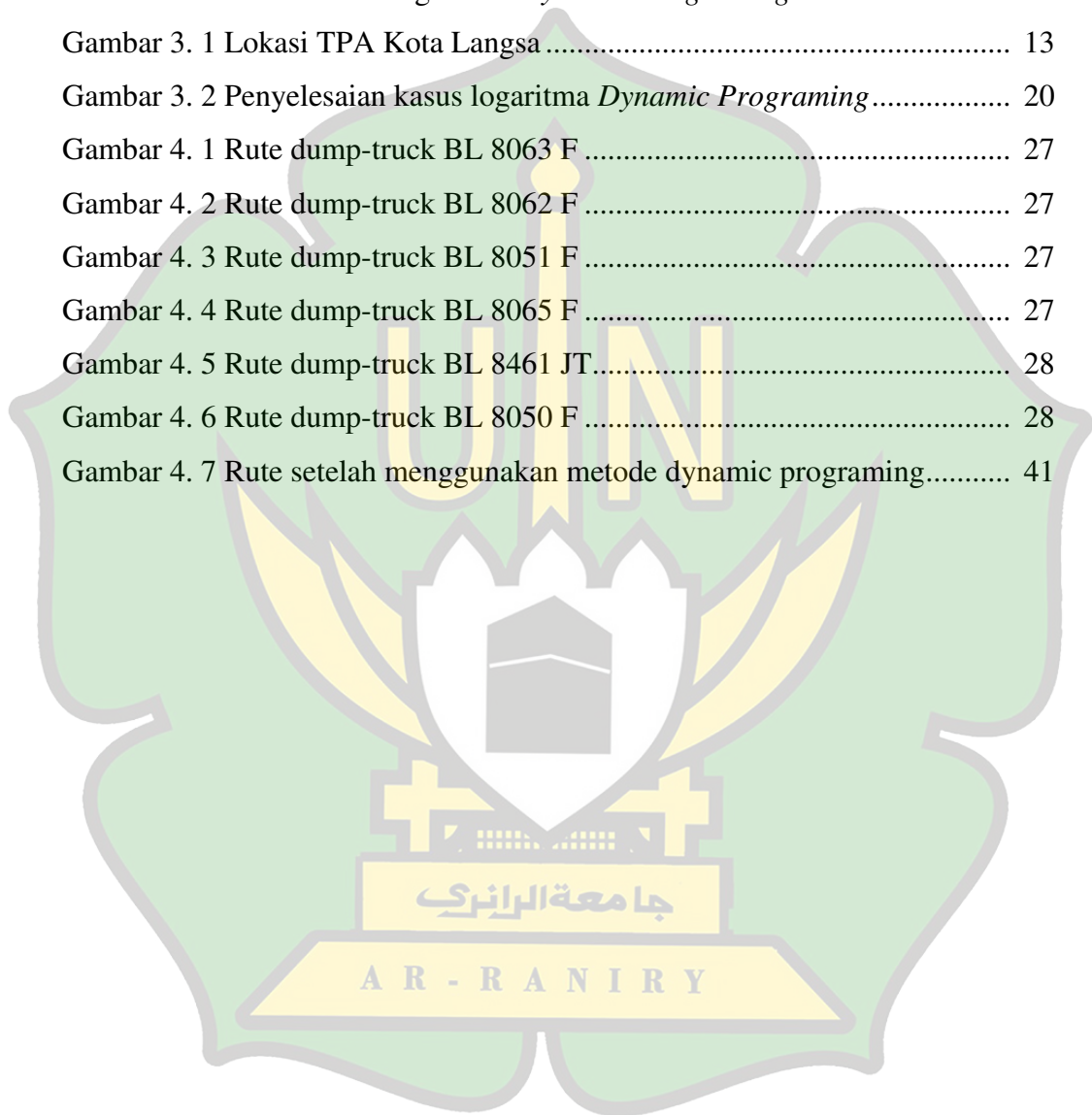
DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Sampah	4
2.2 Jenis dan Karakteristik Sampah.....	5
2.3 Pembuangan Sampah.....	6
2.4 Pengangkutan Sampah.....	6
2.5 Pola Pengangkutan Sampah	7
2.5.1 Sistem Langsung (<i>door to door</i>)	7
2.5.2 Sistem Pemindahan Di Transfer Depo I dan II	8
2.5.3 Sistem Pengosongan Container.....	9
2.6 Optimalisasi.....	9
2.7 <i>Dynamic Programing</i>	9
2.8 Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Tahapan Penelitian	13
3.3 Jenis Penelitian	14

3.4	Diagram Alir Penelitian.....	15
3.5	Metode Pengumpulan Data	16
3.5.1	Penelusuran Literatur	16
3.5.2	Pengumpulan Data Lapangan	16
3.6	Variabel Penelitian	18
3.7	Analisis dan Evaluasi	19
3.8	Karakteristik Penyelesaian Persoalan Dengan <i>Dynamic Programming</i>	20
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1	Analisis Permasalahan Pengangkutan Sampah Kota Langsa.....	22
4.2	Pengamatan Data	23
4.2.1	Rute Pengangkutan Kota Langsa	23
4.2.2	Biaya Bahan Bakar Minyak (BBM).....	28
4.3	Pembahasan	29
4.3.1	Efisiensi Rute Pengangkutan Sampah menggunakan Metode <i>Dynamic Programming</i>	29
4.3.2	Efisiensi Bahan Bakar Minyak (BBM) Pada Pengangkutan Sampah menggunakan Metode <i>Dynamic Programming</i>	42
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA		47
LAMPIRAN.....		51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pola pengangkutan sampah sistem <i>door to door</i>	7
Gambar 2. 2 Pola pengangkutan sampah sistem transfer depo.....	8
Gambar 2.3 Contoh kasus algoritma <i>Dynamic Programing</i>	10
Gambar 3. 1 Lokasi TPA Kota Langsa.....	13
Gambar 3. 2 Penyelesaian kasus logaritma <i>Dynamic Programing</i>	20
Gambar 4. 1 Rute dump-truck BL 8063 F.....	27
Gambar 4. 2 Rute dump-truck BL 8062 F.....	27
Gambar 4. 3 Rute dump-truck BL 8051 F.....	27
Gambar 4. 4 Rute dump-truck BL 8065 F.....	27
Gambar 4. 5 Rute dump-truck BL 8461 JT.....	28
Gambar 4. 6 Rute dump-truck BL 8050 F.....	28
Gambar 4. 7 Rute setelah menggunakan metode dynamic programing.....	41



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian	18
Tabel 4. 1 Nopol dan Jadwal Pengangkutan Sampah DLHK Kota Langsa.....	24
Tabel 4. 2 Rute dan Jadwal Pengangkutan Sampah DLHK Kota Langsa	25
Tabel 4. 3 Rute Sebelum Menggunakan Metode <i>Dynamic Programing</i>	40
Tabel 4. 4 Data bahan bakar armada dengan jarak sebelum dan sesudah menggunakan perhitungan dengan metode <i>Dynamic programming</i>	43



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan penduduk relatif bertambah di setiap tahunnya dan menimbulkan permasalahan lingkungan hidup. Perubahan pola konsumsi masyarakat akan menimbulkan permasalahan berupa banyaknya volume, jenis, dan karakteristik sampah (Sudrajat dkk., 2017). Akibat dari perkembangan penduduk menimbulkan sebuah permasalahan lingkungan yang berhubungan dengan masalah sampah. Untuk mengurangi volume sampah anorganik, dapat dilakukan dengan cara didaur ulang (Fitriah dkk., 2019). Kesadaran dan kepedulian untuk menangani sampah dimasyarakat masih kurang. Kebiasaan membakar sampah masih menjadi pilihan masyarakat untuk menangani permasalahan sampah. Masyarakat masih menganggap membakar sampah merupakan cara yang paling cepat dalam menangani permasalahan tersebut (Latifatul dkk., 2018).

Pengelolaan sampah adalah permasalahan yang sangat kompleks yang dihadapi baik di negara berkembang maupun negara maju. Permasalahan ini sekarang menjadi masalah besar di Indonesia (Fitri dkk., 2019). Pemerintah daerah di Indonesia telah melakukan beberapa hal untuk memecahkan permasalahan ini sudah melingkupi keperekonomian, kesehatan (Kalempouw, 2021). Pengertian sampah menurut pasal 1 Undang-undang No.18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat (Subekti dan Apriyanti, 2020).

Pengelolaan sampah merupakan kegiatan sistematis dan menyeluruh yang meliputi pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, dan pengelolaan akhir. Pengelolaan sampah tidak hanya menyangkut aspek teknis, namun juga aspek non teknis, yaitu kelembagaan, aspek regulasi, aspek peran masyarakat, dan aspek pembiayaan yang diatur oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sesuai dengan SNI 324:2008 (Riali, 2020).

Pengolahan sampah yang buruk pasti akan berdampak ke aspek-aspek lingkungan yang tidak diinginkan, maka dari itu perhatian yang diberikan pada pengelolaan sampah, khususnya identifikasi rute pengangkutan sampah. Kemudian menghitung jumlah produksi sampah berdasarkan jumlah penduduk kota kemudian menghitung kebutuhan TPS berdasarkan jumlah produksi sampah (Dzakwan dkk., 2020). Permasalahan yang terjadi di Kota Langsa pada saat ini adalah jumlah armada yang terbatas dan kapasitas muatan armada yang masih kurang memadai, sehingga perlunya dilakukan penelitian tentang “Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Di Kota Langsa.” untuk menciptakan rute yang lebih efisien dengan kemampuan armada yang ada di DLHK Kota Langsa.

Berdasarkan permasalahan di atas maka diperlukan mengoptimalkan rute pengangkutan sampah. Beberapa kota di Indonesia berhasil mengoptimalkan rute pengangkutan sampah untuk jalur yang lebih efisien menggunakan metode *dynamic programming*. metode ini ketika di terapkan pada sistem pengangkutan sampah terbukti lebih efisien dari segi biaya BBM dan jarak tempuh hingga 17% (Saputra dkk., 2020). *Dynamic Programming* dapat dikatakan sebagai metode pemecahan masalah dengan cara menguraikan solusi menjadi menjadi sekumpulan langkah (Step) ataupun tahapan (Stage) sedemikian rupa sehingga solusi permasalahan dapat dipandang dari serangkaian keputusan yang saling berkaitan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah cara yang digunakan untuk mengangkut sampah di sekitar Kota Langsa dengan menggunakan metode *Dynamic Programming* yaitu :

1. Bagaimana menentukan jarak tempuh yang efisien dalam rute pengangkutan sampah di Kota Langsa menggunakan metode *Dynamic Programming*?
2. Seberapa besar persentase efisiensi dari segi jarak dan biaya bahan bakar menggunakan metode *Dynamic Programming*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui jarak tempuh yang efisien dalam rute pengangkutan sampah di Kota Langsa menggunakan metode *Dynamic Programing*.
2. Mengetahui seberapa besar persentase efisiensi dari segi jarak dan biaya bahan bakar menggunakan metode *Dynamic Programing*.

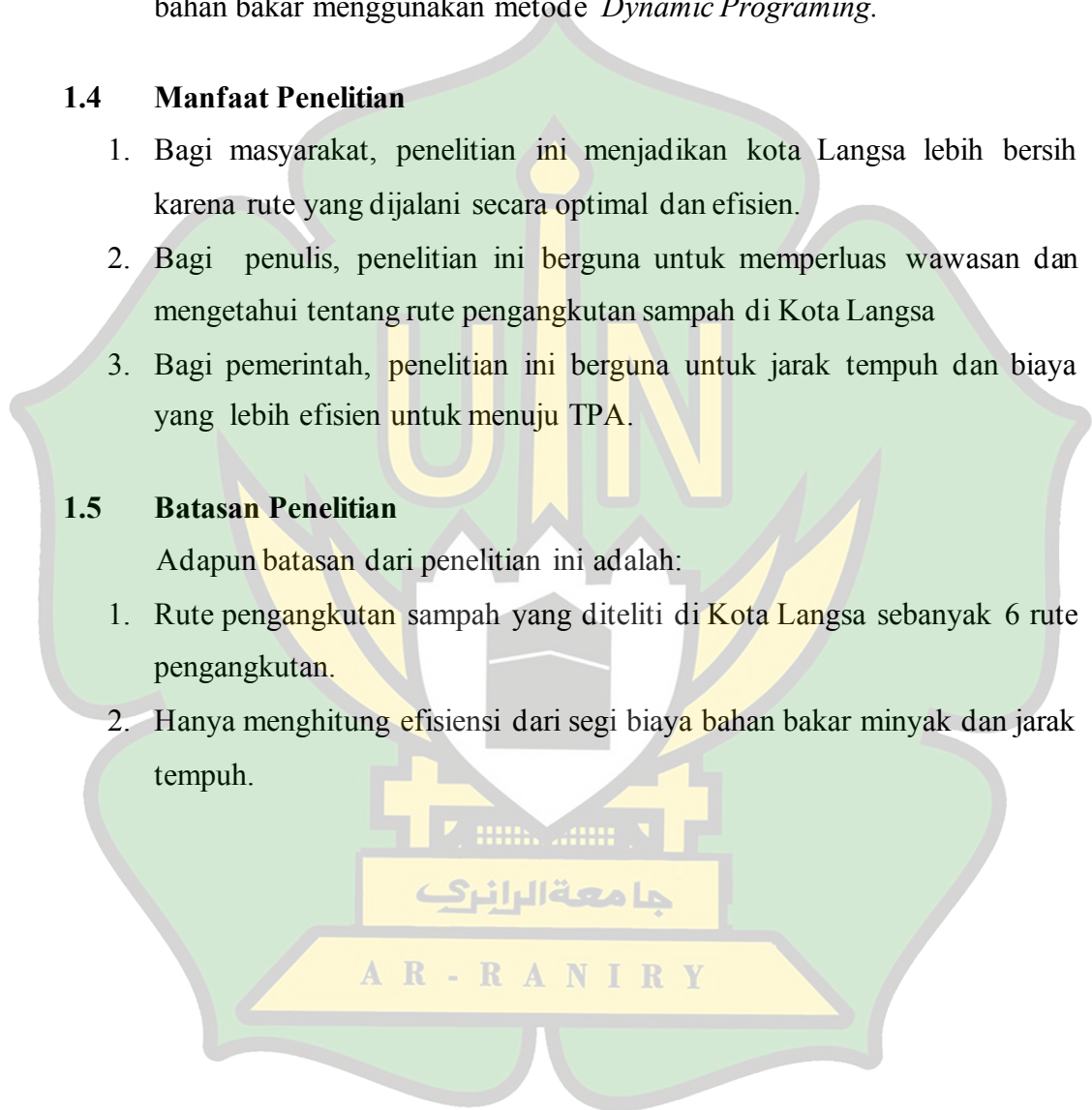
1.4 Manfaat Penelitian

1. Bagi masyarakat, penelitian ini menjadikan kota Langsa lebih bersih karena rute yang dijalani secara optimal dan efisien.
2. Bagi penulis, penelitian ini berguna untuk memperluas wawasan dan mengetahui tentang rute pengangkutan sampah di Kota Langsa
3. Bagi pemerintah, penelitian ini berguna untuk jarak tempuh dan biaya yang lebih efisien untuk menuju TPA.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan dari penelitian ini adalah:

1. Rute pengangkutan sampah yang diteliti di Kota Langsa sebanyak 6 rute pengangkutan.
2. Hanya menghitung efisiensi dari segi biaya bahan bakar minyak dan jarak tempuh.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sampah

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di suatu daerah maka akan mengakibatkan bertambahnya sampah. Pola konsumsi barang primer, sekunder, dan tersier di rumah tangga dan masyarakat berkontribusi terhadap peningkatan jumlah sampah yang bervariasi. Masalah lingkungan yang memerlukan pengelolaan yang serius salah satunya adalah sampah (Dewi dkk., 2020). Menurut Undang-Undang No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pengertian dari sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau dari proses alam yang berbentuk padat dan cair.

