OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH DENGAN METODE *SAVING MATRIX* DI KOTA TAPAKTUAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh :

FITRIA RAHMI
NIM. 180702111
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M/1445 H

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH DENGAN METODE *SAVING MATRIX* DI KOTA TAPAKTUAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:
FITRIA RAHMI
NIM. 180702111
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan oleh:

Pembimbing I	Pembimbing II
Ir. Yeggi Darnas, S.T., M.T.	**Arief Gunawan, S.T., M.Sc.**
NIDN. 2020067905	**NIDN. 0001089801**

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

Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH DENGAN METODE *SAVING MATRIX* DI KOTA TAPAKTUAN

TUGAS AKHIR

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

Pada Hari/Tanggal: Jumat/04 Agustus 2023
17 Muharram 1445 H

di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:

Ketua,	Sekretaris,
Ir. Yeggi Darnas, S.T., M.T.	**Arief Gunawan, S.T., M.Sc.**
NIDN. 2020067905	**NIDN. 0001089801**
Penguji I,	Penguji II,
Arief Rahman, S.T., M.T.	**M. Faisi Ikhwali, S.T., M.Eng.**
NIDN. 2010038901	**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	:	Fitria Rahmi
NIM	:	180702111
Program Studi	:	Teknik Lingkungan
Fakultas	:	Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul	:	Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Dengan Metode *Saving Matrix* Di Kota Tapaktuan

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;
5. Mengerakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila di 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, 5 Agustus 2023
yang Menyatakan,

Fitria Rahmi
NIM. 180702111

ABSTRAK

Nama	: Fitria Rahmi
NIM	: 180702111
Program Studi	: Teknik Lingkungan
Judul	: Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah dengan Penerapan Metode Saving Matrix di Kota Tapaktuan
Jumlah Halaman	: 101
Pembimbing 1	: Ir. Yeggi Darnas, M.T
Pembimbing 2	: Arief Gunawan, S.T., M.T
Kata Kunci	: Rute Pengangkutan, Biaya Pengangkutan, *Saving Matrix*

Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Selatan memiliki 4 *dump truck* yang melayani masyarakat, terdapat 4 rute yang dilayani oleh *dump truck* tersebut, yaitu Rute 1 dengan jarak keseluruhan adalah 68,1 km, Rute 2 dengan jarak yang ditempuh secara keseluruhan adalah 91,7 km, Rute 3 dengan jarak yang ditempuh 74,3 km, dan Rute 4 dengan jarak yang ditempuh adalah 57,2 km. Jarak yang ditempuh *dump truck* dalam satu rute tergolong panjang sehingga masih bisa dioptimalkan dengan menggabungkan beberapa area yang berdekatan menjadi satu, dan juga mengangkut sampah dari mulai titik pengumpulan sampah terdekat sehingga sehingga rute akan lebih ringkas dan juga menghemat waktu serta biaya operasionalnya. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui kondisi eksisting pengangkutan sampah di Kota Tapaktuan serta mengoptimalkan pengangkutan sampah dengan menggunakan metode *Saving Matrix*. *Saving Matrix* merupakan salah satu metode *heuristik* yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam transportasi untuk menentukan rute dan jadwal distribusi pengangkutan sampah. *saving matrix* ini dapat digunakan untuk menjadwalkan kendaraan yang terbatas dengan memperhatikan kapasitas maksimum kendaraan yang sama maupun berlainan. Selain itu, pada metode ini menerapkan penggabungan titik dengan sekali jalan dan memperhatikan kapasitas kendaran. Rute awal pengangkutan sampah yang dilayani dump truck adalah 4 rute 291,3 km dan menghabiskan biaya sebesar Rp. 120.501.099/Tahun. Setelah dilakukan pengolahan menggunakan metode *saving matrix* diperoleh 3 rute 209 km dengan menghabiskan biaya sebesar Rp. 82.733.332/Tahun. Penggunaan metode ini dapat menghemat biaya sebesar Rp. 37.767.767/ tahunnya atau setara dengan 31,5

ABSTRACT

Name : *Fitria Rahmi*

Student ID Number : *180702111*

Department : *Teknik Lingkungan*

Title : *Optimization of Waste Transport Routes with the Application of the Saving Matrix Method in Tapaktuan City*

Number of Pages : *101*

Advisor I : *Ir. Yeggi Darnas, M.T*

Advisor II : *Arief Gunawan, S.T., M.T*

Keywords : *Transport routes, Cost of Transport, Saving Matrix*

The South Aceh District Environmental Service has 4 dump trucks serving the public, there are 4 routes served by the dump truck, namely Route 1 with a total distance of 68.1 km, Route 2 with a total distance of 91.7 km, Route 3 with a distance of 74.3 km, and Route 4 with a distance of 57.2 km. Distance traveled dump trucks in one route it is quite long so it can still be optimized by combining several adjacent areas into one, and also transporting garbage from the nearest garbage collection point so that the route will be more concise and also save time and operational costs. The purpose of this Final Project is to determine the existing conditions of waste transportation in Tapaktuan City and to optimize waste transportation using the method Saving Matrix. Saving Matrix is one method heuristic which is used to solve problems in transportation to determine routes and distribution schedules for waste transportation.saving matrix this can be used to schedule limited vehicles taking into account the maximum capacity of the same or different vehicles. In addition, this method applies one-way point merging and pays attention to vehicle capacity. The initial garbage transportation route served by dump trucks is 4 routes of 291.3 km and costs Rp. 120,501,099/year. After processing using the method saving matrix obtained 3 routes of 209 km at a cost of Rp. 82,733,332/year. Using this method can save costs of Rp. 37,767,767/ year or equivalent to 31.54%.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur atas kehadiran Allah Swt. yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, yang telah member nikmat, rahmat dan karunia, sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Selawat serta salam penulis sanjungkan kepada Nabi besar Muhammad saw. yang telah membawa kita dari zaman kebodohan pada zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan, seorang pemimpin yang patut kita jadikan sebagai contoh teladan untuk menjalani hidup agar menjadi hamba yang bertakwa. Penulis dapat menyusun Tugas Akhir yang berjudul **"Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah dengan Menggunakan Metode *Saving Matrix* di Kota Tapaktuan"**, disusun sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana (S-1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada kedua orang tua, yang selalu memberi semangat, dukungan, dan inspirasi dalam setiap langkah penulis. Penulis juga mengucapkan terimakasih atas bantuan dari berbagai pihak sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih dan penuh rasa hormat kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M. T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan
3. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan
4. Ibu Ir. Yeggi Darnas, M.T., selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir dari awal hingga akhir. Terima kasih atas segala bantuan yang ibu berikan, semoga ibu selalu dilimpahkan kesehatan, kemudahan dan selalu dalam lindungan-Nya. Rasa hormat dan bangga peneliti bisa berkesempatan menjadi mahasiswa bimbingan ibu.

5. Bapak Arief Gunawan, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir dari awal hingga akhir. Terima kasih atas segala bantuan yang bapak berikan, semoga bapak selalu dilimpahkan kesehatan, kemudahan dan selalu dalam lindungan-Nya. Rasa hormat dan bangga peneliti bisa berkesempatan menjadi mahasiswa bimbingan bapak.
6. Bapak Teuku Masrizar, S.Hut., M.si., selaku Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Selatan.
7. Bapak Bayliadi, S.E., selaku Kepala Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Selatan.
8. Seluruh Staf dan pekerja Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Selatan.
9. Bapak-bapak dan ibu-ibu yang ada di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-raniry yang telah berkenan memberikan pengetahuan selama masa perkuliahan saya.
10. Para seluruh karyawan/staf di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar- raniry yang member bantuan selama masa perkuliahan
11. Amisa, Aida Sukna Yuri, Nurhasmah, Putri Nurdina dan semua teman-teman Teknik Lingkungan 18 yang mendukung dan membantu selama pembuatan tugas akhir.

Akhir kata, Penulis berharap Allah Swt. berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua orang khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Prodi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Akhir kata, Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritikan bagi Tugas Akhir ini.

Banda Aceh, 4 Agustus 2023

Fitria Rahmi

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR ..... **ii**
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ..... **iii**
ABSTRAK ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xi**

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Masalah 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1 Sampah 4
2.1.1. Sumber Sampah 5
2.1.2. Karakteristik Sampah 6
2.1.3. Komposisi Sampah 6
2.2. Sistem Pengelolaan Persampahan 7
2.3. Aspek teknis 8
2.3.1. Pewadahan 8
2.3.2. Pengumpulan 9
2.3.3. Pemindahan 12
2.3.4. Pengolahan atau pemilahan 12
2.3.5. Pengangkutan 13
2.3.5.1. Pola Pengangkutan Sampah 13
2.3.5.2. Rute Pengangkutan Sampah 17
2.3.5.3. Sarana dan Prasarana Pengangkutan Sampah 19
2.3.6. Pemrosesan Akhir 22
2.4. Aspek Non Teknis 22
2.4.1. Aspek Kelembagaan 22
2.4.2. Aspek Pembiayaan 23
2.4.3. Aspek Peraturan/Kebijakan 24
2.4.4. Aspek Peran Serta Masyarakat 24
2.5. Optimalisasi Rute 25
2.7. Transportasi 25
2.8. *Vehicle Routing Problem* (VRP) 26
2.8.1. *Saving Matrix* 28
2.8.2 *Nearest Neighbor* 35

BAB III METODOLOGI PENELITIAN **39**

3.1. Tahapan Penelitian 39
3.2 Tempat Pelaksanaan Penelitian 40
3.3. Desain Survey 42
3.4. Metode Penelitian 42
3.5. Pengambilan Data 42
3.6. Pengolahan Data 43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 46
4.1. Kondisi Eksisting Persampahan 46
4.1.1. Sumber Sampah 46
4.1.2. Cakupan Pelayanan Persampahan 47
4.1.3. Aspek Teknis Operasional 48
4.1.3.1. Pewadahan 48
4.1.3.2. Pengumpulan 50
4.1.3.3. Pengangkutan 50
4.1.3.3.1. Jumlah Sampah yang Terangkut 51
4.1.3.3.2. Armada Pengangkutan Sampah 52
4.1.3.3.3. Rute dan Jarak Pengangkutan Sampah 53
4.1.3.4. Pengolahan 55
4.1.4. Aspek Non Teknis 55
4.1.4.1. Aspek Kelembagaan 55
4.1.4.2. Aspek Pembiayaan 55
4.1.4.3. Aspek Hukum dan Peraturan 57
4.1.4.4. Aspek Peran Serta Masyarakat 57
4.2. Matrik jarak 58
4.3. Matrik penghemat 58
4.4.3. Alokasi Lokasi ke Rute 61
4.4.4. Rute Akhir Pengangkutan Sampah 63
4.4.5. Efisiensi Biaya 64
4.4.6. Efisiensi Waktu 66

BAB V PENUTUP 70
5.1. Kesimpulan 70
5.2. Saran 70

DAFTAR PUSTAKA 71

جامعة الرانري
AR-RANIRY

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pola Pengangkutan Sampah	11
Gambar 2.2	Sistem Pengangkutan Individual Langsung	13
Gambar 2.4	Sistem Pemindahan di Transfer Depo I dan II	14
Gambar 2.5	Sistem Pengosongan Kontainer Cara 1	15
Gambar 2.6	Sistem Pengosongan Kontainer Cara 2	15
Gambar 2.7	Sistem Pengosongan Kontainer Cara 3	16
Gambar 2.8	Sistem Kontainer Tetap	17
Gambar 2.9	Alat Angkut Sampah	21
Gambar 2.10	Ilustrasi Konsep Penghemat	29
Gambar 3.1	Diagram Bagan Alir Penelitian	38
Gambar 3.2	Lokasi Penelitian di Kota Tapaktuan	39
Gambar 3.3	Lokasi Penelitian di Luar Kota Tapaktuan	40
Gambar 4.1	Pewadahan Sampah 100 L	47
Gambar 4.2	Kontainer	48
Gambar 4.3	*Dump Truck*	52
Gambar 4.4	Kondisi TPA Pasie Raja	52
Gambar 4.5	TPA	55

جامعة الرانري
AR-RANIRY

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipe Pemindahan	12
Tabel 2.2	Bentuk Umum *Saving Matrix*	30
Tabel 2.3	Contoh Matrix Jarak	31
Tabel 2.4	Perhitungan *Saving Matrix*	31
Tabel 2.5	Matrik Jarak	32
Tabel 2.6	*Saving Matrix*	33
Tabel 2.7	Langkah Penambahan Titik Rute 1	33
Tabel 2.8	Langkah Penambahan Titik Rute 2	34
Tabel 2.9	Matrik Jarak	35
Tabel 2.10	Matrik Jarak Baru	36
Tabel 4.11	Wilayah Kabupaten Aceh Selatan	37
Tabel 3.1	Tabel Kebutuhan Data	41
Tabel 4.1	Data Pelanggan Sampah	46
Tabel 4.2	Lokasi Tempat Pewadahan Sampah	48
Tabel 4.4	Jumlah Sampah Yang Terangkut Dan Jumlah Produksi Sampah	50
Tabel 4.5	Sarana dan Prasarana Dinas Lingkungan Hidup	51
Tabel 4.6	Lokasi Operasional Armada Pengangkutan Sampah	53
Tabel 4.7	Struktur dan Tarif Retribusi di Aceh Selatan	56
Tabel 4.8	Matrik Jarak	59
Tabel 4.9	Matrik Penghemat	60
Tabel 4.10	Nilai Penghemat 1	61
Tabel 4.11	Nilai Penghemat 2	62
Tabel 4.12	Nilai Penghemat 3	62
Tabel 4.13	Rute Pengangkutan Sampah	63
Tabel 4.14	Perhitungan Biaya Rute Awal	64
Tabel 4.15	Perhitungan yang Telah Diperbaharui	64
Tabel 4.16	Efisiensi Waktu Rute Lama	65
Tabel 4.17	Efisiensi Waktu Rute Baru	66

جامعة الرانري
AR-RANIRY

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Penanganan Sampah	75
Lampiran 2	Struktur Organisasi	76
Lampiran 3	Perhitungan *Nearest Neighbor*	77
Lampiran 4	Rute Awal Pengangkutan	84
Lampiran 5	Peta Daerah Pelayanan	85
Lampiran 6	Peta Kota Tapaktuan	86
Lampiran 7	Peta Lokasi Pewadahan	87
Lampiran 8	Peta Akhir Setelah Saving Matrix	88

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Tapaktuan merupakan ibu Kota dari pusat pemerintahan Kabupaten Aceh Selatan. Kota Tapaktuan memiliki 16 gampong/kelurahan yaitu Air Berudang, Air Pinang, Batu Itam, Gunung Kerambil, Lhok Rukam, Panjupian, Panton Luas, Hulu, Hilir, Jambo Apha, Lhok Bengkuang, Lhok Bengkuang Timur, Lhok Ketapang, Padang, Pasar, dan Tepi Air. Wilayah yang dilayani oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Aceh Selatan adalah Air Berudang, Gunung Kerambil, Hulu, Hilir, Padang, Jambo Apha, Tepi Air, Pasar, dan Lhok Bengkuang.

Timbulan sampah yang dihasilkan oleh Kabupaten Aceh Selatan sekitar 470,68 m^3/hari atau 0,33 kg/orang/hari, rumah jenis permanen menghasilkan sampah sebanyak 0,4 kg/org/hari, rumah jenis semi permanen menghasilkan sampah sebanyak 0,32 kg/org/hari dan untuk rumah berjenis non permanen menghasilkan sampah sebanyak 0,23 kg/org/hari sesuai dengan SNI 19 3983-1995 Timbulan sampah yang cukup besar dan diikuti jumlah penduduk yang terus meningkat menyebabkan perlu adanya pengangkutan persampahan yang optimal.

Pengangkutan sampah adalah sub-sistem dalam penanganan sampah yang bersasaran membawa sampah dari lokasi atau sumber sampah secara langsung menuju TPA (Damanhuri, 2016). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia Optimalisasi berasal dari kata dasar optimal yang berarti terbaik, sehingga optimalisasi merupakan suatu tindakan untuk membuat desain atau sistem lebih efektif. Berdasarkan KBBI rute merupakan jarak yang ditempuh atau dilalui. Rute perjalanan diartikan sebagai jarak tempuh dari satu tempat ke tempat lain yang dilalui dalam kurun waktu tertentu.

Pengangkutan sampah di Kota Tapaktuan menggunakan sistem individual langsung yang mana truk pengangkut sampah mengambil sampah dari tempat pengumpulan langsung kemudian dibawa ke TPA. Pengangkutan sampah dilakukan menggunakan *dump truck, amroll truck,* dan becak motor yang melayani wilayah yang berbeda-beda di kawasan Kota Tapaktuan. *Dump truck* dan *amroll truck* melayani kawasan jalan utama sedangkan becak motor melayani lokasi-lokasi yang tidak terangkut oleh *dumptruck*.

Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Selatan memiliki 4 *dump truck* yang melayani masyarakat, terdapat 4 rute yang dilayani oleh dump truck tersebut, yaitu Rute 1 melewati area Pegadaian, lampu merah, Batu Merah, Batalion Rasian, puskesmas Ladang Tuha, dan Kampung Baro dengan jarak keseluruhan adalah 68,1 km. Rute 2 melayani area Gampong Hulu, Hilir, Jambo Apha, Tepi Air, Gampong Padang, Jln.Syeh Abdurrauf, dan Kompi sawang dengan jarak yang ditempuh secara keseluruhan adalah 91,7 km. Rute 3 melayani area Depan masjid agung kampong Hilir, Simpang Terpung, Lhok Ketapang, Air Berudang, Perumnas Samadua, dan Gunung Kerambil dengan jarak yang ditempuh 74,3 km. Rute 4 melayani pasar, Kampung Hilir, Jambo Apha, tepi Air, Kampung Hulu, Taman RTH, dan Bataliyon dengan jarak yang ditempuh adalah 57,2 km.

Jarak yang ditempuh *dump truck* dalam satu rute tergolong panjang sehingga masih bisa dioptimalkan dengan menggabungkan beberapa area yang berdekatan menjadi satu, dan juga mengangkut sampah dari mulai titik pengumpulan sampah terdekat sehingga sehingga rute akan lebih ringkas dan juga menghemat waktu serta biaya operasionalnya. Rute awal pengangkutan sampah dapat dilihat pada lampiran 4. Hal ini masih belum optimal sehingga perlu diterapkan suatu metode transportasi untuk mengoptimalkannya rute pengangkutan serta biaya pengangkutannya. Optimalisasi rute pengangkutan ini diharapkan pengangkutan sampah di Kota Tapaktuan berjalan mudah, cepat, dan biaya relatif murah. Optimalisasi rute pengangkutan sampah pada Tugas Akhir ini menggunakan metode *Saving Matrix*.

Metode *saving matrix* merupakan metode membentuk rute optimal dengan didasarkan pada penghemat terbesar dalam sebuah rute pengangkutan yang bertujuan meminimalkan biaya berdasarkan jarak ataupun waktu tempuh dengan batasan kapasitas kendaraan. Cara untuk menentukan urutan rute distribusi yang harus dilalui dan jumlah alat angkut berdasarkan kapasitas alat angkut tersebut. Metode *saving matrix* ini dapat digunakan untuk menjadwalkan kendaraan yang terbatas dengan memperhatikan kapasitas maksimum kendaraan yang sama ataupun berlainan (Indrawati, 2016).

Berdasarkan hasil observasi yang sudah dilakukan, panjangnya rute yang dilewati setiap dump truck perharinya menyebabkan bertambahnya bahan bakar

yang dihabiskan setiap harinya. Oleh sebab itu, diperlukan adanya optimalisasi terhadap rute pengangkutan sampah yang ada di Kota Tapaktuan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang disampaikan dalam paparan diatas, ada beberapa permasalahan yaitu:

1. Bagaimana kondisi eksisting persampahan di Kota Tapaktuan?
2. Bagaimana optimalisasi pengangkutan sampah dengan menggunakan metode *Saving matrix*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kondisi eksisting persampahan di Kota Tapaktuan.
2. Mengetahui optimalisasi pengangkutan sampah dengan menggunakan metode *saving matrix*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengoptimalkan rute pengangkutan sampah serta meminimalisir biaya operasional pengangkutan sampah sehingga pengangkutan sampah menjadi lebih efektif.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah pengangkutan sampah yang dilakukan oleh *dump truck* dengan rute pengangkutan sampah yang telah dilaksanakan terdahulu di Kabupaten Aceh Selatan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah memiliki banyak artian dalam batasan ilmu pengetahuan, Sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat, organik maupun anorganik, yang bersifat terurai dan dianggap tidak berguna bagi lingkungan (Undang-undang Nomor 18 Tahun 2018 tentang Pengelolaan Sampah).

Sampah pada prinsipnya merupakan bahan yang dibuang dari hasil kegiatan manusia ataupun alam yang belum memiliki nilai ekonomis (Hartono, 2020) sementara menurut SK SNI T-13-1990 menjelaskan bahwa sampah merupakan limbah padat yang terdiri dari zat organik dan anorganik yang dianggap tak berguna yang apabila tidak dikelola dengan baik dapat membahayakan lingkungan.

Beberapa pengertian diatas dapat diambil kesimpulan bahwa sampah merupakan hasil sisa dari kegiatan sehari-hari yang belum memiliki kegunaan, dan nilai yang akhirnya terbuang ke lingkungan yang dapat menggangu fungsi lingkungan dan belum memiliki nilai ekonomis. Timbulan sampah banyak dihasilkan dari sumber penghasil sampah seperti pasar, rumah tangga, fasilitas umum, dan kegiatan lainnya seperti industri dan lain-lain.

Seiring dengan meningkatnya volume sampah pertahunnya maka meningkat pula permasalahan sampah yang harus dihadapi. Pada dasarnya, permasalahan sampah berkaitan erat dengan masyarakat, ditambah lagi dengan paradigma lama pengelolaan persampahan yaitu kumpul angkut buang yang bertambahnya waktu akan menghabiskan banyak biaya operasional (Raharjo, 2016).

Permasalahan persampahan perkotaan merupakan permasalahan yang sangat penting. Faktor-faktor penyebabnya sebagai berikut (Kahfi, 2017):

1. Volume sampah yang melebihi kapasitas tempat pemprosesan akhir (TPA)
2. Lahan TPA yang semakin sempit
3. Teknologi pengelolaan tidak optimal
4. Manajemen pengelolaan sampah yang tidak efektif
5. Kurangnya dukungan kebijakan dari pemerintah.

2.1.1. Sumber Sampah

Sampah yang dihasilkan manusia sebagian besar berasal dari aktivitas manusia itu sendiri, hampir semua produk yang digunakan sehari-hari akan menjadi sampah (Hartono, 2008). Sumber sampah berasal dari kegiatan penghasil sampah seperti (Hariastuti, 2013):

a. Sampah rumah tangga atau pemukiman

   Sampah rumah tangga berasal dari aktivitas memasak, mandi, cuci dan lain-lain seperti sampah makanan, sampah plastik dan lain sebagainya.

b. Daerah Komersial

   Meliputi sampah yang berasal dari aktivitas perdagangan, seperti TPS, restoran, pasar, hotel, pusat pelayanan jasa lainnya.

c. Institusi

   Sampah yang berasal dari sekolah, rumah sakit, pusat-pusat perkotaan, hotel dan pusat pelayanan jasa lainnya.

d. Kontruksi dan penghancur

   Berasal dari aktivitas pembangunan gedung, perbaikan jalan dan lain sebagainya.

e. Aktivitas kota

   Berasal dari pembersihan pantai, penyapuan kota dan lainnya

f. Tempat pengolahan

   Berasal dari tempat pengolahan air bersih

g. Industri

   Sampah yang berasal dari proses kontruksi, baik berat maupun ringan

h. Pertanian

   Berasal dari sawah, kebun, dan lainnya.