Pemerintah daerah di Indonesia telah melakukan beberapa hal untuk memecahkan masalah yang melingkupi ke perekonomian, kesehatan dan budaya. Hampir di semua kota di Indonesia mengalami kendala dengan adanya timbunan sampah (Kalempouw, 2021). Masalah utama yang dihadapi Indonesia adalah pengelolaan sampah. Kotamadya merupakan penghasil sampah terbesar bagi lingkungan dengan porsi 60%. Berbagai kebijakan dan program telah dilakukan untuk mengatasi masalah sampah, namun belum membuahkan hasil yang signifikan (Setyaningsih dan Maesaroh, 2021).

Sampah yang pengelolaannya buruk perlu penanganan serius dalam pengelolaan sampah, terutama dalam menentukan rute pengiriman sampah. Kemudian menghitung jumlah produksi sampah berdasarkan jumlah penduduk kota kemudian menghitung kebutuhan TPS berdasarkan jumlah produksi sampah (Dzakwan dkk., 2020). Masyarakat membutuhkan lingkungan yang sehat, penyebab pencemaran lingkungan berasal dari tempat pembuangan sampah yang memiliki penduduk perkotaan yang padat. Pesatnya pertumbuhan kota menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah penduduk kota sehingga dapat meningkatkan produksi dan jumlah sampah yang ada, berbanding lurus dengan pertumbuhan penduduk (Kai dkk., 2018).

2.2 Jenis dan Karakteristik Sampah

Sampah organik adalah sampah yang mudah rusak atau secara alami/biologis ditopang oleh bakteri. Sampah anorganik adalah sampah yang sulit terurai dan proses penguraiannya memerlukan pengelolaan pada suatu wilayah tertentu (Andina, 2019). Menurut sumbernya, sampah dibedakan menjadi 5, yaitu (Pratama dkk., 2019):

- a. Sampah pembangunan perumahan,
- b. Sampah pertanian dan perkebunan,
- c. Sampah sisa konstruksi dan pekerjaan konstruksi,
- d. Sampah perdagangan dan perkantoran,
- e. Sampah industri.

Karakteristik sampah dapat diklasifikasikan menurut sifat-sifatnya, yaitu:

- a. Karakteristik fisika yang terkandung dalam sampah seperti densitas, kadar air, kadar volatil, kadar abu, nilai kalor, dan distribusi ukuran.
- b. Karakteristik kimia yang terkandung dalam sampah berupa susunan kimia sampah seperti adanya unsur C, N, O, P, H, S, dan lain-lain.

Pengelolaan Sampah menurut Undang-Undang No.18/2008 menyebutkan bahwa karakteristik sampah yang akan diolah meliputi sampah rumah tangga, sampah rumah tangga, dan sampah khusus. Sampah rumah tangga adalah sampah yang berasal dari kegiatan rumah tangga sehari-hari, kecuali untuk beberapa kotoran dan kotoran. Sedangkan limbah domestik adalah limbah-limbah spesifik yakni limbah B3, puing bongkaran bangunan, sampah yang secara teknologi belum dapat diolah, dan/atau sampah yang timbul secara tidak periodik. Komposisi sampah kota erat kaitannya dengan gaya hidup masyarakat dan pertumbuhan ekonomi (Seicha, 2018).

Menurut Peraturan Pemerintahan No.81/2012 menjelaskan tentang penyediaan fasilitas pemilahan sampah disediakan berdasarkan jenis sampah yakni sampah bahan berbahaya dan beracun/B3, sampah yang mudah terurai, sampah yang dapat digunakan kembali, sampah yang dapat didaur ulang, dan sampah lainnya (Andina, 2019).

2.3 Pembuangan Sampah

Kebiasaan masyarakat dalam membuang sampah secara sembarangan bukan hanya dipengaruhi oleh factor terbatasnya akses masyarakat kepada petugas kebersihan di kota atau daerah tersebut tetapi juga dengan waktu yang sudah ditentukan, hal ini menyebabkan masyarakat lebih memilih untuk membuang sampah secara sembarangan. Para petugas kebersihan juga kesulitan untuk menemukan titik dimana sampah itu terkumpul dan seringkali sampah yang terkumpul tersebut terlewat untuk diangkut ke tempat pemrosesan akhir (Bahri dkk., 2019).

2.4 Pengangkutan Sampah

Proses pengangkutan sampah dilakukan oleh kendaraan atau armada yang melayani pengangkutan sampah dari tempat pembuangan sementara (TPS) menuju tempat pemrosesan akhir (TPA). Kendaraan yang melakukan pengangkutan sampah dibagi atas dua tipe, yaitu sistem kontainer tetap (*SCS/Dump Truck*) dan sistem kontainer bergerak (*HCS/Arm roll*). Pemilihan rute pengiriman sampah terpendek akan memungkinkan pengiriman sampah lebih optimal (Andrian dkk., 2020).

Agar sistem pengangkutan sampah lebih efisien dan efektif terdapat beberapa prosedur operasional pengangkutan sampah yang bisa digunakan yaitu :

1. Menggunakan rute pengangkutan sependek mungkin dengan hambatan sekecil mungkin.
2. Menggunakan kendaraan angkut dengan kapasitas yang mendukung semaksimal mungkin.
3. Menggunakan kendaraan angkut hemat bahan bakar dan memanfaatkan waktu kerja semaksimal mungkin dengan meningkatkan jumlah beban kerja/ritasi pengangkutan (Pratiwi, 2021).

Kebutuhan sistem yang terus meningkat membutuhkan metodologi yang tepat untuk menilai apakah sebuah sistem layak terus dikembangkan atau tidak dengan mengikuti empat fase pengembangan sistem yaitu perencanaan, analisis, desain, dan implementasi (Magdalena dkk., 2019).

2.5 Pola Pengangkutan Sampah

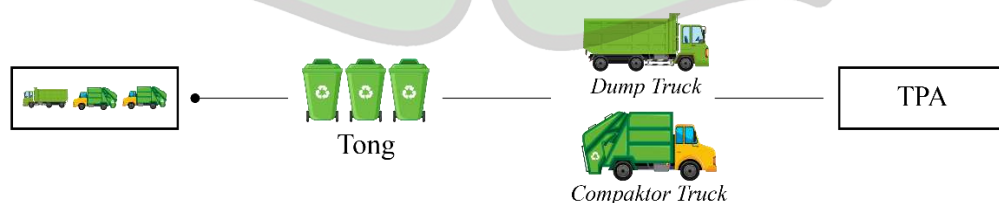
Pola pengangkutan sampah yang diterapkan oleh DLHK Kota Langsa saat ini adalah sistem pengangkutan sampah dengan cara armada yang mengambil *armroll* yang telah disediakan dari pihak DLHK dan tempat/bak sampah tersebut bersifat tidak tetap dan bisa langsung di tukarkan dengan *armroll* yang kosong atau nama lainnya *Hauled Container System* (HCS) dan *Stationer Container System* (SCS) ini adalah sistem pengangkutan sampah dengan cara armada yang mendatangi titik TPS yang telah disediakan dari pihak DLHK dan tempat/bak sampah tersebut bersifat tetap. Ada beberapa metode lain dalam pengangkutan sampah yakni *Vehicle Routing Problem* dan *Saving heuristic*. *Saving heuristic* (Nasution, 2020).

Menurut SNI 19-2454-2002 Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan, yang membahas tentang pewadahan sampah, pengumpulan sampah, pemindahan sampah, pola pengangkutan sampah, pengelolaan dan pembuangan akhir. Pola pengangkutan sampah adalah tata cara atau sistem pengangkutan sampah yang dilakukan di sebuah daerah dan ada beberapa jenis pola pengumpulan antara lain:

- Sistem langsung (*door to door*)
- Sistem pemindahan di transfer depo I dan II
- Sistem pengosongan *container*

2.5.1 Sistem Langsung (*door to door*)

Sistem pengangkutan *door to door* ini biasanya dilakukan secara bersamaan.



Gambar 2. 1 Pola pengangkutan sampah sistem *door to door*

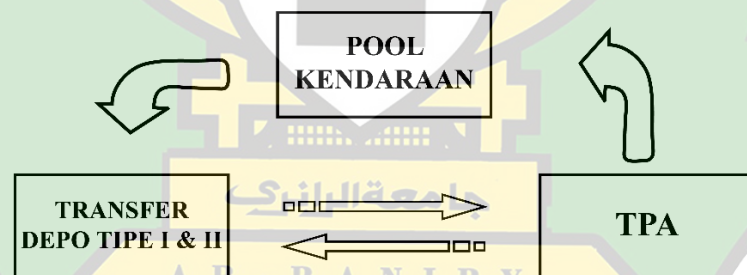
Keterangan :

- Truk pengangkutan sampah dari pool menuju ke sumber sampah pertama untuk mengambil sampah;
- Selanjutnya mengambil sampah pada titik sumber sampah selanjutnya hingga truk penuh dengan sesuai kapasitas ;
- Selanjutnya diangkut ke TPA ;
- Setelah pengosongan bak, truk menuju ke lokasi sumber sampah berikutnya, hingga terpenuhi ritasi yang telah ditentukan.

Petugas kebersihan di daerah tersebut akan mengambil sampah yang ada di depan rumah warga di suatu pemukiman, biasanya menggunakan *pick-up* ataupun becak motor.

2.5.2 Sistem Pemindahan Di Transfer Depo I dan II

Setelah dilakukan nya pengangkutan sampah rumah tangga yang ada di desa-desa petugas kebersihan yang membawa betor langsung menuju depo sampah.



Gambar 2. 2 Pola pengangkutan sampah sistem transfer depo

Keterangan :

- Pengangkutan sampah
 Kembali ke transfer depo berikutnya untuk pengangkutan kembali

2.5.3 Sistem Pengosongan Container

Dalam sistem pengosongan *container* ini terdapat 2 tipe yaitu dengan menggunakan container tetap dan bak *arm roll*. Pada mobil dengan *container* tetap berangkat dari pool dengan keadaan kosong yang kemudian menjemput sumber timbulan sampah yang ada di jalanan maupun di daerah pasar yang akan diantar menuju ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), Begitu juga sama halnya seperti bak *arm roll*.

Pola pengangkutan sampah juga terdapat dua pengangkutan sampah, yaitu *Hauled Container System (HCS)* atau sistem *container* angkat dan tetap yang nama lainnya *Stationer Container System (SCS)* (Ramadhanti, 2020).

2.6 Optimalisasi

Optimalisasi berarti proses mengoptimalkan atau proses menjadikan sempurna menjadikan paling tinggi menjadikan paling maksimal. Apabila dikaitkan dengan rute, maka optimalisasi rute berarti proses ataupun cara menjadikan rute paling baik sehingga akan menguntungkan jika rute tersebut diterapkan. Jadi maksud dari optimalisasi sampah adalah mengoptimalkan rute distribusi sampah dari penduduk hingga ke TPA dengan rute yang paling efisien (Pratama dkk., 2019). Pemilihan rute pengangkutan sampah terpendek mampu mengoptimalkan pengangkutan sampah sehingga dapat meminimalisir adanya sampah yang tidak terangkut di TPS. Optimasi pengangkutan sampah dapat dilihat dari beberapa faktor antara lain waktu tempuh, pola pengangkutan, moda pengangkutan, frekuensi pengangkutan, dan tingkat pelayanan pengangkutan (Andrian dkk., 2020). Waktu kerja penambahan rit dilakukan di TPS multi container dan tidak menerima rit apapun. Perlu juga penambahan kontainer sampah di TPS agar bisa beradaptasi dengan kenaikan tarif agar tidak ada kontainer kosong saat sampai di TPA dan kompleks tetap bisa melayani. Penambahan kontainer sampah disesuaikan dengan kondisi TPS.

2.7 Dynamic Programming

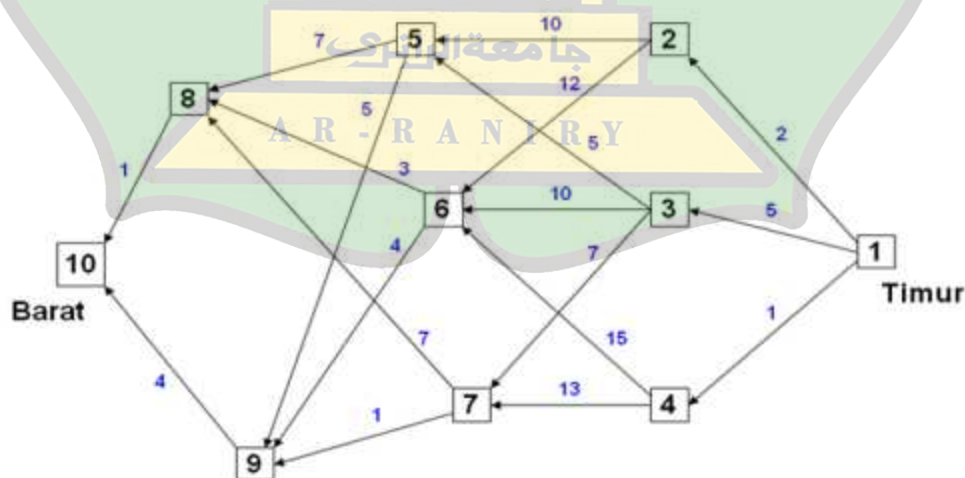
Pada program dinamis, rangkaian keputusan yang optimal dibuat dengan menggunakan Prinsip Optimalitas. Inti dari teknik ini adalah membagi satu

persoalan menjadi beberapa bagian persoalan yang dalam program dinamik disebut tahap, kemudian memecahkan tiap tahap dengan mengoptimalkan keputusan atas tahap sampai seluruh persoalan telah terpecahkan. Keputusan optimal atas seluruh persoalan ialah kumpulan dari sejumlah keputusan optimal atas seluruh tahap yang kemudian disebut sebagai kebijakan optimal. (Fawwaz dkk., 2019)

Pemecahan dengan menggunakan program dinamis mempunyai empat tahapan, yaitu :

1. Melakukan observasi lapangan dengan mengikuti armada yang sedang melakukan operasi di lapangan dan juga melakukan wawancara dengan petugas yang terkait.
2. Memecah permasalahan asli menjadi bagian permasalahan yang juga disebut sebagai tahapan dengan aturan keputusan pada setiap tahapan berdasarkan fungsi n .
3. Memecah tahapan terakhir dari permasalahan dengan semua kondisi dan keadaan yang memungkinkan.
4. Solusi optimal dari permasalahan didapatkan jika semua tahap sudah terpecahkan (Karundeng dkk., 2021)

Contoh kasus menggunakan algoritma *Dynamic Programming* untuk pencarian jarak yang paling efisien.



Gambar 2.3 Contoh kasus algoritma *Dynamic Programming*

Keterangan :

- a. Kotak yang berisikan angka menunjukkan titik yang akan dilalui oleh kendaraan;
- b. Garis hitam adalah garis yang menunjukkan jalur yang akan ditempuh dari satu titik ke titik selanjutnya;
- c. Angka disebelah garis hitam adalah jarak dari titik satu ke titik selanjutnya.

2.8 Penelitian Terdahulu yang Relevan

Berikut penelitian yang menggunakan metode *Dynamic Programing* yang telah dilakukan dan berhasil mencapai target yang dituju:

1. Penelitian Asmiyaty Yunifa Ina dan Munawar Ali pada tahun 2018 tentang “Alternatif Rute Pengangkutan Sampah Di Kecamatan Kota Tambolaka, Sumba Barat Daya, Ntt Dengan Model Dinamis”. Penggunaan model dinamik pada penelitian dilakukan untuk menentukan jumlah armada dan kebutuhan ritasi pada pengangkutan sampah. Dalam penelitian ini didapatkan hasil bahwasannya jumlah armada yang dibutuhkan dalam pengangkutan sampah secara efektif sejumlah 38 unit dengan ritasi sebanyak 156 ritasi. Dengan jumlah armada yang telah ditetapkan, hal ini mampu menghemat jarak tempuh hingga 1,29 km untuk 1 kali ritasi dari rute sebelumnya serta penghematan bahan bakar hingga Rp. 28.104/hari (Yunifa dan Ali, 2018)
2. Penelitian Sarah Agustina Zalukhu dan Mohammad Mirwan pada tahun 2018 tentang “Analisis Model Dinamik Dalam Pengangkutan Sampah Di Kota Bangkalan”. Pada pemodelan perlu memperhatikan beberapa hal yaitu rute pengangkutan, ritasi, jarak tempuh, kondisi jalan, waktu pengangkutan, pola pengumpulan dan pengangkutan, usia armada, dan aspek biaya. Hal ini sangat perlu agar dapat mengatasi kendala yang akan dihadapi pada batasan atau pun kondisi eksisting (Zalukhu dan Mirwan, 2018)
3. Kana Saputra dalam artikel “Analisis Transportasi Pengangkutan Sampah di Kota Medan Menggunakan Dynamic Programming.” menyatakan bahwa penerapan metode *Dynamic Programing* pada sistem pengangkutan sampah

lebih efisien dari segi biaya BBM dan jarak tempuh hingga 17% (Saputra dkk., 2020).

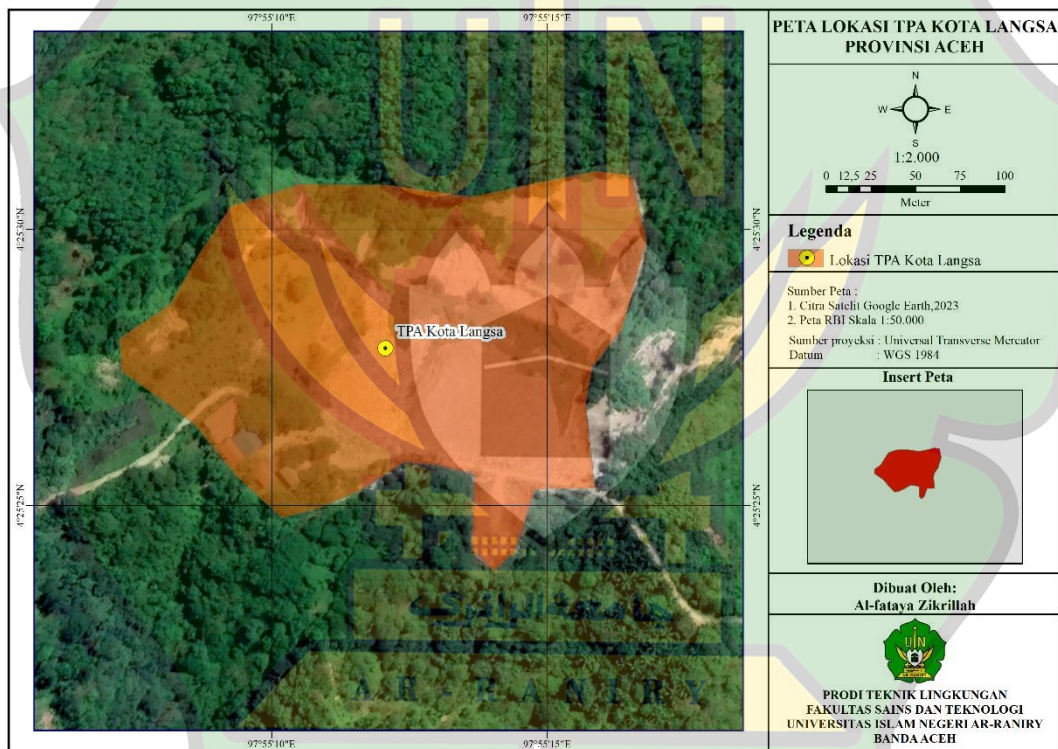
4. Penelitian Abdul Ghefurulloh dan Mohammad Mirwan pada tahun 2021 tentang “Perencanaan Jalur Pengangkutan Sampah Kota Bangkalan Dengan Model Dinamis”. Model dinamis dapat merencanakan kebutuhan ritasi dan jumlah armada untuk 10 tahun mendatang. Hasil olah data yang didapat pada tahun 2029 dibutuhkan jumlah armada pengangkutan sebanyak 18 unit serta kebutuhan ritasi ialah sebanyak 40 ritasi, dengan total timbulan sampah sebesar 302,76 m³ (Ghefurulloh, 2021)
5. Penelitian Aura Maulidah dan Mohamad Mirwan pada tahun 2022 tentang “Perencanaan Sistem Pengangkutan Sampah dengan Metode Dinamis di UPTD Tumpang”. Kesimpulan dari pengolahan data metode dinamis dengan aplikasi software Stella menyatakan bahwa kebutuhan armada dan kebutuhan ritasi saat rute eksisting terdapat perbedaan. Data eksisting tahun 2022 armada pengangkutan yang melayani UPTD Tumpang sebanyak 10 armada. Armada tersebut meliputi *Dump Truck*, *arm roll truck* dan *compactor truck*. Namun, terlihat dari hasil running menunjukkan hal yang berbeda. UPTD Tumpang membutuhkan 11 armada pengangkutan sampah. Sehingga terdapat kebutuhan tambahan untuk armada pengangkutan sampah dikarenakan jumlah timbulan sampah yang bertambah setiap tahunnya. Berbanding terbalik dengan kebutuhan ritasi, yang mana pada data eksisting kebutuhan ritasi tahun 2022 sejumlah 38 ritasi. Sedangkan data hasil running kebutuhan ritasi tahun 2022 sejumlah 36 ritasi. Hal tersebut dikarenakan penambahan armada mempengaruhi kebutuhan ritasi (Maulidah dan Mirwan, 2022)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari bulan Januari 2023 sampai April 2023 yang dilaksanakan di Dinas Lingkungan Hidup Kota Langsa yang berlokasi di Jl. Prof. A Majid Ibrahim, Matang Seulimeng, Kec. Langsa Barat, Kota Langsa. Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir terletak di Gampong Pondok Keumuning, Kecamatan Langsa Lama, Kota Langsa yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Lokasi TPA Kota Langsa

3.2 Tahapan Penelitian

Tahap penelitian yang akan dilakukan yaitu:

- a. Pengembangan latar belakang penelitian.
- b. Merumuskan masalah yang akan dilakukan pada penelitian.
- c. Tujuan penelitian dibentuk sesuai dengan munculnya masalah saat ini.

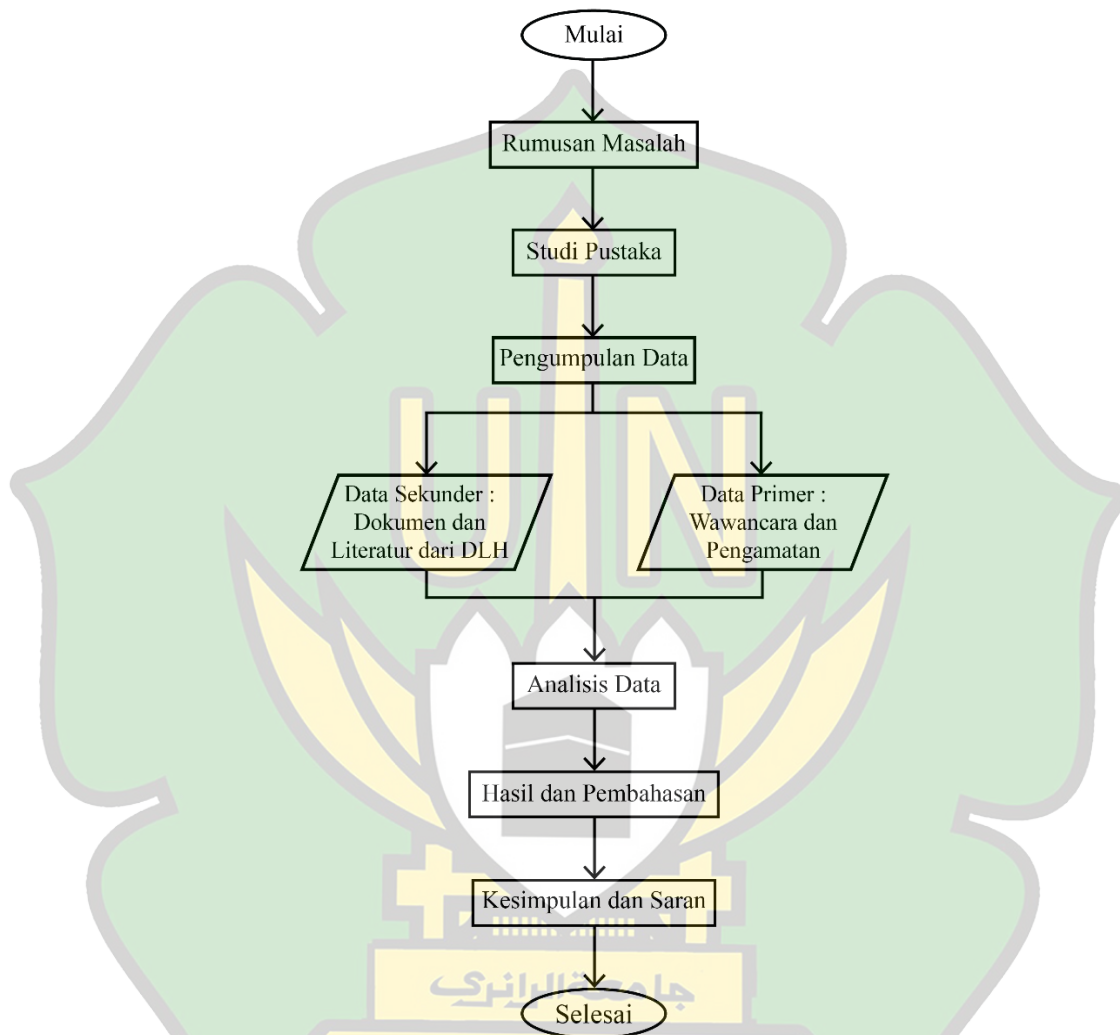
- d. Tinjauan Perilaku dan Literatur Tujuan dari tinjauan pustaka yang relevan adalah untuk mengidentifikasi komponen analisis aspek optimasi program pengangkutan sampah Langsa.
- e. Pengamatan awal untuk menghasilkan data sekunder untuk fasilitas limbah melalui analisis rute pengiriman limbah.
- f. Mengumpulkan data-data penting untuk mendapatkan koordinasi TPS/LPS di lapangan, pengetahuan status sarana dan prasarana, dan data jalan di Kota Langsa, serta wawancara dengan pengelola tentang hal-hal yang dijadikan bahan observasi dan evaluasi.
- g. Pengelolaan data penelitian awal untuk menganalisis aspek teknis perencanaan pembuangan sampah.
- h. Menganalisis dana optimasi rute pengangkutan sampah.
- i. berbincang tentang pembahasan hasil dan evaluasi pada tahap awal.
- j. Menyusun kesimpulan dan rekomendasi penelitian sebagai hasil analisis penelitian skema/program penampung sampah Kota Langsa.