Sumber sampah di masyarakat sangat berkaitan dengan pemanfaatan lahan dan tempat pembuangannya seperti TPS dan TPA. Sering juga dijumpai sampah yang dibawa oleh drainase dan juga sungai (Kahfi, 2017).

جامعة الرانري
AR-RANIRY

2.1.2. Karakteristik Sampah

Karakteristik sampah dikelompokkan berdasarkan sifat-sifatnya (Damanhuri, 2004):

a. Karakteristik fisika: seperti kadar air, kadar volatile, kadar abu, dan distribusi jaringan.
b. Karakteristik kimia: yang menggambarkan susunan sampah seperti C, N, O P, H, S dan sebagainya.

Secara umum sampah dibedakan menjadi tiga yaitu organik, anorganik dan juga sampah yang mengandung B3. Sampah anorganik merupakan sampah yang terurai secara alami, sampah anorganik merupakan sampah yang sulit terurai secara biologi dan proses pengolahannya memerlukan perlakuan khusus, sampah B3 merupakan sampah yang mengandung unsur-unsur B3 (Andina, 2019). Undang-Undang No 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah menyatakan bahwa sampah terbagi tiga yaitu:

a. Sampah rumah tangga, yaitu sampah yang dihasilkan dari kegiatan yang dilakukan di rumah tangga seperti kotak makanan, plastik, kain, kulit dan lain-lain.
b. Sampah sejenis sampah rumah tangga, yaitu sampah yang berasal dari daerah komersial, industry, dan fasilitas umum lainnya.
c. Sampah spesifik, yaitu sampah dan limbah yang mengandung bahan berbahaya beracun, sampah yang timbul akibat bencana, sampah dari teknologi yang belum dapat diolah dan lain sebagainya.

2.1.3. Komposisi Sampah

Komposisi sampah merupakan penggambaran dari masing-masing komponen yang terdapat pada buangan padat dan distribusinya, biasanya dinyatakan dalam persentase berat (% berat) (Veronika, 2008). Komposisi sampah dikelompokkan atas (Fatma, 2018):

1. Sampah organik mampu terdegradasi secara alami karena berasal dari makhluk hidup seperti dedaunan, sisa sayuran, sisa buah-buahan, dan sisa makanan.
2. Sampah anorganik (kaca, kaleng, logam, dan lain-lain).

3. Sampah B3 berasal dari limbah zat-zat kimia yang beracun dan berbahaya bagi seperti pada limbah rumah sakit, sehingga sampah ini perlu penanganan khusus.

Pengelompokkan sampah berdasarkan komposisinya dinyatakan sebagai % berat basah dan % volume basah dari kayu, plastik, karet, gelas, logam dan lainnya (Veronika, 2008). Komposisi sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sebagai berikut (Damanhuri dan Padmi, 2010):

a. Cuaca, di daerah yang bersuhu tinggi kelembaban juga relative tinggi
b. Frekuensi pengumpulan, semakin tinggi pengumpulan semakin menumpuknya sampah tersebut
c. Musim, jenis sampah yang dihasilkan tergantung buah yang sedang musim
d. Tingkat sosial ekonomi, daerah ekonomi tinggi penghasil kaleng dan sampah plastik terbanyak
e. Pendapatan perkapita, tingkat ekonomi yang rendah penghasil sampah yang sedikit
f. Kemasan produk, negara manju banyak menggunakan kertas sebagai bahan pengemas sedangkan di negara berkembangang banyak menggunakan plastik.

2.2. Sistem Pengelolaan Persampahan

Pengelolaan sampah merupakan pemanfaatan dan pengendalian atas semua masalah yang ditumbulkan oleh sampah serta penanganannya untuk menyelesaikan masalah yang dihasilkan oleh sampah tersebut (Kuncowati, 2019). Pengelolaan sampah merupakan kegiatan yang sistematis, menyeluruh dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Pengelolaan sampah dilangsungkan dengan tujuan (UU No.18 tahun 2008):

a. Mewujudkan lingkungan yang sehat
b. Menjaga kelestarian fungsi lingkungan
c. Mengikutsertakan masyarakat dalam pengelolaan sampah daerah dan menjadikan sampah memiliki nilai tambah

Pemerintah bertanggung jawab dalam Pengelolaan sampah dilaksanakan harus sesuai dengan prinsip keterpaduan, akuntabilitas, tranparansi, efisiensi, efektivitas, dan kepastian hukum. Pengeloaan sampah merupakan kewajiban bagi masyarakat juga pemerintah. Masyarakat bertanggung jawab sebagai penghasil

sampah sehingga sangat diperlukannya partisipasi masyarakat dalam pengelolaan, pendidikan, pendapatan, kepedulian terhadap sampah, peraturan, kondisi lingkungan turut berpengaruh.sistem kelembagaan pusat maupun daerah dari segi penetapan kebijakan, strategi pengelolaan dan lain sebagainya (Batubara, 2020).

Pengelolaan sampah didasarkan pada UU No 18 Tahun 2008 dan juga PP 81 tahun 2012 yang berfokus pada pegurangan dan penanganan sampah yang dimulai dari sumbernya hingga tempat pemprosesan akhir dengan dibantu oleh keterlibatan masyarakat dan juga pihak pengelolaan sampah itu sendiri (Hasbullah, 2019). Pengelolaan sampah mencakup aspek teknis, ekonomi dan sisiopolitis yang sangat komplek. Sistem pengelolaan sampah terdiri atas aspek teknis dan non teknis. Kedua aspek tersebut saling berkesinambungan dan perlu dijalankan secara selaras untuk terciptanya sistem pengelolaan sampah yang baik. Sistem pengelolaan sampah merupakan proses pengelolaan sampah yang meliputi lima aspek yaitu aspek kelembagaan, aspek pembiayaan, aspek pengaturan, aspek peran serta masyarakat dan aspek teknis operasional. Semua aspek tersebut saling berkaitan sehingga meningkatkan sistem pengelolaan persampahan harus mencakup semua aspek tersebut (Suryani, 2014).

2.3. Aspek teknis

Aspek teknis operasional merupakan bagian yang paling dekat dengan obyek persampahan, terdiri dari kegiatan pengurangan sampah dan penanganan sampah (Pratiwi, 2018). Teknik operasional pengelolaan persampahan, berdasarkan SNI 19-2454-2002 terdiri dari 6 Komponen yaitu pewadahan, pengumpulan, pemindahan, pengelolahan dan pemilahan, pengangkutan, pembuangan akhir (Djiha, 2021).

2.3.1. Pewadahan

Pewadahan merupakan tempat pengumpulan pertama sebelum akhirnya dimusnahkan. Pewadahan sampah dilakukan sesuai dengan jenis sampah yang sudah dipilah, yaitu:

a. Sampah organik, seperti dedaunan, sisa makanan, dan lainnya ditandai dengan wadah berwarna gelap.

b. Sampah anorganik, seperti plastik, logam dan lainnya ditandai dengan wadah berwarna terang
c. Sampah bahan berbahaya beracun yang berasal dari rumah tangga, seperti pembersih yang mengandung senyawa ammonia dan sebagainya, pengkilap sepatu dan lainnya ditandai dengan warna merah dan diberi lambing khusus.

Pola pewadahan dapat dibagi menjadi pola pewadahan individual dan pola pewadahan komunal. Pewadahan sampah individual merupakan pewadahan sampah sementara yang khusus untuk individu sedangkan pewadahan sampah komunal merupakan pewadahan sampah sementara yang digunakan secara bersama-sama baik dari berbagai sumber maupun bersumber dari fasilitas umum (SNI 19-2454-2002).

2.3.2. Pengumpulan

Pengumpulan sampah merupakan penanganan sampah yang tidak hanya mengumpulkan sampah dari wadah-wadah individual dan wadah kemunal akan tetapi juga mengangkutnya ke terminal tertentu baik secara langsung maupun tidak langsung. Pola pengumpulan sampah adalah sebagai berikut (SNI 19-2454-2002):

a) Pengumpulan individual langsung

Pengumpulan sampah yang berasal dari rumah-rumah penghasil sampah yang kemudian dibawa langsung ke TPA tanpa melalui kegiatan pemindahan. Pengumpulan individual langsung diperuntukkan untuk daerah yang kondisi topografi bergelombang, yaitu kemiringan lebih dari 15% sampai dengan 40%, hanya alat pengumpul mesin yang dapat beroperasi, kondisi jalan cukup lebar dan operasi tidak mengganggu pemakai jalan lainnya, kondisi dan jumlah alat memadai, jumlah timbunan sampah > 0,3 m3 /hari dan bagi penghuni yang berlokasi di jalan protokol.

b) Pengumpulan individual tak langsung

Pengumpulan sampah yang berasal dari sumber-sumber sampah yang dibawa ke lokasi pemindahan untuk selanjutnya diangkut ke TPA. Pengumpulan individual tak langsung diterapkan bagi daerah yang partisipasi masyarakatnya pasif, lahan untuk lokasi pemindahan tersedia, kondisi topografi relatif datar yaitu kemiringan rata-rata kurang dari 5% dan dapat menggunakan alat pengumpul non mesin, contoh gerobak atau becak, dapat dijangkau oleh alat angkut, dan kondisi jalan

harus lebar sehingga tidak mengganggu pengguna jalan, serta ketersediaannya organisasi pengelolaan sampah.

c) Pengumpulan komunal langsung

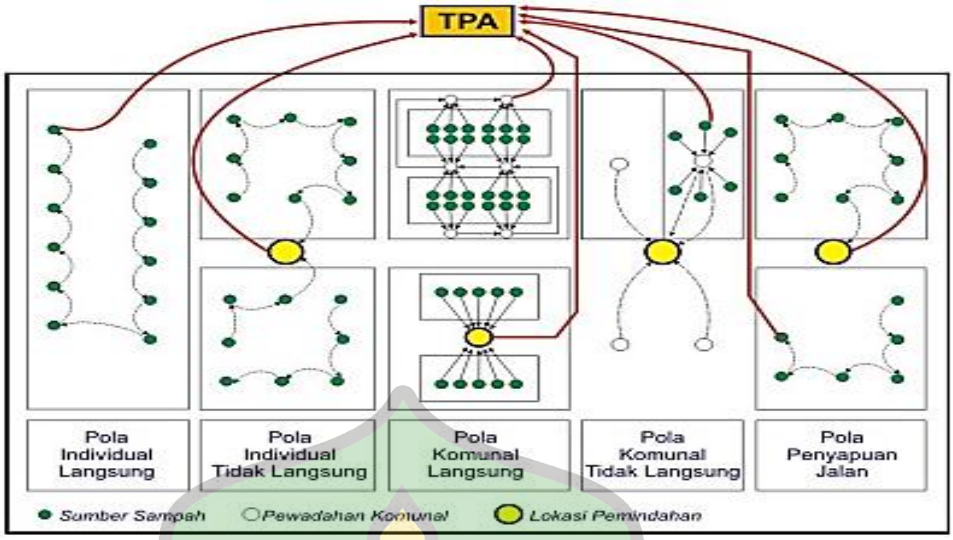
Pengumpulan sampah dari masing-masing titik komunal dan kemudian langsung di angkut ke TPA tanpa dibawa ke tempat pemindahan. Pengumpulan sampah secara komunal langsung diterapkan apabila alat angkut terbatas, kemampuan pengendalian personil dan peralatan relatif rendah, alat pengumpul sulit menjangkau sumber sampah individual (kondisi daerah berbukit, gang jalan sempit), peran serta masyarakat tinggi. Wadah komunal ditempatkan sesuai dengan kebutuhan dan lokasi yang mudah dijangkau oleh alat pengangkut (truk) dan sangat cocok untuk permukiman tidak teratur. Pengumpulan komunal tak langsung

Pengumpulan sampah dari masing-masing titik komunal yang kemudian dibawa ke tempat pemindahan, selanjutnya diangkut ke TPA. Pengumpulan komunal tak langsung membutuhkan peran serta masyarakat yang tinggi, serta penempatan lokasi wadah komunal yang disesuaikan dengan kebutuhan masyarakat dan mudah dijangkau alat pengumpul.