3.3 Jenis Penelitian

Jenis penelitian termasuk kedalam eksploratif dan kuantitatif. Eksplorasi digunakan untuk memahami dan menangkap keadaan pasokan limbah saat ini. Kondisi distribusi sampah saat ini, yang memerlukan penelitian eksploratif, melibatkan perolehan data penting melalui observasi, pengumpulan data, serta wawancara. Sedangkan kuantitatif dilakukan untuk mengolah dan menganalisis data sekunder, dalam hal ini, studi kuantitatif diperlukan untuk mendapatkan kondisi yang baik untuk pemborosan dan transfer waktu serta biaya teknis.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Untuk metode pendahuluan akan dilakukan observasi lapangan mengenai rute pengangkutan serta jumlah armada yang dikerahkan dan waktu yang dihabiskan dalam satu trip pengangkutan. Ketika sudah dilakukan observasi dan didapatkan data, maka langkah selanjutnya akan dilakukan pengaplikasian dari metode *Dynamic Programing* untuk mendapatkan rute yang efisien dan optimal.

3.5 Metode Pengumpulan Data

3.5.1 Penelusuran Literatur

Penelusuran kepustakaan dilakukan untuk mendapatkan landasan teori yang dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan penelitian dari awal hingga akhir periode penelitian, antara lain:

- a. Aspek teknis
 - Pengelolaan sampah sesuai SNI yang terkait tentang pengelolaan sampah.
 - Menghitung waktu pengumpulan sampah menurut model transportasi.
 - Optimasi rute dan rencana pengangkutan sampah menggunakan studi literatur.
- b. Aspek keuangan
 Aspek keuangan yang diperhatikan dalam penelitian ini berupa pembiayaan Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk armada pengangkutan sampah di Kota Langsa.

3.5.2 Pengumpulan Data Lapangan

Hal terpenting dari penelitian ini, data penting dikumpulkan melalui observasi dari lokasi penelitian dan wawancara langsung dengan Dinas Lingkungan Hidup Kota Langsa. Data terpenting yang diperoleh dengan metode observasi langsung, yaitu:

- a. Pengawasan langsung dengan objek yang ada pada sarana dan prasarana dengan pola transportasi.
- b. Lakukan analisis timbulan sampah yang ada di sepanjang lintasan dan waktu yang dibutuhkan truk untuk mengambil sampah tersebut. Data yang harus dikumpulkan:
 - 1.) Menganalisa waktu operasi pengangkutan sampah di TPS/LPS antara TPS/LPS sampai dengan TPA dikosongkan.
 - 2.) Menghitung waktu yang diperlukan untuk mengangkut dan jumlah rit yang dapat dilakukan per hari.

- 3.) Waktu observasi adalah waktu pengoperasian pada tempat yang dirancang sebagai TPS/LPS di setiap jalur pengamatan.
 - 4.) Parameter waktu yang direkam:
 - a. Jumlah waktu senggang TPS/LPS (U_c) untuk sistem SCS, container (P_c).
 - b. Jumlah waktu antar TPS/LPS/kontainer (dbc).
 - c. Waktu dari dana ke TPS/LPS pertama (t_1) dan kembali ke dana (t_2).
 - d. Waktu dari TPS/LPS terakhir ke TPA (h).
 - e. Rata-rata waktu pendaratan.
 - f. Rute Penyebab / Waktu Keberangkatan (W)
 - g. Kecepatan mobil (v)
 - 5.) Waktu tunggu bongkar muat sampah dari peti kemas kecil ke peti kemas TPS besar untuk diangkut dalam sistem peti kemas stasioner (SCS).
- c. Wawancara
- 1.) Petugas kebersihan, mereka adalah sopir truk. Topik utama wawancara meliputi:
 - a) Total jam operasional.
 - b) Pilihan waktu transportasi.
 - c) Kondisi jalur penyeberangan.
 - d) Larangan pengumpulan sampah di TPS.
 - e) Waktu untuk mengumpulkan semua sampah di area yang dilayani oleh masing-masing TPS.
 - f) Tingkatan pelayanan kesehatan dan gaji
 - 2.) Pihak yang menentukan keputusan Kota Langsa di bidang pengelolaan mobil.
 - 3.) Kepala tukang dan manajer bengkel tentang:
 - a.) Kemampuan mekanik, kemampuan menggunakan peralatan sehari-hari di tempat kerja.

- b.) Prosedur sebagai sarana pembuangan limbah yang digunakan dalam perawatan mobil yang rusak.

3.6 Variabel Penelitian

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

No	Diperlukan Keterangan Cara Pengumpulan	Diperlukan Keterangan Cara Pengumpulan	Diperlukan Keterangan Cara Pengumpulan
1	Aspek Teknis	SNI, Peraturan, Perhitungan waktu pengaturan, Optimalisasi dan penjadwalan rute	Studi Literatur
2	Aspek keuangan	Pembiayaan untuk BBM dalam pengangkutan sampah.	Studi Literatur
3	Kondisi pengangkutan sampah sarana dan prasarana	Jenis, jumlah dan kondisi pengangkutan sampah Armada dan penampung sampah TPS/LPS	Data Sekunder DKP Kota Langsa
4	Data sekunder	a. Data Penduduk. b. Lokasi TPS/LPS di Kota Langsa. c. Sampah Kota Langsa dan pembuatan data d. Data sarana dan prasarana pengiriman sampah. Jadwalkan truk untuk meninggalkan kolam, dan jadwalkan truk untuk masuk TPA	Studi Literatur, Data Sekunder dari berbagai Sumber
5	Pola Pengangkutan Eksisting	Rute TPS / LPS, standar, tarif transportasi	Wawancara dan Observasi
6	Harga BBM	Analisis biaya transportasi dan pengoperasian mobil	Wawancara dan Observasi
7.	Rute pengangkutan sampah dan titik pengangkutan yang diterapkan	Data rute pengangkutan dan titik pengangkutan sampah yang diterapkan dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Langsa	Wawancara
7	Klasifikasi Jalan Kota Langsa	Klasifikasi Jalan sesuai dengan Permen PU Nomor 19/PRT/M/2011	Studi Literatur (BPS)

8	Waktu Pengangkutan	Waktu proses transportasi sampah di TPS dan antar TPS sampai waktu pembongkaran ke TPA.	Wawancara dan Observasi Langsung
		Waktu yang dibutuhkan armada untuk menyelesaikan siklus transportasi.	Wawancara dan Observasi Langsung
		Waktu pengumpulan sampah dengan membandingkan jadwal pengiriman sampah saat ini.	Wawancara dan Observasi Langsung
		Faktor/waktu <i>off route</i> .	Wawancara dan Observasi
		Kecepatan Kendaraan Sampah.	Wawancara dan Observasi

3.7 Analisis dan Evaluasi

Salah satu proses pengumpulan data primer dan sekunder ini dihasilkan dari analisis dan evaluasi penelitian yang dilakukan. Aspek teknis dan biaya pengelolaan dan pengangkutan sampah ini adalah Analisis penelitian.

a. Aspek Teknis

Bagian teknis dilakukan dengan menganalisa keadaan sistem pengangkutan sampah saat ini dalam hal optimalisasi rute dan rencana pengangkutan sampah, yang didefinisikan sebagai berikut:

- Untuk setiap TPS/LPS, waktu pengumpulan dievaluasi menggunakan rumus. (2-1) dan (2-2) serta analisis jumlah perjalanan dan jadwal truk sampah dengan rumus (2-5) dan (2-6).
- Jika analisis menghitung hasil mengemudi dan sisa waktu pada rute, maka hasil yang diperoleh sejalan dengan pola lalu lintas yang perlu dikembangkan pada proses analisis selanjutnya.
- Optimalisasi dilakukan sesuai dengan persyaratan kuantitas dan kuantitas

b. Aspek Pembiayaan

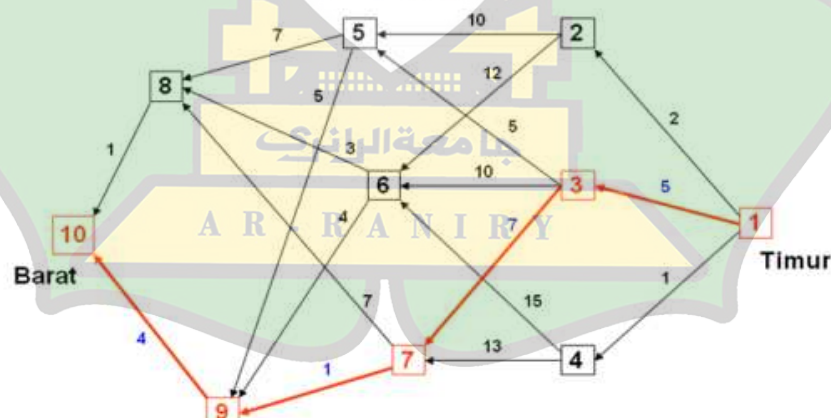
Analisis keuangan tersebut disertai dengan Instruksi pengoperasian dan perawatan prasarana peralatan persampahan, SNI 3242-2008 yang membahas Pengelolaan Sampah Rumah Tangga. Saat menghitung biaya, biaya operasi dan

pemeliharaan pengumpulan sampah diperhitungkan. Analisis tersebut didasarkan pada biaya yang dikeluarkan oleh pemerintah, biaya yang dikeluarkan untuk meningkatkan jumlah perjalanan dan waktu pengangkutan sampah yang lebih efisien serta efisiensi rute.

3.8 Karakteristik Penyelesaian Persoalan Dengan *Dynamic Programming*

Langkah-langkah dalam menyelesaikan persoalan *Dynamic Programming* terbagi menjadi 4 tahapan yaitu:

1. Melakukan observasi lapangan dengan mengikuti armada yang sedang melakukan operasi di lapangan dan juga melakukan wawancara dengan petugas yang terkait.
2. Memecah permasalahan asli menjadi bagian permasalahan yang juga disebut sebagai tahapan dengan aturan keputusan pada setiap tahapan berdasarkan fungsi n .
3. Memecah tahapan terakhir dari permasalahan dengan semua kondisi dan keadaan yang memungkinkan.
4. Solusi optimal dari permasalahan didapatkan jika semua tahap sudah terpecahkan (Karundeng dkk., 2021)



Gambar 3. 2 Penyelesaian kasus logaritma *Dynamic Programming*

Keterangan :

- a. Kotak yang berisikan angka menunjukkan titik yang akan dilalui oleh kendaraan;

- b. Garis hitam adalah garis yang menunjukkan jalur yang akan ditempuh dari satu titik ke titik selanjutnya;
- c. Angka disebelah garis hitam adalah jarak dari titik satu ke titik selanjutnya;
- d. Garis yang berwarna orange adalah jalur yang dipilih setelah dilakukannya metode *Dynamic Programing*.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Permasalahan Pengangkutan Sampah Kota Langsa

Kota Langsa memiliki teknik operasional pengelolaan sampah yang berupa pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, transfer depo, pengolahan, dan pembuangan akhir sampah. Kegiatan operasional tersebut dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Langsa. Dalam penerapan pengangkutan dan pengolahan sampah Dinas Lingkungan Hidup Kota Langsa sudah cukup baik.

Permasalahan yang terjadi di Kota Langsa pada saat ini adalah jumlah armada yang terbatas dan kapasitas muatan armada yang masih kurang memadai. Armada yang operasionalnya masih berlanjut hingga sekarang ada 10 armada. Namun beberapa armada tidak memenuhi persyaratan dalam operasionalnya sehingga beberapa armada tersebut tidak dijalankan. Armada yang tidak beroperasi menyebabkan pengangkutan sampah yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Langsa menuju TPA menjadi terhambat. Terhambatnya dari segi armada ini menyebabkan pengangkutan menjadi tidak maksimal sehingga perlunya dilakukan penelitian tentang “Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Di Kota Langsa.” untuk menciptakan rute yang lebih efisien dengan kemampuan armada yang ada di DLHK Kota Langsa.

Syarat perencanaan sarana pengangkutan sampah skala kota adalah sebagai berikut:

1. Sampah harus tertutup selama pengangkutan, agar sampah tidak berceceran di jalan.
2. Tinggi bak sampah maksimum 1,6 meter
3. Tidak bocor, agar lindi tidak bececeran selama pengangkutan
4. Disesuaikan dengan kondisi jalan yang dilalui
5. Disesuaikan dengan kemampuan dan teknik pemeliharaan.

Selain persyaratan diatas ada juga faktor yang digunakan menentukan efisiensi armada pengangkutan sampah:

1. Usia teknis peralatan 5 – 7 tahun.

2. Jarak tempuh (15 – 45 km)
3. Volume muatan sampah (kapasitas truck)
4. Ritasi pengangkutan sampah (1-2 rit untuk jarak < 20 km dan 2-3 rit untuk jarak >20 km)

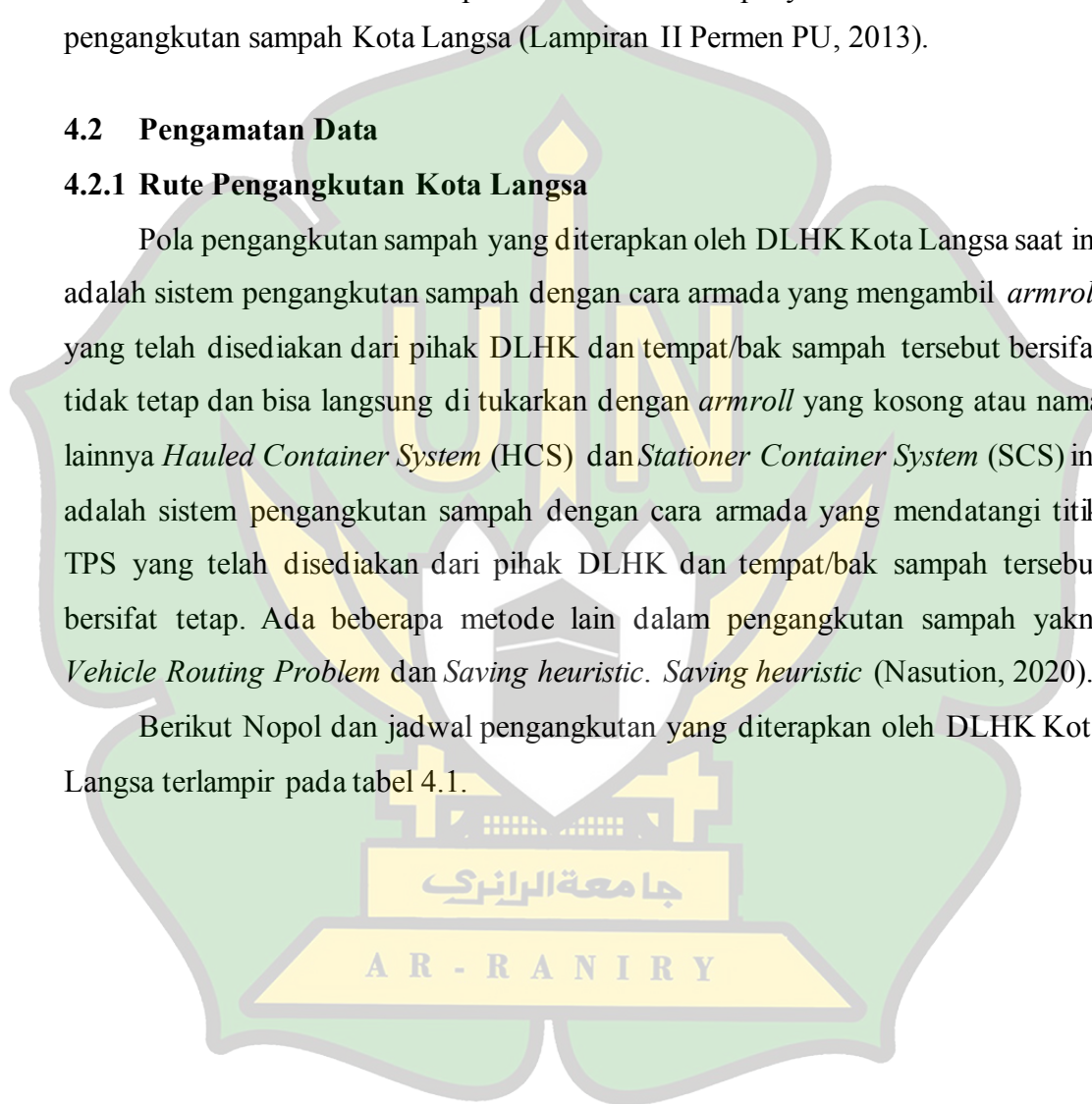
Faktor – faktor diatas dapat membantu untuk penyelesaian masalah sistem pengangkutan sampah Kota Langsa (Lampiran II Permen PU, 2013).

4.2 Pengamatan Data

4.2.1 Rute Pengangkutan Kota Langsa

Pola pengangkutan sampah yang diterapkan oleh DLHK Kota Langsa saat ini adalah sistem pengangkutan sampah dengan cara armada yang mengambil *armroll* yang telah disediakan dari pihak DLHK dan tempat/bak sampah tersebut bersifat tidak tetap dan bisa langsung di tukarkan dengan *armroll* yang kosong atau nama lainnya *Hauled Container System* (HCS) dan *Stationer Container System* (SCS) ini adalah sistem pengangkutan sampah dengan cara armada yang mendatangi titik TPS yang telah disediakan dari pihak DLHK dan tempat/bak sampah tersebut bersifat tetap. Ada beberapa metode lain dalam pengangkutan sampah yakni *Vehicle Routing Problem* dan *Saving heuristic*. *Saving heuristic* (Nasution, 2020).

Berikut Nopol dan jadwal pengangkutan yang diterapkan oleh DLHK Kota Langsa terlampir pada tabel 4.1.



Tabel 4. 1 Nopol dan Jadwal Pengangkutan Sampah DLHK Kota Langsa

No.	Jam Operasional	No.Kendaraan	Jenis Kendaraan
1.	07.00 WIB	BL 8063 F	<i>Dump Truck</i>
2.	07.00 WIB	BL 8065 F	<i>Dump Truck</i>
3.	07.00 WIB	BL 8074 F	<i>Dump Truck</i>
4.	07.00 WIB	BL 8461 JT	<i>Dump Truck</i>
5.	07.00 WIB	BL 8050 F	<i>Dump Truck</i>
6.	07.00 WIB	BL 8062 F	<i>Dump Truck</i>
7.	07.00 WIB	BL 8051 F	<i>Dump Truck</i>
8.	07.00 WIB	BL 8047 F	<i>Dump Truck</i>
9.	07.00 WIB	BL 8064 F	<i>Dump Truck</i>
10.	07.00 WIB	BL 8052 F	<i>Dump Truck</i>
11.	19.00 WIB	BL 8063 F	<i>Dump Truck</i>
12.	19.00 WIB	BL 8065 F	<i>Dump Truck</i>
13.	19.00 WIB	BL 8074 F	<i>Dump Truck</i>

(Sumber: DLHK Kota Langsa)



Rute yang diteliti hanya 6 rute dari 13 armada yang tertera di table 4.1, adapun rute *dump-truck* Dinas Lingkungan Hidup Kota Langsa yang diteliti tertera pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Rute dan Jadwal Pengangkutan Sampah DLHK Kota Langsa

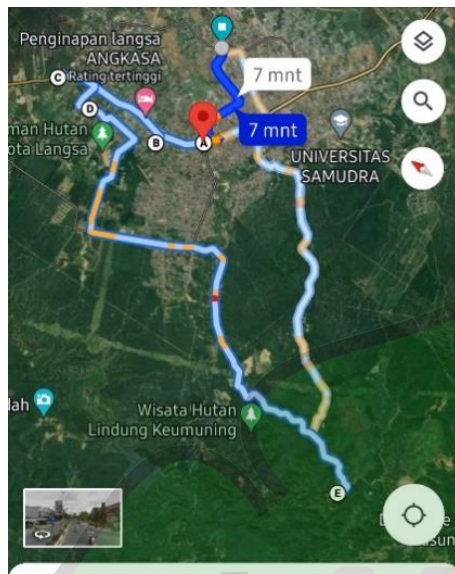
No.	Jam Operasional	No Kendaraan	Jenis Kendaraan	Nama Jalan yang dilalui
1.	07.00 WIB	BL 8063 F	<i>Dump-truck</i>	Kantor – Jl. Masjid Ibrahim – Jl. Sudirman – Jl. Syiah Kuala – Sp. A.Yani
2.	07.00 WIB	BL 8065 F	<i>Dump-truck</i>	Kantor - Jl. Iskandar Muda - Jl.Pajak Pisang - Pabrik Es – Jl. Depan LATOS - T.Umar – Jl. Iskandar sani
3.	07.00 WIB	BL 8461 JT	<i>Dump-truck</i>	Kantor – Jl. Masjid Ibrahim – Sp. Komodor – Jl. A.Yani
4.	07.00 WIB	BL 8050 F	<i>Dump-truck</i>	Kantor – Jl. A.Yani – Sp. Bungong Seulanga – Sp. RSUD – Jl. Panglima Polem – Jl. Kp. Jawa Belakang - Jl. Lilawangsa
5.	07.00 WIB	BL 8062 F	<i>Dump-truck</i>	Kantor - Simpang Tk Bungong Seulanga - Tugu Lantas - Balik Simpang Polres - Simpang Jl. Lilawangsa
6.	07.00 WIB	BL 8051 F	<i>Dump-truck</i>	Kantor – Sp. Jl Lilawangsa – Sp. Komodor - Perumnas Paya Dalam

(Sumber : DLHK Kota Langsa,2023)

Data yang didapat dari data primer dan data sekunder dari DLHK Kota Langsa. Rata – rata jarak tempuh yang diemban oleh tiap armada ialah ± 30 km, jarak tersebut sudah termasuk rit yang dilakukan oleh tiap armada sesuai dengan beban sampah yang diangkut.

Pengolahan data untuk mendapat hasil tingkat penambahan dan pengurangan juga rata – rata jarak tempuh sudah didapatkan dengan mengikuti rute secara langsung dengan menggunakan google maps dan titik koordinat selanjutnya ialah menyesuaikan dengan persamaan rumus yang ada dan ditetapkan khusus untuk sarana pengangkutan sampah. Persamaan rumus tersebut disesuaikan dengan data dan kondisi sesungguhnya saat ini di Kota Langsa.

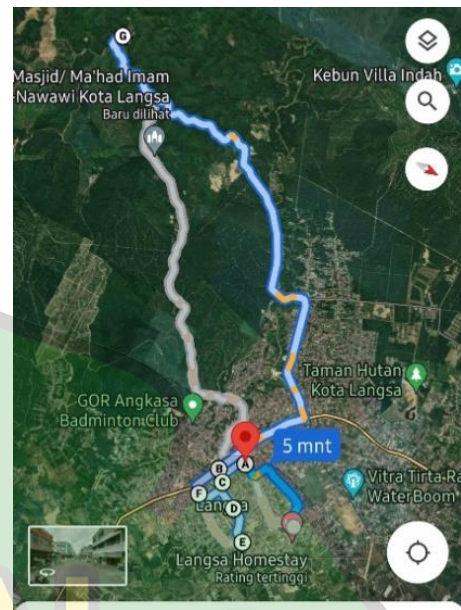




45 mnt (20 km)

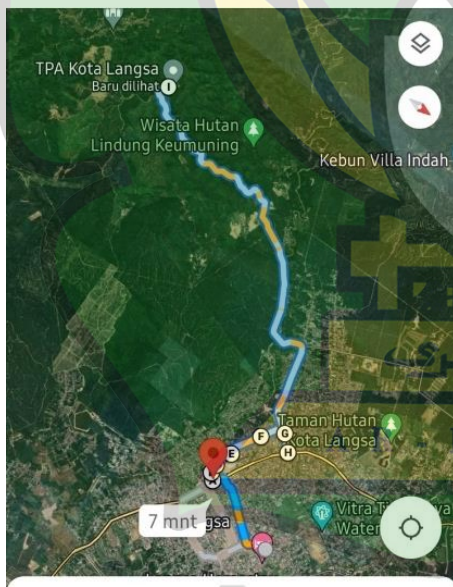
Rute tercepat saat ini sesuai kondisi lalu lintas

Gambar 4. 3 Rute dump-truck
BL 8051 F



37 mnt (17 km)

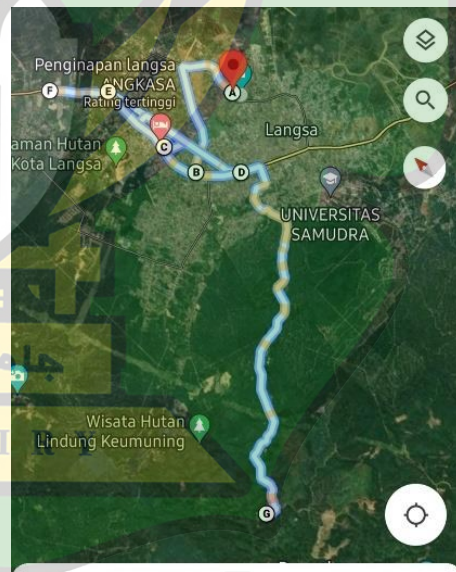
Gambar 4. 4 Rute dump-truck
BL 8065 F



31 mnt (14 km)

Rute tercepat saat ini sesuai kondisi lalu lintas

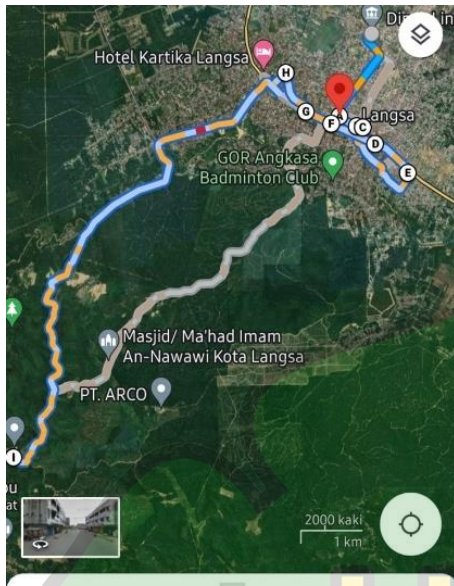
Gambar 4. 2 Rute dump-truck
BL 8062 F



56 mnt (27 km)

Rute tercepat saat ini sesuai kondisi lalu lintas

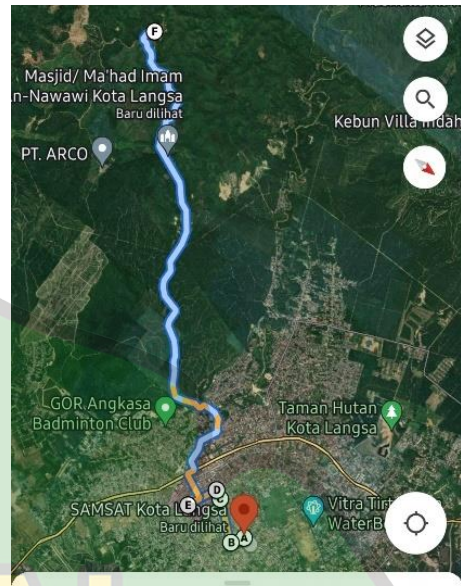
Gambar 4. 1 Rute dump-truck
BL 8063 F



43 mnt (18 km)

Rute tercepat saat ini sesuai kondisi lalu lintas

Gambar 4. 6 Rute dump-truck
BL 8050 F



26 mnt (12 km)

Rute tercepat saat ini sesuai kondisi lalu lintas

Gambar 4. 5 Rute dump-truck
BL 8461 JT

4.2.2 Biaya Bahan Bakar Minyak (BBM)

Bahan bakar yang disediakan setiap shiftnya untuk *Dump Truck* adalah 10 liter bio solar non-subsidi, sehingga jika dirupiahkan dengan asumsi harga bio-solar pada Mei 2023 di Kota Langsa Rp.5.150/liter, maka setiap *shift* armada yang melakukan operasional menghabiskan sebesar Rp.51.500/shift. DLHK Kota Langsa menerapkan dalam sehari ada 3 *shift* maka yang akan dihabiskan dalam sehari adalah 30 liter, apabila dirupiahkan maka menjadi Rp.154.500/hari. DLHK Kota Langsa melakukan pengisian BBM armadanya dalam seminggu sekali dengan pengisian BBM 60 liter/Minggu jika dirupiahkan maka harga yang dikeluarkan dalam 1 minggu menjadi Rp.1.081.500/minggu/armada. Sehingga pengeluaran DLHK Kota Langsa untuk BBM dengan total armada yang aktif sebanyak 13 armada berjumlah Rp.14.059.500/minggu.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Efisiensi Rute Pengangkutan Sampah menggunakan Metode *Dynamic Programing*

Pengolahan data untuk mengetahui efisiensi armada pengangkutan sampah menggunakan faktor yang mempengaruhi efisiensi armada dengan beberapa perumusan masalah dan solusinya.