Bagi kondisi topografi relatif datar, kemiringan rata-rata kurang dari 5%, dapat mengunakan alat pengumpul non mesin, contoh gerobak atau becak. Sedangkan bagi kondisi topografi dengan kemiringan lebih besar dari 5% dapat menggunakan cara lain seperti pikulan, kontainer kecil beroda dan karung. Pengumpulan komunal tak langsung memerlukan leher jalan/gang dapat dilalui alat pengumpul tanpa mengganggu pemakai jalan lainnya.

d) Pola penyapuan jalan

Juru sapu harus rnengetahui cara penyapuan untuk setiap daerah pelayanan, penanganan penyapuan jalan untuk setiap daerah berbeda tergantung pada fungsi dan nilai daerah yang dilayani. Pengumpulan sampah hasil penyapuan jalan diangkut ke lokasi pemindahan untuk kemudian diangkut ke TPA (UU No 10 tahun 2008). Pengumpulan sampah yang diperoleh dari hasil penyapuan jalan diangkut dengan menggunakan bacak motor atau dimasukksn ke kontainer terdekat yang kemudian diangkut ke TPA. Pola pengumpulan sampah dapat dilihat pada gambar 2.1 sebagai berikut.



Gambar 2.1 Pola Pengumpulan Sampah

(Sumber: Lampiran A: Spesikasi Teknis Sektor Persampahan, 2008)

Cara pengumpulan sampah dari sumbernya dilakukan dengan dua cara (SNI 19-2454-2002):

1. Pengumpulan sampah dengan menggunakan gerobak atau motor dengan bak terbuka atau mobil bak terbuka bersejat. Adapun syaratnya adalah:
   a. Pengangkutannya minimal 2 hari sekali
   b. Masing-masing jenis sampah dimasukkan ke wadah yang berbeda sesuai dengan sampah yang telah dipilah, atau atur jadwal pengumpulan sesuai dengan jenis sampah yang terpilah.
   c. Sampah dipindah sesuai jenisnya ke TPS.
2. Pengumpulan sampah dengan menggunakan gerobak atau motor dengan bak terbuka atau mobil bak terbuka tanpa sekat. Adapun syaratnya adalah (Peraturan PerMen PU No 3 Tahun 2013):
   a. Pengumpulan sampah yang mudah terurai 2 kali sehari langsung ke TPS
   b. Pengumpulan sampah yang mengandung limbah B3 dan bahan B3.

   Beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan dalam kegiatan pengumpulan sampah antara lain pola pengumpulan, jenis peralatan pengumpul sampah, rute pengumpulan, opeasional pengumpulan, dan aspek pembiayaan (Hapsari. 2017).

2.3.3. Pemindahan

Pemindahan sampah merupakan kegiatan memindahkan barang dari tempat pengumpulan untuk diangkut dan dibawa ke TPA. Depo pemindahan sampah merupakan tempat pemindahan sampah yang juga dilengkapi dengan container pengangkut, ram, dan bengkel. Lokasi pemindahan sampah hendaknya memudahkan jalan keluar bagi sarana pengumpul dan pengangkut sampah, dan tidak jauh berlokasi dari sumber sampah (Sumber: SNI 19-2454-2002). Tipe pemindalah dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Tipe Pemindahan

No	Uraian	Transfer Tipe I	Transfer Tipe II	Transfer Tipe III
1	Luas lahan	>= 200 m^2	60-200 m^2	10-20 m^2
2	Fungsi	Tempat pertemuan peralan pengumpulan dan pengangkutan sebelum pemindahan		
		• Tempat penyimpanan atau kebersihan • Bengkel sederhana • Kantorwilayah/ pengendali • Tempat pemilahan • Tempat Pengomposan		
3	Daerah pemakai	Baik untuk daerah yang mudah mendapatkan lahan		

Sumber: SNI 19-2454-2002

2.3.4. Pengolahan atau pemilahan

Pemilahan di lokasi pemindahan dapat dilakukan dengan cara manual dengan dipilah langsung oleh petugas kebersihan dan juga masyarakat, sebelum diangkut ke TPA. Cara pemilahan sampah dilakukan secara manual, mekanik, dan gabungan antara manual dan mekanik. Pengisian kontainer dilakukan secara manual sedangkan pengangkutan kontainer ke dalam truk dilakukan secara mekanik (SNI 19-2454-2002). Pemilahan sampah meliputi pemadatan, pengomposan, daur ulang materi dan mengubah menjadi sumber energi.

2.3.5. Pengangkutan

Pengangkutan sampah merupakan kegiatan membawa sampah dari lokasi pemindahan atau langsung dari sumber sampah ke tempat pemprosesan akhir (TPA). Faktor penentu dalam teknik pengelolaan pengangkutan sampah yang diterapkan adalah kondisi topografi, lingkungan daerah pelayanan, kondisi sosial, ekonomi, partisipasi masyarakat, jumlah, dan jenis sampah (Pramarta, 2013). Metode pengangkutan serta peralatan yang akan dipakai tergantung dari pola pengumpulan yang dipergunakan. Sedangkan pelaksana adalah pengelola kebersihan dalam suatu kawasan atau wilayah, badan usaha dan kemitraan. Sangat tergantung dari struktur organisasi di wilayah yang bersangkutan (SNI 19-2454-2002).

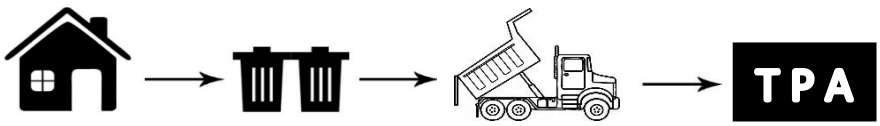
Pengangkutan sampah merupakan salah satu subsistem pengelolaan sampah yang bersasaran membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Faktor utama yang mempengaruhi pengangkutan sampah adalah kepadatan penduduk, kuantitas dan kualitas sampah, karakteristik dan area pelayanan serta beberapa hal lain yang dibahas adalah jarak dan jaringan jalan, pola pengangkutan, jenis kendaraan, frekuensi, tingkat pelayanan beserta tenaga kerja (Ambariski, 2016).

Banyak faktor yang mempengaruhi dalam proses pengangkutan sampah dari TPS ke TPA antara lain kapasitas alat angkut, volume sampah dari masingmasing TPS, dan jarak yang ditempuh. Proses pengangkutan sampah harus dapat memaksimalkan muatan kendaraan berdasarkan kapasitasnya dan juga jarak tempuhnya harus optimal dan minimal (Indrawati, 2016).

2.3.5.1. Pola Pengangkutan Sampah

Pola pengangkutan sampah adalah sebagai berikut:

a. Pola Pengangkutan sampah dengan sistem individual langsung (*door to door*), adalah pada gambar 2.2 sebagai berikut:

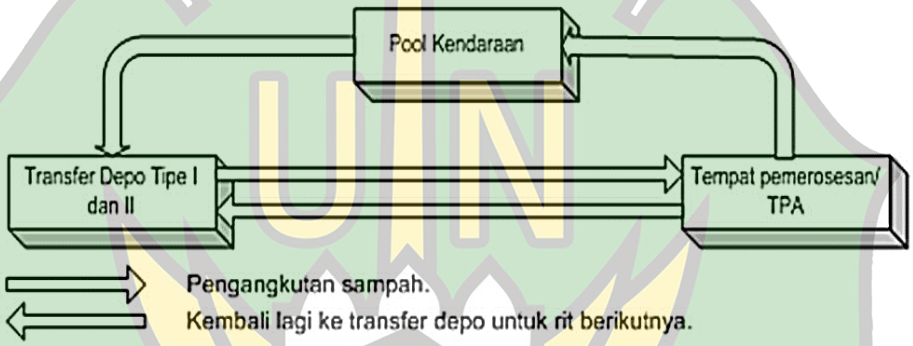


Gambar 2.2. Sistem pengangkutan individual langsung

(Sumber: SNI 19-2454-2002)

1. Truk pengangkut sampah dari pool menuju titik sumber sampah pertama untuk mengambil sampah;
2. Selanjutnya mengambil sampah pada titik-titik sumber sampah berikutnya sampai truk penuh sesuai dengan kapasitasnya;
3. Selanjutnya diangkut ke TPA sampah ;
4. Setelah pengosongan di TPA, truk menuju ke lokasi surnber sampah berikutnya, sampai terpenuhi ritasi yang telah ditetapkan

b. Pola pengangkutan sampah dengan sistem pemindahan di transfer depo tipe I dan II, adalah gambar 2.3 sebagai berikut:



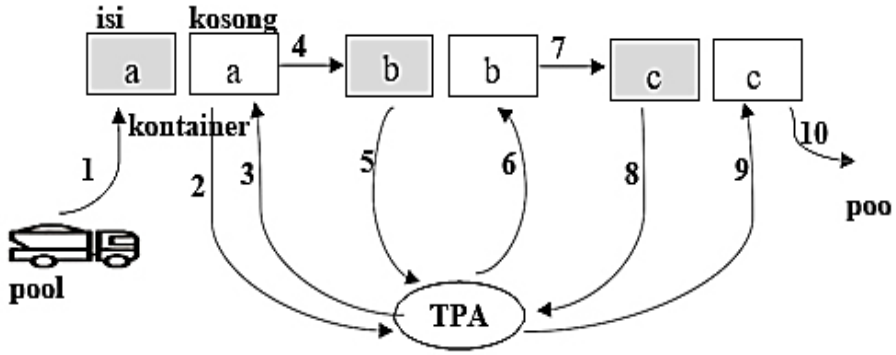
Gambar 2.3 Sistem Pemindahan di Transfer Depo I dan II

(Sumber: SNI 19-2454-2002)

1. Kendaraan pengangkut sampah keluar dari pool langsung menuju lokasi pemindahan di transfer depo untuk mengangkut sampah ke TPA;
2. dari TPA kendaraan tersebut kembali ke transfer depo untuk pengambilan pada rute berikutnya;

c. Pola pengangkutan sampah dengan sistem pemindahan di transfer depo III. Pola pengangkutannya terbagi 2:

1. Pola pengangkutan dengan sistem pengosongan kontainer cara 1 seperti pada gambar 2.4 berikut.



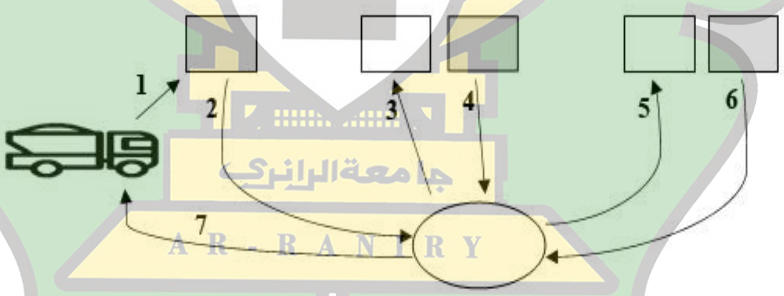
Gambar 2.4. Sistem pengosongan kontainer cara 1

(Sumber: SNI 19-2454- 2002)

Keterangan angka 1,2,3,…10 adalah rute alat angkut

a. Kendaraan dari pool menuju konteiner yang pertama untuk mengangkut sampah ke TPA
b. Kotainer yang kosong dikembalikan ketempat semula
c. Menuju ke container berikutnya untuk diangkut
d. Konteiner yang sudah kosong dikembalikan ketempat semula
e. Dan seterusnya sampai terakhir.