Data – data yang diperlukan untuk pendukung penelitian, antara lain:

1. Data armada pengangkutan sampah
2. Data jalur yang dilalui
3. Data jarak tempuh armada pengangkutan sampah

Untuk mendapatkan sistem pengangkutan yang efektif dan efisien maka operasional pengangkutan sampah sebaiknya menggunakan rute pengangkutan yang sependek mungkin dan dengan hambatan yang sekecil mungkin, serta menggunakan kendaraan angkut dengan kapasitas angkut semaksimal mungkin juga didukung dengan kendaraan yang hemat bahan bakar.

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yaitu dengan membuat model perhitungan secara manual untuk mengetahui seberapa optimal rute yang sudah ada, dimana metode ini digunakan untuk mendapatkan gambar atau model konseptual pada rute pengangkutan sampah di Kota Langsa.

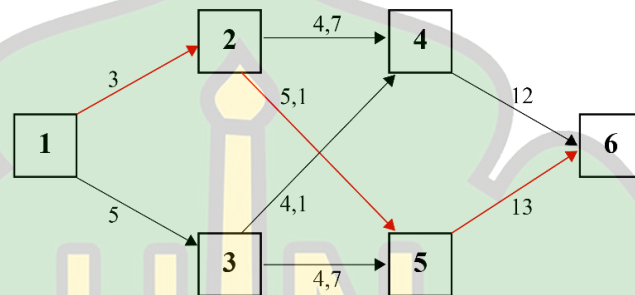
Penelitian deskripsi dengan menggunakan analisa kualitatif dan kuantitatif bertujuan untuk menjelaskan suatu masalah dengan teknik perhitungan matematik. Teknik pengolahan dan analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode *Dynamic Programing*.

Untuk rute saat ini yang diterapkan oleh DLHK Kota Langsa terdapat masalah jumlah tumpukan sampah pada daerah pelayanan dan jarak yang jauh sehingga tidak memungkinkan armada terus memuat sampah dikarenakan kapasitas muatan *Dump Truck* yaitu sebesar 6 m³. Oleh sebab itu perlu dilakukan penataan rute yang lebih optimal agar dapat memenuhi pengangkutan sampah. Berdasarkan penelitian di lapangan, diketahui bahwa jam operasi untuk *Dump Truck* dari 06.00-09.00 WIB. Berdasarkan permasalahan itulah maka perlu dilakukan optimalisasi rute pengangkutan sampah di Kota Langsa yang dalam penelitian ini dibatasi hanya

6 *Dump Truck* (dari 12 *Dump Truck* yang beroperasi di Kota Langsa) dengan alasan dari 12 *Dump Truck* ini rute yang banyak melalui jalur kota,sekolah,dan perkantoran adalah 6 *Dump Truck* yang dipilih.

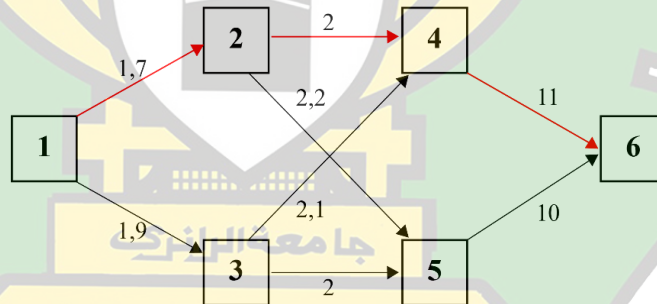
a. Jarak Sebelum Menggunakan Metode *Dynamic Programing*

- ***Dump Truck* (BL 8051 F)**



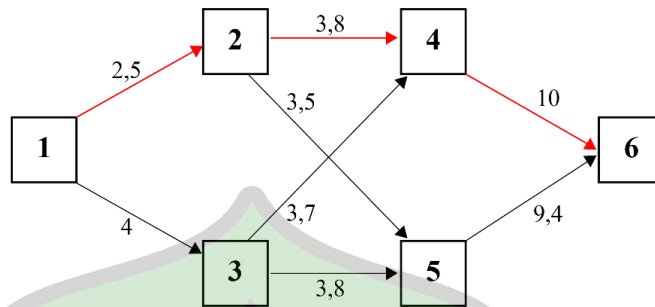
Armada Pengangkutan dengan nomor Polisi BL 8051 F melewati rute Jl. A. Yani-Jl.Perumnas-Jl. Medan Banda Aceh-TPA Kota Langsa, dengan jam pelayanan dari pukul 06.00-09.00 WIB.

- ***Dump Truck* (BL 8065 F)**



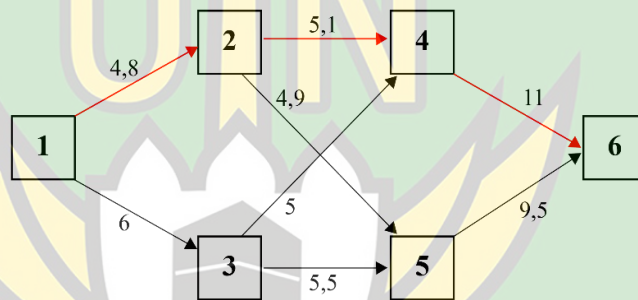
Armada Pengangkutan dengan nomor Polisi BL 8065 F melewati rute Jl. Iskandar Muda-Jl.Rel Kereta Api-Jl.Iskandar Sani-Jl. H. Agus Salim-TPA Kota Langsa, dengan jam pelayanan dari pukul 06.00-09.00 WIB.

- **Dump Truck (BL 8050 F)**



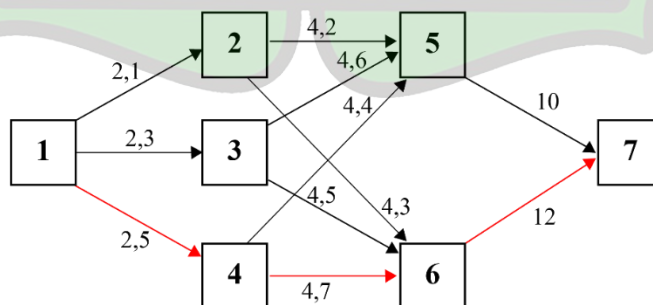
Armada Pengangkutan dengan nomor Polisi BL 8050 F melewati rute Jl. A. Yani-Jl.Panglima Polem-Jl. Lilawangsa-TPA Kota Langsa, dengan jam pelayanan dari pukul 06.00-09.00 WIB.

- **Dump Truck (BL 8461 JT)**



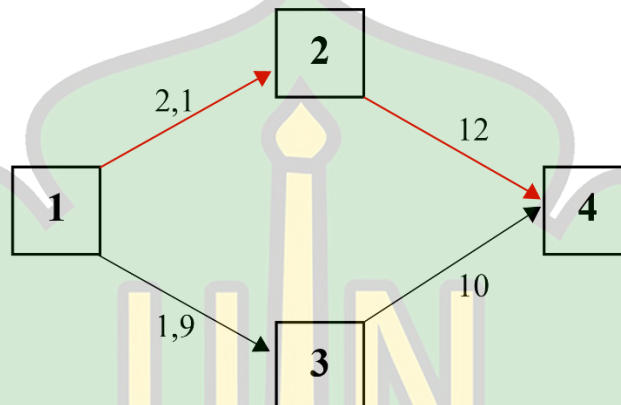
Armada Pengangkutan dengan nomor Polisi BL 8461 JT melewati rute Jl. Prof. A Majid Ibrahim-Jl. TM. Bahrum-Jl. A. Yani-Jl. Medan Banda Aceh-TPA Kota Langsa, dengan jam pelayanan dari pukul 06.00-09.00 WIB.

- **Dump Truck (BL 8062 F)**



Armada Pengangkutan dengan nomor Polisi BL 8062 F melewati rute Jl. Sudirman-Jl. Veteran-Jl. A.Yani-Jl. Syiah Kuala-TPA Kota Langsa, dengan jam pelayanan dari pukul 06.00-09.00 WIB.

- **Dump Truck (BL 8063 F)**



Armada Pengangkutan dengan nomor Polisi BL 8063 F melewati rute Jl. Prof. A Majid Ibrahim-Jl. Jendral Sudirman-Jl.Syiah Kuala-TPA Kota Langsa, dengan jam pelayanan dari pukul 06.00-09.00 WIB.

b. Perhitungan Menggunakan Metode *Dynamic Programing*

Dalam perhitungan menggunakan *dynamic programming* ini, proses bergerak maju, dengan hasil optimal ditentukan dari tahap 1 dan berakhir pada tahap n.

Berikut akan dihitung jarak yang lebih efisien dengan menggunakan metode *dynamic programming*:

- **Dump Truck (BL 8051 F)**

Tahap ke-1:

- Jarak titik 1 ke titik 2 = 3
- Jarak titik 1 ke titik 3 = 5

Tahap Ke-2:

Pada tahap ini terdapat 2 titik berbeda yaitu 4 dan 5. Jadi dapat dilakukan pencarian jarak terpendek dengan solusi optimal pada tahap ke-1.

- Dari titik 1 ke titik 4

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 4}) &= \min_{i,2,3} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 4})\} \\
 &= \min_{i,2,3} \{3 + 4,7 = 7,7\} \\
 &\quad \{5 + 4,1 = 9,1\} \\
 &= 7,7 \text{ Km (dari titik 2)}
 \end{aligned}$$

- Dari titik 1 ke titik 5

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 5}) &= \min_{i,2,3} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 5})\} \\
 &= \min_{i,2,3} \{3 + 5,1 = 8,7\} \\
 &\quad \{5 + 4,7 = 9,7\} \\
 &= 8,1 \text{ Km (dari titik 2)}
 \end{aligned}$$

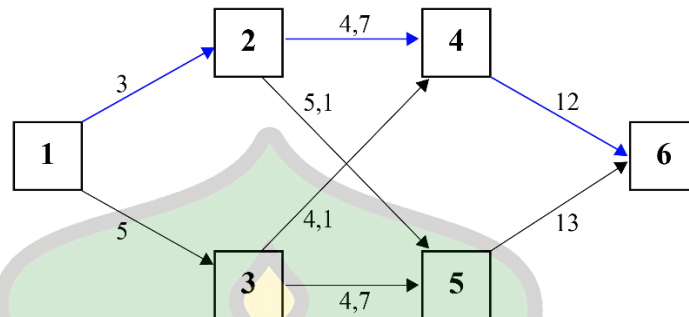
Sehingga jarak terpendek dari titik 1 ke titik 4 = 7,7Km dan jarak terpendek dari titik 1 ke titik 5 = 8,1 Km.

Tahap Ke-3:

Pada gambar dapat kita lihat titik terakhir adalah titik 6 dapat dicapai melalui titik 4 dan 5 dengan cara yang sama pada tahap ke-2

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 6}) &= \min_{i,4,5} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 6})\} \\
 &= \min_{i,4,5} \{7,7 + 12 = 19,7\} \\
 &\quad \{8,1 + 13 = 21,1\} \\
 &= 19,7 \text{ Km (dari titik 4)}
 \end{aligned}$$

Dari 3 tahapan dapat disimpulkan bahwa rute terpendek yang dapat dilalui dari titik 1 ke titik 6 adalah 1-2-4-6.



- **Dump Truck (BL 8065 F)**

Tahap ke-1:

- Jarak titik 1 ke titik 2 = 1,7
- Jarak titik 1 ke titik 3 = 1,9

Tahap Ke-2:

Pada tahap ini terdapat 2 titik berbeda yaitu 4 dan 5. Jadi dapat dilakukan pencarian jarak terpendek dengan solusi optimal pada tahap ke-1.

- Dari titik 1 ke titik 4

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 4}) &= \min_{i,2,3} \{ (\text{jarak terpendek ke titik } i) + (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 4}) \} \\
 &= \min_{i,2,3} \left\{ \begin{array}{l} 1,7 + 2 = 3,7 \\ 1,9 + 2,2 = 4,1 \end{array} \right\} \\
 &= 3,7 \text{ Km (dari titik 2)}
 \end{aligned}$$

- Dari titik 1 ke titik 5

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 5}) &= \min_{i,2,3} \{ (\text{jarak terpendek ke titik } i) + (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 5}) \} \\
 &= \min_{i,2,3} \left\{ \begin{array}{l} 1,7 + 2,1 = 3,8 \\ 1,9 + 2 = 3,9 \end{array} \right\} \\
 &= 3,8 \text{ Km (dari titik 2)}
 \end{aligned}$$

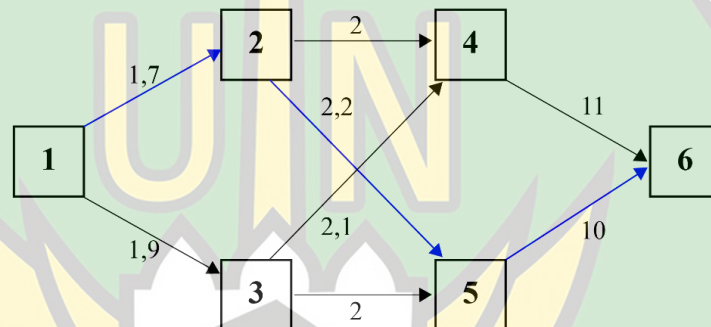
Sehingga jarak terpendek dari titik 1 ke titik 4 = 3,7Km dan jarak terpendek dari titik 1 ke titik 5 = 3,8 Km.