2. Pola pengangkutan dengan sistem pengosongan container cara 2, seperti pada gambar 2.5 sebagai berikut.



Gambar 2.5 Sistem pengosongan kontainer cara 2

(Sumber: SNI 19-2454-2002)

Keterangannya adalah sebagai berikut:

a) Kendaraan dari pool menuju container isi pertama untuk mengangkat sampah ke TPA;

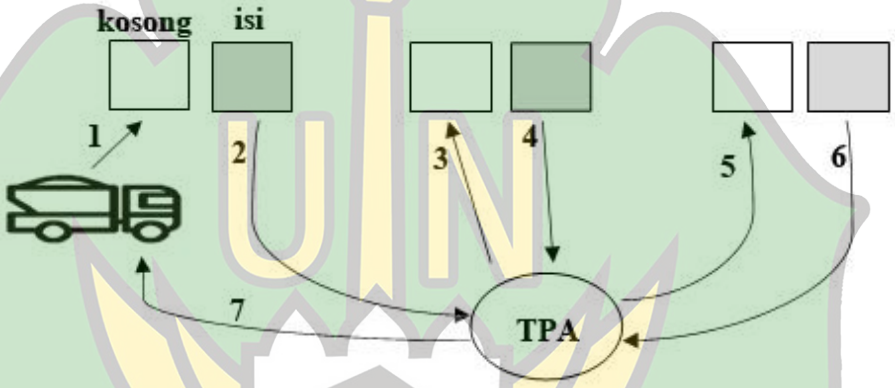
b) Dari TPA kendaraan tersebut dengan kontainer kosong menuju lokasi ke dua untuk menurunkan kontainer kosong dan membawa kontainer isi untuk diangkut ke TPA;

c) Demikian seterusnya sampai pada rit terakhir,

d) Pada rit terakhir dcngan kontainer kosong, dari TPA menuju ke lokasi kontainer pertama, kemudian truk kembali ke Pool tanpa Kontainer.

e) Sistem ini diberlakukan pada kondisi tertentu (misalnya pengambilan pada jam tertentu, atau mengurangi kemacetan lalu lintas)

3. Pola pengangkutan sampah dengan sistem pengosongan container cara 3, dapat dilihat pada gambar 2.6 sebagai berikut.



Gambar 2.6 Sistem pengosongan container cara 3

(Sumber: SNI 19-2454-2002)

Keterangannya sebagai berikut:

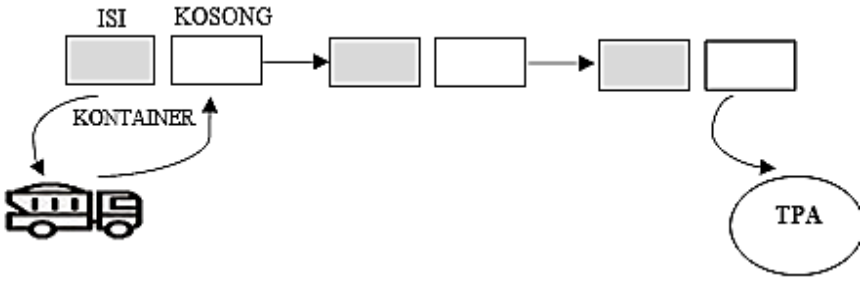
a) Kendaraan dari pool dengan membawa kontainer kosong menuju ke lokasi kontainer isi untuk mengganti /mengambil dan langsung rnembawanya ke TPA:,

b) Kendaraan dengan membawa kontainer kosong dari TPA menuju ke ,kontainer isi berikutnya;

c) Demikian seterusnya sampai dengan rit terakhir.

d. Pola pengangkutan sampah dengan sistem kontainer tetap.

Pola ini biasa digunakan untuk kontainer kecil serta alat angkut berupa truk pemadat atau dump truk atau truk biasa. Dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut (SNI 19-2454-2002).



Gambar 2.7 Sistem kontainer tetap.

(Sumber: SNI 19-2454-2002)

Keterangannya sebagai berikut

a) Kendaran dari pool menuju kontainer pertama, sampah dituangkan ke dalam truk compactor dan meletakkan kembali kontainer yang kosong;
b) Kendaraan menuju ke kontainer berikutnya sehingga truk penuh, untuk kemudian langsung ke TPA;
c) Demikian seterusnya sampai dengan rit terakhir.

2.3.5.2. Rute Pengangkutan Sampah

Pencarian rute merupakan fondasi utama dalam model pembebanan jaringan jalan, dan proses ini sering juga disebut dengan proses pembentukan pohon jaringan. Secara umum pembentukan pohon adalah tahapan penting dalam setiap model pemilihan rute karena dua alasan utama. Pertama, hal ini sangat sering dilakukan dalam algoritma pemecahannya, minimal sekali per pengulangan. Kedua, algoritma pembentukan pohon yang baik dapat menghemat waktu dan biaya komputer (Tamin, 2000).

Rute pengangkutan sampah yang dibuat haruslah efektif dan efisien sehingga didapatkan rute pengangkutan yang paling optimum. Akses yang mudah ke TPA akan mempercepat pengangkutan sampah dari lokasi penjemputan atauTempat Penampungan Sementara (TPS). Hal ini akan mempermudah proses pengambilan sampah dari daerah pemukiman sehingga tidak terjadi penumpukan sampah (Alfian, 2021). Rute pengangkutan sampah dibuat dengan menggunakan metode *trial* dan *error*, hal ini karena tidak ada aturan baku dalam proses penetuan rute pengangkutan sampah. Rute pengangkutan dibuat dengan memerlukan data sebagai berikut (Tchobanoglous, 1993):

1) Kondisi sistem eksisting, misalnya jumlah pekerja dan jenis armada.

2) Aturan dan kebijakan yang terkait pengangkutan dan frekuensi pengangkutan.
3) Jika memungkinkan, rute dirancang dari titik mulai dan berakhir dekat dengan jalan utama, dengan batas rute menggunakan topografi dan kondisi fisik daerah.
4) Rute dibuat sedemikian hingga posisi TPS terletak dekat dengan TPA
5) Sampah yang terletak di lokasi dengan arus lalu lintas yang padat, diangkut sepagi mungkin agar menghindari kemacetan.
6) Pada dearah berbukit, rute diawali dari daerah yang lebih tinggi ke daerah dengan topografi yang lebih rendah.
7) Sampah yang tersebar pada beberapa TPS yang jumlahnya sedikit diupayakan diangkut dengan satu trip dihari yang sama.
8) Sumber sampah terbanyak harus dilayani lebih dahulu.

Rute pengangkutan dibuat agar pekerja dan peralatan dapat digunakan secara efektif. Pada umumnya rute pengumpulan dicoba berulang kali, karena rute tidak dapat digunakan pada semua kondisi. Pedoman yg dapat digunakan dalam membuat rute sangat tergantung dari beberapa faktor yaitu:

1) Peraturan lalu lintas yang ada
2) Pekerjaan umum, ukuran dan tipe alat angkut
3) Jika memungkinkan, rute dibuat mulai dan berakhir di dekat jalan utama, gunakan topografi dan kondisi fisik daerah sebagai batas rute;
4) Pada daerah berbukit, usahakan rute dimulai dari atas dan berakhir di bawah;
5) Rute dibuat agar kontainer/TPS terakhir yang akan diangkut yang terdekat ke TPA;
6) Timbulan sampah pada daerah sibuk/lalu lintas padat diangkut sepagi mungkin;
7) Daerah yang menghasilkan timbulan sampah terbanyak, diangkut lebih dahulu;
8) Daerah yang menghasilkan timbulan sampah sedikit, diusahakan terangkut dalam hari yang sama.

Pada langkah awal pembuatan rute maka ada beberapa langkah yang harus diikuti agar rute yang direncanakan menjadi lebih efisien, yaitu:

1. Penyiapan peta yang menunujukkan lokasi-lokasi dengan jumlah timbulan sampah.
2. Analisis data kemudian diplot ke peta daerah pemukiman, perdagangan, industri dan untuk masing-masing area, diplot lokasi, frekuensi pengumpulan dan jumlah kontainer.
3. *Layout* rute awal.
4. Evaluasi layout rute awal dan membuat rute lebih seimbang dengan cara dicoba berulang kali.

2.3.5.3. Sarana dan Prasarana Pengangkutan Sampah

Peralatan dan perlengkapan pengangkutan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (SNI 19-2452-2002):

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

Selain itu, faktor-faktor yang menentukan pemilihan alat angkut sebagai berikut:

1. Banyaknya timbulan sampah yang akan ditangani dalam satuan ton timbulan sampah per hari serta jenis sampah yang akan ditangani;
2. Pola pengumpulan, pemindahan dan pengangkutan sampah;
3. Jenis, lebar serta kondisi kualitas jalan yang akan dilalui;
4. Tipe dan ukuran dari fasilitas TPS;
5. Fasilitas yang dimiliki TPS, seperti
6. Dana yang tersedia yang berhubungan dengan unit alat angkut
7. Rencana pengelolaan persampahan jangka panjang.

Jenis-jenis sarana pengangkutan sampah adalah (Permen PU No 13 Tahun 2013):

a. Dump Truck

Merupakan kendaraan angkut yang dilengkapi sistem hidrolis untuk mengangkat bak dan membongkar muatannya. Pengisian muatan masih tetap secara manual dengan tenaga kerja. Truk ini memiliki kapasitas yang bervariasi yaitu

$6\,m^3$, $8\,m^3$, $10\,m^3$, $14\,m^3$. Dalam pengangkutan sampah, efisiensi penggunaan *dump truck* dapat dicapai apabila memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah trip atau ritasi perhari minimum 3 dan jumlah awak maksimum 3. Agar tidak mengganggu lingkungan selama perjalanan ke TPA, *dump truck* sebaiknya dilengkapi dengan tutup terpal.

b. Arm Roll Truck

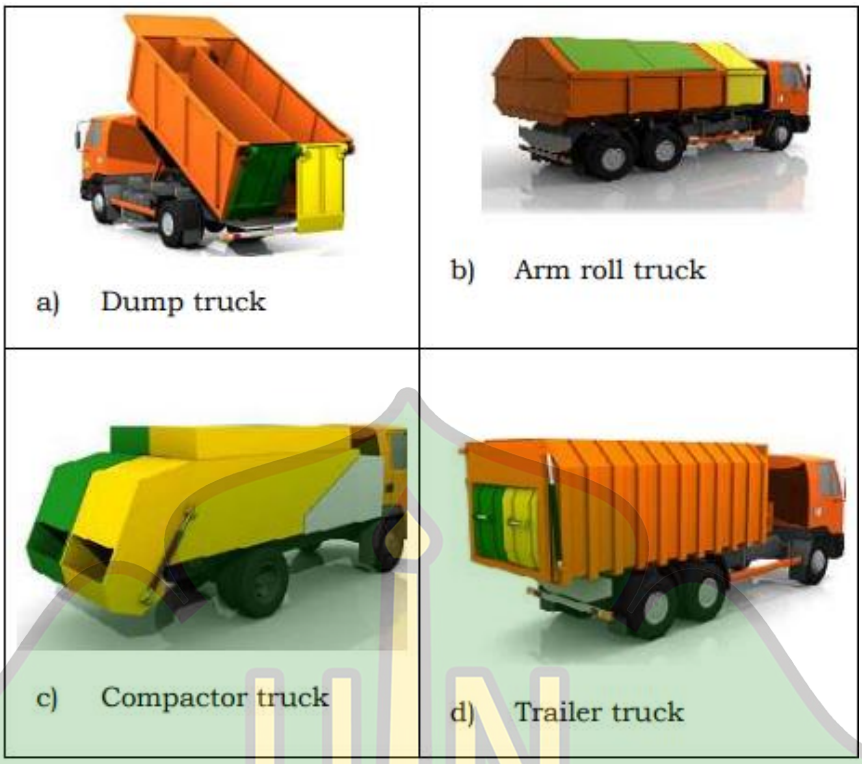
Merupakan kendaraan angkut yang dilengkapi sistem hidrolis untuk mengangkat bak dan membongkar muatannya. Pengisian muatan masih tetap secara manual dengan tenaga kerja. Truk ini memiliki kapasitas yang bervariasi yaitu 6 m3, 8 m3, dan 10 m3. Dalam pengangkutan sampah, efisiensi penggunaan *armroll truck* dapat dicapai apabila memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah trip atau ritasi perhari minimum 5 dan jumlah awak maksimum 1. Agar tidak mengganggu lingkungan selama perjalanan ke TPA, kontainer sebaiknya memiliki tutup dan tidak rembes sehingga lindi tidak mudah tercecer. Kontainer yang tidak memiliki tutup sebaiknya dilengkapi dengan tutup terpal selama pengangkutan.

c. Compactor Truck

Merupakan kendaraan angkut yang dilengkapi sistem hidrolis untuk memadatkan dan membongkar muatannya. Pengisian muatan masih tetap secara manual dengan tenaga kerja. Truk ini memiliki kapasitas yang bervariasi yaitu 6 m3, 8 m3, dan 10 m3. Dalam pengangkutan sampah, efisiensi penggunaan compactor truck dapat dicapai apabila memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah trip atau ritasi perhari minimum 3 dan jumlah awak maksimum 2.

d. Trailer Truck

Merupakan kendaraan angkut berdaya besar sehingga mampu mengangkut sampah dalam jumlah besar hingga 30 ton. Trailer truck terdiri atas prime over dan kontainer beroda. Kontainer dilengkapi sistem hidrolis untuk membongkar muatannya. Pengisian muatan dilakukan secara hidrolis dengan kepadatan tinggi di transfer station. Trailer memiliki kapasitas 20 sampai dengan 30 ton. Dalam pengangkutan sampah, efisiensi penggunaan trailer truck dapat dicapai apabila memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah trip atau ritasi perhari minimum 5 dan jumlah awak maksimum 2, alat angkut sampah dapat dilihat pada gambar 2.8 sebagai berikut.