Tahap Ke-3:

Pada gambar dapat kita lihat titik terakhir adalah titik 6 dapat dicapai melalui titik 4 dan 5 dengan cara yang sama pada tahap ke-2

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 6}) &= \min_{i,4,5} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 6})\} \\
 &= \min_{i,4,5} \begin{cases} 3,7 + 11 = 14,7 \\ 3,8 + 10 = 13,8 \end{cases} \\
 &= 13,8 \text{ Km (dari titik 5)}
 \end{aligned}$$

Dari 3 tahapan dapat disimpulkan bahwa rute terpendek yang dapat dilalui dari titik 1 ke titik 6 adalah 1-2-5-6.



- **Dump Truck (BL 8050 F)**

Tahap ke-1:

- Jarak titik 1 ke titik 2 = 2,5
- Jarak titik 1 ke titik 3 = 4

Tahap Ke-2:

Pada tahap ini terdapat 2 titik berbeda yaitu 4 dan 5. Jadi dapat dilakukan pencarian jarak terpendek dengan solusi optimal pada tahap ke-1.

- Dari titik 1 ke titik 4

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 4}) &= \min_{i,2,3} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 4})\} \\
 &= \min_{i,2,3} \begin{cases} 2,5 + 3,8 = 6,3 \\ 4 + 3,7 = 7,7 \end{cases} \\
 &= 6,3 \text{ Km (dari titik 2)}
 \end{aligned}$$

- Dari titik 1 ke titik 5

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 5}) &= \min_{i,2,3} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 5})\} \\
 &= \min_{i,2,3} \begin{cases} 2,5 + 3,5 = 6 \\ 4 + 3,8 = 7,8 \end{cases} \\
 &= 6 \text{ Km (dari titik 2)}
 \end{aligned}$$

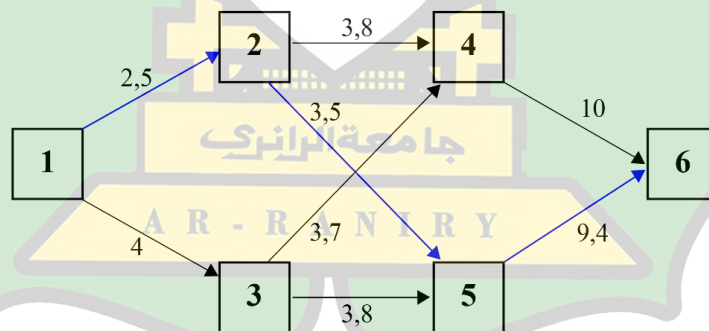
Sehingga jarak terpendek dari titik 1 ke titik 4 = 6,3 Km dan jarak terpendek dari titik 1 ke titik 5 = 6 Km.

Tahap Ke-3:

Pada gambar dapat kita lihat titik terakhir adalah titik 6 dapat dicapai melalui titik 4 dan 5 dengan cara yang sama pada tahap ke-2

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 6}) &= \min_{i,4,5} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 6})\} \\
 &= \min_{i,4,5} \begin{cases} 6,3 + 11 = 16,3 \\ 6 + 9,4 = 15,4 \end{cases} \\
 &= 15,4 \text{ Km (dari titik 5)}
 \end{aligned}$$

Dari 3 tahapan dapat disimpulkan bahwa rute terpendek yang dapat dilalui dari titik 1 ke titik 6 adalah 1-2-5-6.



- **Dump Truck (BL 8461 JT)**

Tahap ke-1:

- Jarak titik 1 ke titik 2 = 4,8 Km
- Jarak titik 1 ke titik 3 = 6 Km
-

Tahap Ke-2:

Pada tahap ini terdapat 2 titik berbeda yaitu 4 dan 5. Jadi dapat dilakukan pencarian jarak terpendek dengan solusi optimal pada tahap ke-1.

- Dari titik 1 ke titik 4

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 4}) &= \min_{i,2,3} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 4})\} \\
 &= \min_{i,2,3} \begin{cases} 4,8 + 5,1 = 9,9 \\ 6 + 5 = 11 \end{cases} \\
 &= 9,9 \text{ Km (dari titik 2)}
 \end{aligned}$$

- Dari titik 1 ke titik 5

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 5}) &= \min_{i,2,3} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 5})\} \\
 &= \min_{i,2,3} \begin{cases} 4,8 + 4,9 = 9,7 \\ 6 + 5,5 = 11,5 \end{cases} \\
 &= 9,7 \text{ Km (dari titik 2)}
 \end{aligned}$$

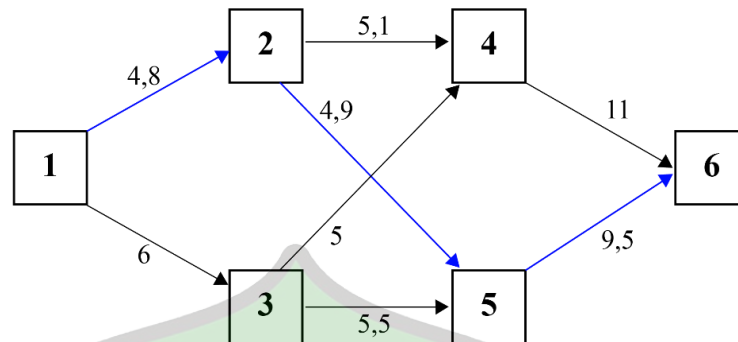
Sehingga jarak terpendek dari titik 1 ke titik 4 = 9,9 Km dan jarak terpendek dari titik 1 ke titik 5 = 9,7 Km.

Tahap Ke-3:

Pada gambar dapat kita lihat titik terakhir adalah titik 6 dapat dicapai melalui titik 4 dan 5 dengan cara yang sama pada tahap ke-2

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 6}) &= \min_{i,4,5} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 6})\} \\
 &= \min_{i,4,5} \begin{cases} 9,9 + 11 = 20,9 \\ 9,7 + 9,5 = 19,2 \end{cases} \\
 &= 19,2 \text{ Km (dari titik 5)}
 \end{aligned}$$

Dari 3 tahapan dapat disimpulkan bahwa rute terpendek yang dapat dilalui dari titik 1 ke titik 6 adalah 1-2-5-6.



• **Dump Truck (BL 8062 F)**

Tahap ke-1:

- Jarak titik 1 ke titik 2 = 2,1
- Jarak titik 1 ke titik 3 = 2,3
- Jarak titik 1 ke titik 4 = 2,5

Tahap Ke-2:

Pada tahap ini terdapat 2 titik berbeda yaitu 5 dan 6. Jadi dapat dilakukan pencarian jarak terpendek dengan solusi optimal pada tahap ke-1.

- Dari titik 1 ke titik 5

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 5}) &= \min_{i,2,3,4} \{ (\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 5}) \} \\
 &= \min_{i,2,3,4} \begin{cases} 2,1 + 4,2 = 6,3 \\ 2,3 + 4,6 = 6,9 \\ 2,5 + 4,4 = 6,9 \end{cases} \\
 &= 6,3 \text{ Km (dari titik 2)}
 \end{aligned}$$

- Dari titik 1 ke titik 6

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik 6}) &= \min_{i,2,3,4} \{ (\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik 6}) \} \\
 &= \min_{i,2,3,4} \begin{cases} 2,1 + 4,3 = 6,4 \\ 2,3 + 4,5 = 6,8 \\ 2,5 + 4,7 = 7,2 \end{cases} \\
 &= 6,4 \text{ Km (dari titik 2)}
 \end{aligned}$$

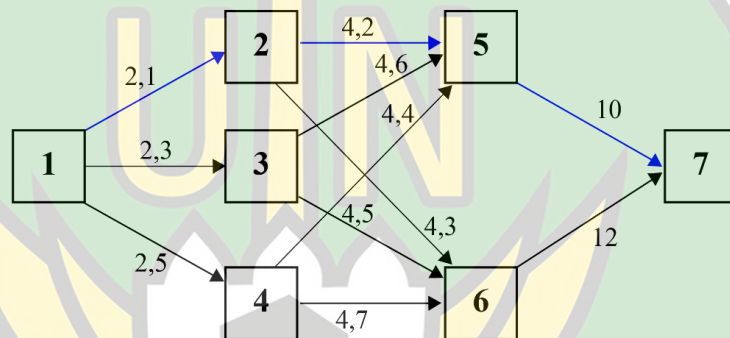
Sehingga jarak terpendek dari titik 1 ke titik 5 = 6,3 Km dan jarak terpendek dari titik 1 ke titik 6 = 6,4 Km.

Tahap Ke-3:

Pada gambar dapat kita lihat titik terakhir adalah titik 7 dapat dicapai melalui titik 5 dan 6 dengan cara yang sama pada tahap ke-2

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik } 7) &= \min_{i,5,6} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik } 7)\} \\
 &= \min_{i,5,6} \{6,3 + 10 = 16,3\} \\
 &\quad \{6,4 + 12 = 18,4\} \\
 &= 16,3 \text{ Km (dari titik 5)}
 \end{aligned}$$

Dari 3 tahapan dapat disimpulkan bahwa rute terpendek yang dapat dilalui dari titik 1 ke titik 6 adalah 1-2-5-7.



- **Dump Truck (BL 8063 F)**

Tahap ke-1:

- Jarak titik 1 ke titik 2 = 2,1 Km
- Jarak titik 1 ke titik 3 = 1,9 Km

Tahap Ke-2:

Pada tahap ini terdapat 2 titik berbeda yaitu 4 dan 5. Jadi dapat dilakukan pencarian jarak terpendek dengan solusi optimal pada tahap ke-1.

- Dari titik 1 ke titik 4

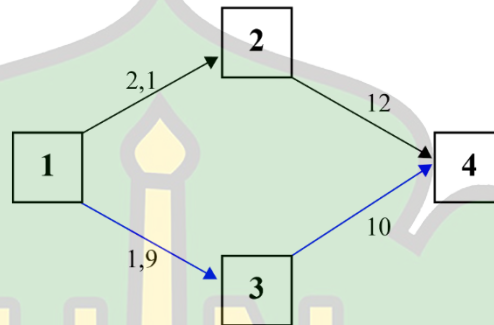
Pada gambar dapat kita lihat titik terakhir adalah titik 4 dapat dicapai melalui titik 1 dan 2.

$$\begin{aligned}
 (\text{Jarak terpendek ke titik } 4) &= \min_{i,2,3} \{(\text{jarak terpendek ke titik } i) + \\
 &\quad (\text{jarak terpendek dari titik } i \text{ ke titik } 4)\}
 \end{aligned}$$

$$= \min_{i,2,3} \begin{cases} 2,1 + 12 = 14,1 \\ 1,9 + 10 = 11,9 \end{cases}$$

$$= 11,9 \text{ Km (dari titik 3)}$$

Dari 2 tahapan dapat disimpulkan bahwa rute terpendek yang dapat dilalui dari titik 1 ke titik 4 adalah 1-3-4.



Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan terjadi penumpukan sampah yang berkaitan dengan keterbatasan jumlah *Dump Truck* dan biaya yang tersedia untuk bahan bakar, serta rute pengangkutan yang kurang optimal. Penentuan jarak pada penelitian ini menggunakan Google Maps dengan tetap memperhatikan pada jarak sebenarnya yang diperoleh manual menggunakan *speedometer* sepeda motor.

Hasil jarak yang didapatkan dari Google Maps maka ditotalkan berdasarkan rute yang dilewati oleh *Dump Truck* sebelum dan sesudah dihitung dengan metode *dynamic programming* dengan data seperti Tabel 4.3. Pada penelitian ini juga akan dibahas mengenai pengeluaran biaya bahan bakar sebelum dan setelah.

Tabel 4. 3 Rute Sebelum Menggunakan Metode *Dynamic Programing*

No.Pol	Rute		Total Jarak (Km)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
BL 8051 F	1-2-5-6	1-2-4-6	21,1	19,7
BL 8065 F	1-2-4-6	1-2-5-6	14,7	13,9
BL 8050 F	1-2-4-6	1-2-5-6	16,3	15,7
BL 8461 JT	1-2-4-6	1-2-5-6	20,9	20,7
BL 8062 F	1-4-6-7	1-2-5-7	19,2	16,3
BL 8063 F	1-2-4	1-3-4	14,1	11,9

DLHK Kota Langsa mampu menghemat waktu yang telah diterapkan dengan metode *Dynamic Programing* untuk kendaraan dengan nopol BL 8051 F sebesar 6%, nopol BL 8065 F sebesar 5%, nopol BL 8050 F sebesar 3%, nopol BL 8461 JT sebesar 33%, nopol BL 8062 F sebesar 25%, nopol BL 8063 F sebesar 7%. sehingga total penghematan untuk *shift*/hari bagi semua kendaraan mencapai 13,16%. Jalur yang akan dilalui oleh armada setelah dilakukannya *dynamic programing* ialah.



Gambar 4. 7 Rute setelah menggunakan metode dynamic programing

4.3.2 Efisiensi Bahan Bakar Minyak (BBM) Pada Pengangkutan Sampah menggunakan Metode *Dynamic Programing*

Dari hasil perbandingan antara rute yang dijalankan selama ini dengan rute hasil perhitungan savings, diperoleh penghematan biaya sebagai berikut. Diasumsikan untuk 1 liter bahan bakar mampu menempuh jarak ± 8 Km tanpa hambatan. (Sumber : Hasil Wawancara dengan Sopir *Dump Truck*, 2023). Dengan penghematan jarak dan biaya seperti pada Tabel 4.4.