Gambar 2.8 Alat angkut sampah

(Sumber: PerMen PU No 13 tahun 2013)

Dalam proses pengangkutan sampah, pemilihan sarana dan prasarana harus mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Umur teknis peralatan 5-7 tahun
2. Kondisi jalan daerah operasi.
3. Jarak tempuh.
4. Karakteristik sampah.
5. Tingkat persyaratan sanitasi yang dibutuhkan.
6. Daya dukung pemeliharaan.

Pemakaian alat-alat tersebut juga harus memperhatikan segi kemudahannya sehingga alat yang digunakan mudah dioperasikan, juga segi pembiayaannya sehingga alat tersebut harus kuat dan tahan lama biaya operasionalnya menjadi lebih mudah serta juga harus diperhatikan segi sestetikanya sehingga alat yang digunakan bebas dari bau busuk yang menggundang lalat dan tikus (PerMen PU No 13 tahun 2013).

2.3.6. Pemrosesan Akhir

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yaitu tempat yang digunakan sebagai tempat untuk melakukan pengelolaan sampah pada tahap akhir, dimana proses pengelolaan sampah dimulai dari pertama kali sampah dihasilkan (berasal dari sumbernya), dikumpulkan, diangkut, lalu dilakukan proses pengelolaan hingga diurug. Tempat pemrosesan akhir adalah tempat untuk memroses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan (UU No 18 Tahun 2008). Dalam pemilihan lokasi TPA yang dibutuhkan adalah melakukan penentuan pemilihan lokasi serta melakukan analisa sedemikian rupa agar tidak membahayakan kesehatan masyarakat dan lingkungan (Darnas, 2020). Pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah.

TPA merupakan tempat dimana sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya. Karenanya diperlukan penyediaan fasilitas dan perlakuan yang benar agar keamanan tersebut dapat dicapai dengan baik. TPA yang dulu merupakan tempat pembuangan akhir, berdasarkan UU no 18 Tahun 2008 menjadi tempat pemrosesan akhir didefinisikan sebagai pemrosesan akhir sampah dalam bentuk pengembalian sampah dan/atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan secara aman. Selain itu di lokasi pemrosesan akhir tidak hanya ada proses penimbunan sampah tetapi juga wajib terdapat 4 (empat) aktivitas utama penanganan sampah di lokasi TPA, yaitu (Litbang PU, 2009):

a. Pemilahan sampah
b. Daur-ulang sampah non-hayati (an-organik)
c. Pengomposan sampah hayati (organik).
d. Pengurugan/penimbunan sampah residu dari proses di atas di lokasi pengurugan atau penimbunan (*landfill*).

2.4. Aspek Non Teknis

2.4.1. Aspek Kelembagaan

Merupakan aspek multi disiplin yang bertumpu pada prinsip teknik dan manajemen yang mencakup aspek ekonomi, sosial budaya, kondisi suatu wilayah

serta memperhatinyan masyarakat yang dilayani. Perancangan dan pemilihan bentuk organisasi didasarkan pada:

1) Peraturan pemerintah
2) Pola sistem operasional yang diterapkan
3) Kapasitas kerja sistem
4) Lingkup pekerjaan (Hendra, 2016)

Aspek kelembagaan berisi pihak-pihak yang turut campur dalam pengelolaan sampah. Dalam pengelolaan sampah, kelembagaan memiliki peran sebagai pengatur, pengawas, pembina, pengontrol, pendambing, dan pihak penanganan sampah. Lembaga formal atau pemerintah, di Indonesia merupakan Dinas Lingkungan Hidup (DLH), menjalankan peran pengtur, pengawas dan pembina (Wibowo dan Djajawinata, 2012). Pihak-pihak informal seperti pendaur ulang, organisasi masyarakat, pemulung memiliki peran yang dapat membantu berjalannya masing-masing aspek pengelolaan. Dalam pengelolaan sampah terdesentralisasi, tingkat keefektifan pengelolaan sampah dipengaruhi oleh hubungan baik antara sector informal dan formal (kharismawati, 2018).

Adanya aspek ini bertujuan untuk mengetahui gambaran yang objektif tentang kondisi dan posisi lembaga yang dibentuk, sehingga dapat terpilih lembaga terbaik untuk kebutuhan pengelolaan TPA regional (Anggraini, 2011). Berdasarkan SNI 3242-2008 tentang pengelolaan sampah pemukiman sasaran yang harus dicapai adalah sistem dan institusi yang harus sepenuhnya melayani dan mengelola persampahan di lingkungan dengan mengikutsertakan masyarakat serta semaksimal mungkin menggunakan konsep 3R di sumber (Jastam, 2015).

2.4.2. Aspek Pembiayaan

Pembiayaan untuk pengelolaan sampah dibedakan menjadi biaya investasi dan biaya pemeliharaann. Komponen biaya tersebut antara lain adalah:

1. Biaya operasi, meliputi: biaya upah, biaya bahan dan material, juga biaya administratif.
2. Biaya pemeliharaan, meliputi: biaya penggantian pelumas, biaya penggantian komponen, juga biaya perbaikan peralatan (Dirjen Cipta Karya, 2012).

Komponen biaya tersebut disediakan oleh pemerintah setempat. Perhitungan biaya satuan pengelolaan sampah dihitung untuk mengetahui komponen pembiayaan

untuk biaya pengumpulan, pengolahan, pemindahan, pengangkutan, dan pemrosesan akhir, yang dihitung untuk setiap ton kapasitas, besar biaya yang dikeluarkan dihitung dengan biaya pekerjaan di wilayah setempat (Baso, 2017).

2.4.3. Aspek Peraturan/Kebijakan

Undang-undang, peraturan pemerintah, peraturan daerah sampai dengan standar nasional Indonesia dikeluarkan termasuk undang-undang no. 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, dengan demikian diharapkan pengelolaan sampah dapat dilakukan secara komperhensif dan terpadu dari hulu ke hilir agar memberikan manfaat secara ekonomi, sehat bagi masyarakat, dan aman bagi lingkungan, serta dapat mengubah perilaku masyarakat, secara efektif dan efisisen (Baso, 2017).

Peraturan-peraturan yang diperlukan dalam penyelenggaraan pengelolaan persampahan adalah yang mengatur tentang (Hendra, 2016):

1. Ketertiban umum yang terkait dengan pengelolaan persampahan
2. Rencana induk pengelolaan sampah
3. Bentuk lembaga dan organisasi pengelola
4. Tata cara penyelenggaraan pengelolaan
5. Besaran tarif pelayanan
6. Kerjasama dengan berbagai pihak terkait.

2.4.4. Aspek Peran Serta Masyarakat

Partisipasi masyarakat sebagai penghasil sampah merupakan hal yang sangat mendukung keberhasilan pengelolaan sampah. Salah satu pendekatan kepada masyarakat untuk dapat membantu program pemerintah dalam kebersihan adalah bagaimana membiasakan masyarakat kepada tingkah laku yang sesuai dengan tujuan program pengelolaan sampah tersebut (Hendra, 2016).

Pedoman Pengelolaan Sampah, pemerintah kota/kabupaten meningkatkan peran masyarakat dalam pengelolaan sampah dalam bentuk (Permendagri No. 33/2010):

1. Menjaga kebersihan lingkungan, dengan cara sosialisasi, mobilisasi, dan gotong royong
2. Berpartisipasi dalam kegiatan pengurangan, pengumpulan, pemilahan, pengangkutan, dan pengelolaan sampah

3. Memberi saran, usulan dan masukan, dan pertimbangan dalam upaya peningkatan sistem pengelolaan persampahan.

Permasalahan yang terjadi terkait peran serta masyarakat adalah sebagai berikut (Hendra, 2016):

1) Penyebaran penduduk yang tidak merata
2) Belum melembaganya keinginan masyarakat dalam menjaga lingkungan
3) Belum adanya pola baku masyarakat yang bisa dijadikan pedoman
4) Pengelola kebersihan yang belum mecantumkan penyuluhan dalam programnya
5) Kekhawatiran pengelola akan inisiatif masyarakat yang tidak sesuai dengan konsep pengelolaan yang ada.

Partisipasi masyarakat untuk berperan aktif menjadi suatu hal yang sangat penting dalam mengelola sampah. Penyuluhan bisa dilakukan secara langsung atau tidak langsung seperti membuat kampanye tentang sampah dan juga pembuatan slogan-slogan tentang persampahan (Nuryosuwito, 2019).

2.5. Optimalisasi Rute

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) optimalisasi adalah berasal dari kata optimal artinya terbaik atau tertinggi, paling menguntungkan menjadikan paling baik, menjadikan paling tinggi, pengoptimalan suatu proses atau cara. Dapat disimpulkan bahwa optimalisasi adalah bentuk suatu tindakan untuk membuat sesuatu menjadi lebih sempurna, fungsional, dan lebih efektif. Optimalisasi merupakan upaya agar usaha untuk membuat suatu kegiatan menjadi lebih efektif dan efisien sehingga kegiatan menjadi sepenuhnya sempurna (Marta, 2018). 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 (Yunitasari, 2014).

2.7. Transportasi

Transportasi membahas masalah pendistribusian suatu komoditas atau produk dari sejumlah sumber (*supply*) kepada jumlah tujuan (*destination, demand*), dengan

tujuan meminimumkan ongkos pengangkutan yang terjadi (Tjutju dan Ahmad Dimyati, 2004). Masalah transportasi merupakan pemrograman liniear jenis khusus yang berhubungan dengan pendistribusian barang dari sumber (pabrik) ke tujuan (gudang) (Wahyu, 2021). Ciri-ciri khusus persoalan transportasi ini adalah sebagai berikut (Effendi, 2018):

- Terdapat sejumlah sumber dan sejumlah tujuan tertentu.
- Kuantitas komoditas yang didistribusikan dari setiap sumber dan yang diminta oleh setiap tujuan, besarnya tertentu.
- Komoditas yang dikirim atau diangkut dari suatu sumber ketujuan tertentu, besarnya sesuai dengan permintaan dan atau kapasitas sumber.
- Ongkos pengangkutan komoditas dari suatu sumber kesuatu tujuan, besarnya tertentu

Beberapa contoh kasus penentuan rute yang harus direncanakan dalam satu wilayah atau daerah khusus dari sebuah kota, misalnya rute kendaraan pengangkut sampah, rute distribusi surat kabar, rute pengambilan surat di box-box surat, rute pengambilan koin telepon umum, dan lain sebagainya.

2.8. *Vehicle Routing Problem* (VRP)

Vehicle Routhing Problem (VRP) diperkenalkan pertama kali oleh Dantziq dan Ramser pada tahun 1959. VRP didefenisikan sebagai sebuah pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah *vihicle* yang harus melakukan perjalanan untuk mengunjungi sejumlah tempat untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang. VRP juga dapat dilihat sebagai kombinasi dari dua permasalahan optimasi lain, yaitu *Bin Packing Problem* (BPP) dan *Travelling Salesmen Problem* (TSP).

VRP didefinisikan sebagai suatu pencarian solusi yang meliputi penentuan sejumlah rute, dimana masing – masing rute dilalui oleh satu kendaraan yang berawal dan berakhir di depot asalnya, sehingga permintaan semua konsumen terpenuhi dengan tetap menemui kendala operasional yang ada dan juga meminimalisasikan biaya transportasi global (Toth dan Vigo 2002). VRP dapat didefinisikan sebagai permasalahan perancangan jalur kendaraan pengiriman yang diketahui kapasitasnya, beroperasi dari satu depot untuk memberikan supply pada

sekumpulan pelanggan dengan lokasi dan permintaan yang telah diketahui dengan satu atau beberapa komoditi barang yang sudah pasti (Setio, 2010).

Tujuan dari VRP adalah mengantarkan produk pada sekelompok konsumen yang diketahui permintaannya dengan hanya menghabiskan biaya yang minimum. Output dari masalah ini adalah rute yang berbiaya rendah dan layak untuk setiap kendaraan.Asumsi yang biasa digunakan dalam *vehicle routing problem standart* adalah setiap kendaraan yang mempunyai kapasitas sama dan jumlah kendaraan tidak terbatas, dan beberapa karakteristik dari permasalahan VRP adalah sebagai berikut (Aditia, 2008):

a. Perjalanan kendaraan berawal dan berakhr dari dan ke depot awal.
b. Ada sejumlah tempat yang semuanya harus dikunjungi dan dipenuhi permintaannya tepat satu kali.
c. Jika kapasitas kendaraan sudah terpakai dan tidak dapat melayani tempat berikutnya, kendaraan dapat kembali ke depot untuk memenuhi kapasitas kendaraan dan melayani tempat berikutnya.

Terdapat empat tujuan umum VRP, yaitu (Evan, 2008):

a. Meminimalkan biaya transportasi global, terkait dengan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan kendaraan.
b. Meminimalkan jumlah kendaraan (pengemudi) yang diperlukan untuk melayani semua konsumen.
c. Menyeimbangkan rute, untuk waktu perjalanan dan jalan kendaraan.

Permasalahan VRP dapat didefinisikan sebagai permasalahan mencari rute dengan ongkos minimal dari suatu depot ke pelanggan yang letaknya tersebar dengan jumlah permintaan yang berbeda-beda. Rute dibuat sedemikian rupa sehingga setiap pelanggan dikunjungi hanya satu kali oleh satu kendaraan. Gambaran permasalahan yang terjadi pada proses pengumpulan sampah adalah adanya *Intermediate Facilities* yang harus dilewati oleh setiap rute sebelum kembali ke depot. Proses pengumpulan sampah mulai dari depot kemudian berangkat ke TPS-TPS kemudian baru ke TPA *(intermediate facilities*), dan kembali lagi ke TPS. Jika waktu kerja habis, maka truk harus kembali ke Depot (VRPMTIF) (Arinalhaq, 2013).

VRP umumnya dimodelkan menggunakan dua formulasi yang berbeda. Tipe pertama dikenal dengan formulasi *Vehicle Flow* (VF), yang didasarkan pada variabel biner dari busur pada permasalahan suatu jaringan. Tipe model yang kedua adalah formulasi *Set Partitioning* (SP). Jumlah pembatas pada formulasi ini lebih kecil dibanding jumlah pembatas pada formulasi VP, namun model SP ini memiliki jumlah variabel yang besar (Lasut, 2019).

Di antara banyak pendekatan yang disarankan dalam mengatasi masalah yang kompleks, terdapat dua metode yaitu metode sederhana *The Sweep Method* dan yang lebih kompleks dan akurat yaitu *The Savings Method* (Fatma, 2018). Salah satu metode untuk memperoleh rute terpendek dengan kapasitas sampah yang maksimal adalah dengan metode *saving matrix*, dengan cara menentukan urutan rute distribusi yang harus dilalui dan jumlah alat angkut berdasarkan kapasitas dari alat angkut tersebut. Metode *Saving Matrix* adalah metode yang digunakan untuk menentukan rute distribusi produk ke wilayah pemasaran dengan cara menentukan rute distribusi yang harus dilalui dan jumlah kendaran berdasarkan kapasitas dari kendaraan tersebut agar diperoleh rute terpendek dan biaya transportasi yang minimal (Demez, 2013).

2.8.1. *Saving Matrix*

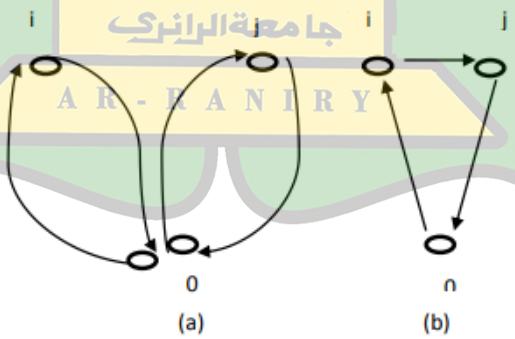
Salah satu metode *heuristik* yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam transportasi untuk menentukan rute dan jadwal distribusi produk ini adalah dengan menggunakan metode *Saving Matrix* atau metode penghematan *Clarke-Wright*. Metode penghematan ini dapat menjadwalkan kendaraan untuk mendistribusikan produk dari gudang central ke beberapa area pengiriman. Metode ini juga mudah untuk di implementasikan dengan cepat untuk permasalahan yang kompleks. Kelebihan dari metode *saving matrix* ini terletak pada kemudahan untuk dimodifikasi jika terdapat batasan waktu pengiriman, kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan atau batasan lainnya dan dapat memberikan solusi yang praktis dan cepat (Indrawati,2016). Meskipun hasil yang diberikan tidak menjamin bahwa hasil merupakan solusi optimal (*non optimizing*), tetapi metode ini dapat memberikan hasil yang lebih baik untuk menyelesaikan penjadwalan pengiriman dengan berbagai pembatas yang ada. Dalam penggunaan *saving matrix*

ada beberapa asumsi yang harus diperhatikan yaitu jalan yang dilalui adalah jalan 2 arah sehingga jarak dari tempat asal ke tempat tujuan atau sebaliknya adalah sama, kelas jalan diasumsikan dapat dilewati armada berbagai kapasitas, dan kondisi lalu lintas tidak mempengaruhi kecepatan rata-rata kendaraan (Yuniarti, 2013).

Keistimewaan dari metode *saving matrix* ini adalah dapat digunakan untuk menjadwalkan kendaraan yang terbatas dengan memperhatikan kapasitas maksimum kendaraan yang sama maupun berlainan. Selain itu, pada metode ini menerapkan penggabungan titik dengan sekali jalan dan memperhatikan kapasitas kendaran (Indrawati, 2016).

Permasalahannya adalah untuk menetapkan alokasi untuk pelanggan diantara rute-rute yang ada, urutan rute yang dapat mengunjungi semua pelanggan dari rute yang ditetapkan dari kendaraan yang dapat melalui semua rute. Tujuannya adalah untuk menemukan suatu solusi yang meminimalkan total pembiayaan kendaraan. Lebih dari itu, solusi ini harus memuaskan batasan bahwa setiap pelanggan dikunjungi sekali, di mana jumlah yang diminta diantarkan, dan total permintaan pada setiap rute harus sesuai dengan kapasitas kendaraan.

Saving matrix ini merupakan sebuah algoritma *heuristic* yang sering menghasilkan solusi yang baik, yang merupakan suatu solusi yang sedikit berbeda dari solusi optimal. Dasar dari konsep penghematan ini untuk mendapatkan penghematan biaya dengan menggabungkan dua rute menjadi satu rute (harianti, 2020). Penggambaran *saving matrix* dapat dilihat pada gambar 2.9 sebagai berikut.



Gambar 2.9 Ilustrasi Konsep Penghemat

(Sumber. Harianti,2020)

Berdasarkan gambar 2.10 (a) tujuan/pelanggan i dan j dikunjungi dengan rute yang terpisah. Untuk mendapatkan penghematan, tujuan/pelanggan i dan j akan dikunjungi dengan rute yang sama, contoh terlihat pada gambar 2.10 (b). Rute

kendaraan yang ditunjukkan diantara titik i dan j oleh cij, rute kendaraan oleh Da pada gambar 2.11 (a).

$$D_a = C_{0i} + C_{i0} - C_{0j} + C_{j0} \quad (2.1)$$

$$D_b = C_{0i} + C_{ij} - C_{j0} \quad (2.2)$$

Dari ilustrasi di atas diperoleh asumsi bahwa jarak $(i,)$ sama dengan jarak (j, i). Misalkan $(i,)$ adalah penghematan jarak (*savings*) yang diperoleh dengan menggabungkan rute i dan j menjadi satu. Hasil di atas bisa digeneralisasikan sebagai berikut:

$$S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{1i} \quad (2.3)$$

Dengan menggunakan rumus tersebut maka matriks penghematan jarak bisa dihitung untuk semua toko dan hasilnya dapat dibuat dalam suatu tabel matriks penghematan jarak. Bentuk umum tabel penghemat dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Bentuk Umum *Saving Matrix*

	v_0		v_I		v_j		v_n
v_1	0						
		0					
v_I	S_{1i}		0				
				0			
v_j	S_{ij}		S_{ij}		0		
						0	
v_n	S_{jn}		S_{jn}		S_{jn}		0

Sumber: Suparmi, 2020

Dimana

v_0= depot

v_1 = jarak toko 1

v_j = jarak toko j

v_n = jarak toko n

S_{1i} = penghematan jarak toko 1 dan toko i

S_{ij} = penghematan jarak toko i dan toko j

S_{jn} = penghematan jarak toko j dan toko n (Suparmi, 2020).

Dalam penelitian ini, jarak pelanggan ke toko dan jarak antar pelanggan dicari menggunakan aplikasi google maps.

Adapun langkah-langkah dalam menentukan *Saving matrix* ini adalah sebagai berikut (Hariyani, 2020):

1. Menentukan data pelanggan, jumlah permintaan dan kapasitas kendaraan sebagai input yang dibutuhkan.
2. Buat matriks jarak antar depot ke konsumen dan antar konsumen ke konsumen. Matriks jarak dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Contoh Matrik jarak

	TPA	V_1	V_2	V_3	V_4	**Kapasitas**
TPA	0					
V_1	C_{0i}	0				
V_2	C_{0j}	C_{1i}	0			
V_3	C_{0k}	C_{1j}	C_{2i}	0		
V_4	C_{0l}	C_{1k}	C_{2j}	C_{3i}	0	
V_n	C_{0n}	C_{1n}	C_{2n}	C_{3n}	C_{4n}	

Sumber: suparmi,2020

3. Hitung nilai saving menggunakan persamaan $S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{1i}$ pada setiap pelanggan untuk mengetahui nilai penghematan. Nilai penghemat dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai berikut.

Tabel 2.4 Perhitungan *Saving Matrix*

	V_1	V_2	V_3	V_4
V_1	0			
V_2	$C_{0i} + C_{0j} - C_{1i}$	0		
V_3	$C_{0i} + C_{0k} - C_{1j}$	$C_{0j} + C_{0k} - C_{2i}$	0	
V_4	$C_{0i} + C_{0l} - C_{1k}$	$C_{0j} + C_{0l} - C_{2j}$	$C_{0k} + C_{0l} - C_{3i}$	0
V_n	$C_{0i} + C_{0n} - C_{1n}$	$C_{0j} + C_{0n} - C_{2n}$	$C_{0k} + C_{0n} - C_{3n}$	N

Sumber: Suparmi,2020

4. Urutkan pasangan pelanggan berdasarkan nilai *saving matrix* penghematan dari nilai *saving* terbesar hingga yang terkecil. Untuk mengalokasikan

konsumen dalam rute perjalanan kendaraan dilakukan pembagian konsumen ke dalam suatu rute perjalanan kendaraan dengan mempertimbangkan konsumen dan kapasitas kendaraan.