Rumus perhitungan biaya bensin:

$$\frac{10}{\text{Jarak awal}} = \dots \text{ liter/Km} \quad \dots (1)$$

$$\text{Rute hasil metode } \textit{dynamic programing} \times \text{hasil rumus 1} = \dots \text{ liter} \quad \dots (2)$$

Berikut perhitungan *Dump Truck*:

- ***Dump Truck* (BL 8051 F)**

$$\frac{10 \text{ liter}}{21,1 \text{ Km}} = 0,47 \text{ liter/Km}$$

$$19,7 \times 0,47 = 9,3 \text{ liter}$$

- ***Dump Truck* (BL 8065 F)**

$$\frac{10 \text{ liter}}{14,7 \text{ Km}} = 0,68 \text{ liter/Km}$$

$$13,9 \times 0,68 = 9,4 \text{ liter}$$

- ***Dump Truck* (BL 8050 F)**

$$\frac{10 \text{ liter}}{16,3 \text{ Km}} = 0,613 \text{ liter/Km}$$

$$15,7 \times 0,613 = 9,3 \text{ liter}$$

- ***Dump Truck* (BL 8461 JT)**

$$\frac{10 \text{ liter}}{20,9 \text{ Km}} = 0,47 \text{ liter/Km}$$

$$20,7 \times 0,47 = 9,7 \text{ liter}$$

- **Dump Truck (BL 8062 F)**

$$\frac{10\text{liter}}{19,2\text{ Km}} = 0,5 \text{ liter/Km}$$

$$16,3 \times 0,5 = 8,15 \text{ liter}$$

- **Dump Truck (BL 8063 F)**

$$\frac{10\text{liter}}{14,1\text{Km}} = 0,70 \text{ liter/Km}$$

$$11,9 \times 0,70 = 8,33 \text{ liter}$$

Tabel 4. 4 Data bahan bakar armada dengan jarak sebelum dan sesudah menggunakan perhitungan dengan metode *Dynamic programming*

No.Pol	Jumlah BBM/Shift (liter)		Total Biaya (Rp./Shift)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
BL 8051 F	10	9,3	51.500	47.895
BL 8065 F	10	9,4	51.500	48.410
BL 8050 F	10	9,3	51.500	47.895
BL 8461 JT	10	9,7	51.500	49.955
BL 8062 F	10	8,15	51.500	41.972
BL 8063 F	10	8,33	51.500	42.899

Biaya Bahan Bakar Minyak yang dikeluarkan oleh Dinas Lingkungan Hidup kota Langsa (DLHK) sebelum menggunakan metode *Dynamic Programing* lebih besar dari pada setelah dilakukannya perhitungan menggunakan metode *dynamic programming*, hal ini sangat bisa membantu untuk efisiensi dan meminimalkan biaya pengeluaran untuk Bahan Bakar Minyak(BBM) pada armada/shift nya di Dinas Lingkungan Hidup Kota Langsa (DLHK).

Penghematan yang didapatkan dari DLHK Kota Langsa melalui efiseinsi rute yang telah diterapkan untuk kendaraan dengan nopol BL 8051 F sebesar 7%, nopol BL 8065 F sebesar 6%, nopol BL 8050 F sebesar 7%, nopol BL 8461 JT sebesar 3%, nopol BL 8062 F sebesar 18,5%, nopol BL 8063 F sebesar 16,7%. sehingga total penghematan untuk *shift*/hari bagi semua kendaraan mencapai 9,7%.

Pada penentuan rute perlu memperhatikan beberapa hal yaitu rute pengangkutan, ritasi, jarak tempuh, kondisi jalan, waktu pengangkutan, pola pengumpulan dan pengangkutan, usia armada, dan aspek biaya. Hal ini sangat perlu

agar dapat mengatasi kendala yang akan dihadapi pada batasan atau pun kondisi eksisting.

Dengan memanfaatkan metode *dynamic programming*, Dinas Lingkungan Hidup Kota Langsa dapat merancang rute perjalanan ke TPA Kota Langsa yang efisien dan minimumkan biaya transportasi, dan mempercepat proses pembuangan sampah.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari analisa dan pembahasan dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Efisiensi rute pengangkutan di Kota Langsa menggunakan *Dynamic Programming* dapat lebih efektif dalam mengurangi jarak tempuh pengangkutan. Pengaplikasian *Dynamic Programing* pada permasalahan pengangkutan sampah ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) kota Langsa dilakukan dengan menggunakan *graf* yaitu, menghitung besar jarak antara setiap titik pada jalur yang mempunyai besar jarak yang paling minimum, dan dilakukan dengan perhitungan *dynamic programming* secara manual.
2. Dengan menggunakan metode *Dynamic Programing* juga dapat meminimalkan jarak tempuh sebesar 13,16% dan pengeluaran biaya untuk Bahan Bakar Minyak (BBM) dengan hasil yang diperoleh total penghematan untuk satu *shift* bagi semua kendaraan mencapai 9,7%.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini mendorong peneliti untuk memberikan sejumlah saran yang dapat menjadi landasan evaluasi dalam penelitian masa depan, seperti:

1. Untuk lebih spesifik dalam pengolahan data dari segi observasi lapangan, wawancara, data jarak dan waktu dan parameter yang diterapkan sebelumnya dan yang akan diterapkan setelah diteliti.
2. Jika metode *Dynamic Programing* diterapkan di kota langsa bisa lebih efisien tetapi akan ada perubahan penjadwalan untuk mengambil titik tertentu.
3. Untuk peneliti selanjutnya, agar dapat dilakukannya pemanataan lebih lanjut mengenai jarak tempuh pada saat optimalisasi rute pengangkutan dengan cara memdampingi para supir *dump truck* ketika kegiatan berlangsung.
4. Untuk peneliti selanjutnya, perlu dilakukannya pemanataan lebih akurat mengenai konsumsi BBM pada saat oprasional pengangkutan dengan cara, sebelum memulai perhitungan, pastikan tangki bahan bakar kendaraan terisi

penuh. Sebelum menghidupkan mesin, buat catatan angka pada odometer. Jika kendaraan memiliki pencatat jarak tempuh (tripmeter), pastikan untuk meresetnya menjadi angka nol. Ketika Anda siap untuk melakukan perhitungan, kendaraan harus diisi penuh dengan bahan bakar. Setelah pengisian penuh, catat jumlah bahan bakar yang masuk. Informasi ini dapat ditemukan di mesin pengisian bahan bakar di SPBU atau dengan meminta bantuan dari petugas pengisian bahan bakar.



DAFTAR PUSTAKA

- Andina, E. (2019). Analisis Perilaku Pemilahan Sampah di Kota Surabaya. *Aspirasi: Jurnal Masalah-Masalah Sosial*, 10(2), 119–138. <https://doi.org/10.46807/aspirasi.v10i2.1424>
- Andrian, R., Meidiana, C., & Sari, N. (2020). *MENUJU TPA JETIS*. 9(0341), 133–142.
- Bahri, S., Suhada, S., & Hudin, J. M. (2019). Teknologi Global Positioning Sistem (GPS) Untuk Pelaporan Dan Penjemputan Sampah Berbasis Android. *Computer Engineering, Science and System Journal*, 4(1), 39. <https://doi.org/10.24114/cess.v4i1.11358>
- Dewi, I. nurani, Royani, I., Sumarjan, S., & Jannah, H. (2020). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pengelolaan Sampah Skala Rumah Tangga Menggunakan Metode Komposting. *Sasambo: Jurnal Abdimas (Journal of Community Service)*, 2(1), 12–18. <https://doi.org/10.36312/sasambo.v2i1.172>
- Dzakwan, M. A., Nia, T., Sandi, P., Teknologi, I., & Tama, A. (2020). *Perbandingan Pengangkutan Sampah dengan Truk Kompaktor dan Truk Arm roll*. 1–7.
- Fawwaz, I., Winarta, A., Selvianna, Ramli, J. J., & Waruwu, L. M. (2019). Implementation Of Dynamic Programming Algorithm For Npc Movement In Police And Thief Game. *Journal of Information Technology Education: Research*, 2(2), 114–121. <https://doi.org/10.31289/jite.v2i2.2169>
- Fitri, R. F., Ati, N. U., & Suyeno. (2019). Implementasi Kebijakan Pemerintah dalam Inovasi Pengelolaan Sampah Terpadu. *Jurnal Respon Publik*, 13(4), 12–18. <http://riset.unisma.ac.id/index.php/rpp/article/view/3577>
- Fitriah, I., Yusup, iwan ridwan, Fujiarti, intan amalia, Sudarmika, I., & Rahmadanty, L. (2019). Potensi Bencana Dibalik Volume Sampah Anorganik Dalam Kegiatan Perkuliahan. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 4, 95–105.
- Ghefurulloh, A. (2021). *Bangkalan Dengan Model Dinamis*. 2, 1–6.
- Jannah, W. (2020). Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Di Kota Lamongan

- Dengan Menggunakan Metode Saving Matrix. *Indonesian Journal of Spatial Planning*, 1(2), 57. <https://doi.org/10.26623/ijsp.v1i2.3108>
- Kai, H. N., Sompie, S. R. U. A., Sambul, A. M., Elektro, T., Sam, U., Manado, R., & Manado, J. K. B. (2018). Aplikasi Layanan Pengangkutan Sampah Berbasis Android. *Jurnal Teknik Informatika*, 13(4), 1–12. <https://doi.org/10.35793/jti.13.4.2018.28088>
- Kalempouw, K. G. (2021). Implementasi Kebijakan Pemerintah Kota Bitung Dalam Pengelolaan Sampah Dengan Mengoptimalisasi Bank Sampah. *Jurnal Politico*, 10(4), 1–10.
- Karundeng, F. P. A., Purnamasari, I., & Yuniarti, D. (2021). Penyelesaian Assignment Problem Dengan Menggunakan Metode Program Dinamis (Studi Kasus: CV. Sinar Utama). *Jurnal EKSPONENSIAL*, 12(2), 137–142.
- Latifatul, F. N., A, A., A, A., & Nur, K. R. M. (2018). Pengaruh Sosialisasi Pemilahan Sampah Organik Dan Non Organik Serta Manajemen Sampah Terhadap Penurunan Volume Sampah Di Dusun Krajan Desa Kemuningsari Lor Kecamatan Panti Kabupaten Jember. *The Indonesian Journal of Health Science*, September, 84. <https://doi.org/10.32528/ijhs.v0i0.1529>
- Magdalena, H., Santoso, H., & Rochmayani, K. (2019). Sistem Retribusi Sampah Berbasis Web untuk Optimalisasi Kinerja Bidang Pengelolaan Sampah Web-Based Waste Retribution Information System for Optimizing Performance in Waste Management. *Cogito Smart Journal*, 5(2), 294–307.
- Maulidah, A., & Mirwan, M. (2022). Perencanaan Sistem Pengangkutan Sampah dengan Metode Dinamis di UPTD Tumpang. *ESEC PROCEEDING*, 3(1), 7–14.
- Nasution, M. khairani. (2020). *Sampah Ke Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Berbasis Geographic Information System (Gis) Di Kota Malang*. UIN Malik Ibrahim Malang.
- Pratama, A. P., Frans, J. H., & Yudiyo, U. (2019). Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Kupang. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 157–168. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/jurnal-teknik-sipil/article/view/22104/19687%0Ahttp://ced.petra.ac.id/index.php/jurnal->

teknik-sipil/article/view/18953

Pratiwi, F. el nandhita. (2021). Optimalisasi Rute dan Penjadwalan Pengangkutan Sampah dengan Metode Insertion Heuristic dan Intraroute Improvement. *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 1(1), 293–298.

Qanun Kota Langsa Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Sampah

Ramadhanti, F. (2020). Analisis Potensi Pengelolaan Sampah Berkelanjutan Berbasis Masyarakat Di Desa Saribaye Nusa Tenggara Barat. *ECOTROPHIC : Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 14(1), 37. <https://doi.org/10.24843/ejes.2020.v14.i01.p04>

Refiyanni, M. (2017). Sistem Pengakutan Sampah Di Kota Meulaboh. *Vol. 3 No.4 Pp. 35 – 45. Meulaboh: Universitas Teuku Umar.*, 3(4), 35–45.

Riali, M. (2020). Pengelolaan Sampah Kota Berdasarkan Konsep Zero Waste. In *Pondasi* (Vol. 25, Issue 1, p. 63). <https://doi.org/10.30659/pondasi.v25i1.13037>

Rielasari, I. (2018). Pengelolaan Sampah Kota Pekanbaru. *Jom Fisip*, 5(1), 1–12.

Saputra, K., Harahap, N. H., & Sitorus, J. S. (2020). Analisis Transportasi Pengangkutan Sampah di Kota Medan Menggunakan Dynamic Programming. *Jurnal Informatika*, 7(2), 126–130. <https://doi.org/10.31294/ji.v7i2.7921>

Seicha, S. F. (2018). *Zona III Kota Banda Aceh Dengan Metode Vehicle Routing Problem (Vrp)*. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY.

Setyaningsih, M., & Maesaroh. (2021). Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dalam Upaya Mencegah Bencana dan Melestarikan Lingkungan di Desa Karangreja. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 5(5), 2879–2887.

Siregar, elvina chodijah. (2013). *Penggunaan Program Dinamik Untuk Mengoptimalkan Waktu Tempuh Pengangkutan Sampah*. Universitas Negri Medan.

SNI 19-2454-2002 Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan

SNI 3242-2008 yang membahas Pengelolaan Sampah Rumah Tangga

Subekti, S., & Apriyanti, E. (2020). Pengelolaan Sampah Kawasan Perkotaan Kendal Kabupaten Kendal. *Jurnal Neo Teknika*, 6(1), 8–14.

Sudrajat, M. A., Liando, D., & Sampe, S. (2017). Implementasi Kebijakan Pengelolaan Sampah Dan Retribusi Pelayanan Kebershan Di Kota Manado. *Jurnal Eksekutif*, 1(1).

Undang-undang No.18 Tahun 2008 tentang Pengolahan Sampah

Yunifa, A., & Ali, M. (2018). *Alternatif Rute Pengangkutan Sampah Di*. 10(2), 60–67.

Zalukhu, S. A., & Mirwan, M. (2018). Analisis Model Dinamik Dalam Pengangkutan Sampah Di Kota Bangkalan. *Jurnal Envirotek*, 10(1), 28–36. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v10i1.1165>



LAMPIRAN

I. Lampiran Foto Kegiatan

No	Gambar	Keterangan
1.		Wawancara Mandor Lapangan DLHK Kota Langsa
2.		<i>Pool</i> Kendaraan
3.		Wawancara Supir Armada