Sebuah rute dikatakan *feasible* apabila jumlah permintaan total dari semua konsumen tidak melebihi kapasitas kendaraan dan jumlah permintaan dari satu konsumen dapat ditampung secara keseluruhan oleh satu kendaraan. Prosedur yang digunakan untuk mengelompokkan konsumen berdasarkan nilai *saving matrix* adalah mengurutkan nilai *saving matrix* dari yang terbesar sampai kapasitas kendaraan yang digunakan dapat menampung semua permintaan. Apabila kapasitas sudah maksimal, maka prosedur tersebut akan berulang sampai semua konsumen teralokasi dalam suatu rute perjalanan.

5. Pembentukan rute pertama
6. Tentukan pelanggan pertama yang ditugaskan pada rute dengan cara memilih kombinasi pelanggan dengan nilai *saving* terbesar.
7. Hitung banyaknya jumlah permintaan dari konsumen yang telah terpilih.
8. Pilih pelanggan selanjutnya yang akan ditugaskan berdasarkan kombinasi pelanggan terakhir yang terpilih dengan nilai *saving* terbesar.
9. Semua permintaan barang yang dikirimkan ke pelanggan telah terpenuhi, hentikan prosedur ini.

Contoh penyelesaian masalah VRP dengan *Saving Matrix* adalah:

Langkah 1: menentukan matrik jarak, seperti dilihat pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Matriks Jarak

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	**Jumlah permintaan**
V_1	0						
V_2	7	0					10
V_3	0	4	0				6
V_4	2	4	0	0			9
V_5	2	1	2	3	0		7
V_6	0	1	3	0	5	0	11

Sumber: Suparmi, 2020

Langkah 2: Mengidentifikasi *saving matrix*. Seperti pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 *Saving Matrix*

	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V_1					
V_2	0				
V_3	3	0			
V_4	5	2	0		
V_5	8	0	1	0	
V_6	6	-3	2	-3	0

Sumber: Suparmi,2020

Saving matrix diperoleh Dengan menggunakan persamaan $S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{1i}$ hitung matriks penghematannya. Savings (V_2, V_3) = $J(V_1, V_2)$ + $J(V_1, V_3$) − $J(, V_2, V_3$) = 7 + 0 − 4 = 3. Kemudian hasil penghematan antar sepasang pelanggan atau toko dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Langkah 3: menetapkan pelanggan untuk rute kendaraan

Pertama, buat masing-masing pelanggan sebagai rute yang independen. Ada lima rute untuk memulai. Kemudian, cari penghematan terbesar antara dua pelanggan dari Tabel 2.6. Penghematan antara pelanggan V_2, dan V_5 adalah yang terbesar yaitu 8. Pelanggan V_2, dan V_5, dapat digabungkan untuk membentuk rute baru dengan total permintaan 10 + 7 = 17, total permintaan tersebut masih dapat memenuhi kapasitas kendaraan yang ada. Kemudian akan disisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar ke dalam rute V_2, → V_5, sehingga rute yang memungkinkan dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Langkah Penambahan Titik Rute 1

Rute Asal	**Rute Tujuan**	**Penghematan dengan V_2,V_5**
V_2,V_5	V_3	$(V_2 \rightarrow V_5)$+ $(V_3 \rightarrow V_5)$ = 3+0 =3
	V_4	$(V_2 \rightarrow V_4)$+ $(V_4 \rightarrow V_5)$ = 5+1 =6
	V_6	$(V_2 \rightarrow V_6)$+ $(V_6 \rightarrow V_5)$ = 3+0 =3

Sumber: Suparmi,2020

Pilih nilai penghematan yang terbesar yaitu 6 pada rute V_2dan V_4. Sehingga rute tersebut memuat pelanggan V_2, V_5 dan V_4 dengan rute yang terbentuk sebagai berikut: $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_5 \rightarrow V_4 \rightarrow V_1$ dengan total jarak 7 + 1 + 3 + 2 = 13 atau

$V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5 \rightarrow V_1$ dengan total jarak 7 + 4 + 3 + 2 = 16. Pilih rute yang memiliki total jarak terkecil, sehingga rute yang terbentuk adalah $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_5 \rightarrow V_4 \rightarrow V_1$. Total permintaan dari rute tersebut adalah 10 + 7 + 9 = 26, total permintaan tersebut masih dapat memenuhi kapasitas kendaraan yang ada. Sehingga rute yang memungkinkan adalah seperti pada Tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8 Langkah Penambahan Titik Rute 2

Rute Asal	**Rute Tujuan**	**Penghematan dengan V_2,V_5**
V_2,V_5, V_4	V_3	$(V_2 \rightarrow V_3)$+ $(V_5 \rightarrow V_3)$ + $(V_4 \rightarrow V_3)$ = 3+0+2=3
	V_6	$(V_2 \rightarrow V_6)$+ $(V_5 \rightarrow V_6)$ + $(V_4 \rightarrow V_6)$ = 6+(-3)+2 =5

Sumber: Suparmi, 2020

Selanjutnya akan disisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar ke dalam rute $V2 \rightarrow V5 \rightarrow V4$, sehingga rute yang memungkinkan dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Kemudian rute tersebut terus dipenuhi hingga dapat menampung semua kapasitas dengan menyisipakan pelanggan dengan kapasitas terbesar lainnya sehingga diperoleh rute akhir sebagai berikut: $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_6 \rightarrow V_3 \rightarrow V_5 \rightarrow V_4 \rightarrow V_1$ dengan total jarak 7 + 1 + 3 + 2 + 3 + 2 = 18 dan total permintaan 10 + 7 + 9 + 6 + 11 = 43 (Suparmi, 2020).

Pilih penghematan terbesar yaitu 5 pada rute V_2 dan V_3. Sehingga rute tersebut memuat pelanggan V_2, V_5, V_4 dan V_3. Jarak $V_2 \rightarrow V_3$ = 4, $V_5 \rightarrow V_3$ = 2 dan $V_2 \rightarrow V_6$ = 0. Karena V_3 memiliki jarak terdekat dengan V_5, sehingga V_3 akan disisipkan antara $V5$. Maka rute yang terbentuk sebagai berikut: $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_5 \rightarrow V_4 \rightarrow V_1$ dengan total jarak 7 + 4 + 2 + 3 + 2 = 18 dan total permintaan 10 + 7 + 9 + 6 = 32, total permintaan tersebut memenuhi kapasitas kendaraan yang ada. Selanjutnya pilih $V6$ sebagai pelanggan yang masuk ke dalam rute.

Jarak $V_2 \rightarrow V_6$ = 1, $V_3 \rightarrow V_6$ = 3, $V_5 \rightarrow V_6$ = 5 dan jarak $V_4 \rightarrow V_6$ tidak ada, maka pilih jarak antara $V2$ dan $V6$ yang memiliki jarak terdekat. Sehingga rutenya menjadi $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_6 \rightarrow V_3 \rightarrow V_5 \rightarrow V_4 \rightarrow V_1$ dengan total jarak 7 + 1 + 3 + 2

+ 3 + 2 = 18 dan total permintaan 10 + 7 + 9 + 6 + 11 = 43, total permintaan tersebut masih dapat memenuhi kapasitas kendaraan yang ada.

2.8.2 *Nearest Neighbor*

Metode *Nearest Neighbour* adalah bagian dari metode *heuristic* yang sering digunakan dalam pemecahan VRP. Metode *heuristic* merupakan metode penentuan rute optimal untuk persoalan kombinatorial. Berbeda dengan solusi eksak yang menentukan nilai solusi tercepat, metode ini mencari solusi permasalahan dengan mendapatkan nilai yang paling optimal dari suatu bagian tertentu dari masalah utama. Pada algoritma ini, peraturannya hanya pergi ke pelanggan dengan jarak terdekat yang belum dikunjungi dengan mengikutkan beberapa batasan (Kusumawardani, 2011).

Pada prinsipnya adalah selalu menambahkan daerah tujuan yang jaraknya paling dekat dengan daerah tujuan yang kita kunjungi terakhir. Diawali dengan mencari dua objek terdekat dan keduanya membentuk *cluster* yang pertama. Pada langkah selanjutnya terdapat dua kemungkinan, yaitu (Kusumawardani, 2011) :

a. Objek ketiga akan bergabung dengan cluster yang telah terbentuk, atau
b. Dua objek lainya akan membentuk *cluster* baru. Sebagai contoh matrik jarak dapat dilihat pada Tabel 2.9 sebagai berikut.

Tabel 2.9 Matrik Jarak

	A	**B**	**C**	**D**	**E**
A	0	1	5	6	8
B	1	0	3	8	7
C	5	3	0	4	6
D	6	8	4	0	2
E	8	7	6	2	0

Sumber: Kusumawardani, 2011

Tahapan penyelesaiannya adalah sebagai berikut (Kusumawardani, 2011)

a) Mencari objek dengan jarak minimum

   A dan B mempunyai jarak terdekat, yaitu 1.0 maka objek A dan B bergabung menjadi satu cluster.

b) Menghitung jarak antar *cluster* AB terhadap objek lainnya

D(AB)C = min {dAC, dBC}= dBC= 3

D(AB)D = min {dAD, dBD}= dAD= 6

D(AB)E = min {dAE, dBE}= dBE= 7

Dengan demikian terbentuk matriks jarak yang baru seperti pada Tabel 2.10 sebagai berikut:

Tabel 2.10. Matrik Jarak Baru

	AB	**C**	**D**	**E**
AB	0	3	6	8
C	3	0	4	6
D	6	4	0	2
E	7	6	2	0

Sumber: Kusumawardani, 2011

c) Mencari objek jarak terdekat

D dan E mempunyai jarak yang terdekat yaitu 2 maka objek D dan E bergabung menjadi satu cluster.

d) Menghitung jarak antara cluster dengan objek lainnya

D(AB)C = 3.0

D(AB)(DE) = min {dAD, dAE, dBD, dBE} = dAD = 6.0

D(DE)C = min {dCD, dCE} = dCD = 4.0

e) Mencari jarak terdekat antara cluster dengan objek dan diperoleh objek C bergabung dengan cluster AB

f) Pada langkah yang terakhir, cluster ABC bergabung dengan DE sehingga terbentuk cluster tunggal.

2.9. Gambaran Umum Wilayah

Secara astronomis, Kabupaten Aceh Selatan terletak antara 03º 12' 00" - 03º 36' 00" Lintang Utara dan 96º 48' 00" - 97º 36' 00" Bujur Timur dengan ketinggian wilayah rata-rata sebesar 25 meter di atas permukaan laut (mdpl). Wilayah Kabupaten Aceh Selatan memilikki luas 4.173,82 km2 dan terdiri dari 18 Kecamatan yang melintang dari selatan hingga utara. Batas Administratif Kabupaten Aceh Selatan ialah:

- Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Aceh Barat Daya dan Gayo Lues;
- Sebelah Selatan berbatasan dengan kota Subulussalam dan Kabupaten Aceh Singkil;
- Sebelah barat berbatasan dengan Samudra Hindia;
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Aceh Tenggara.

Tapaktuan merupakan ibu kota Kabupaten Aceh selatan, yang populasinya mencapai 23.100 jiwa dengan luas daerah 100,73 Km^2 dan tinggi wilayah 11 mdpl. Peta lokasi Tapaktuan dapat dilihat pada lampiran 5. Luas wilayah kecamatan yang ada di Kabupaten Aceh Selatan dapat dilihat pada Tabel 2.11 sebagai berikut.

Tabel 2.11 Wilayah Kabupaten Aceh Selatan

Kecamatan	**Luas Km^2**
Trumon	765,92
Trumon Timur	285,34
Trumon Tengah	123,5
Bakongan	57,62
Bakongan Timur	73,81
Kota Bahagia	244,63
Kluet Selatan	106,58
Kluet Timur	449,03
Kluet Utara	73,24
Pasie Raja	98,11
Kluet Tengah	801,08
Tapaktuan	100,73
Samadua	112,91
Sawang	189,38
Meukek	465,06
Labuhanhaji	54,83
Labuhanhaji Barat	95,5
Labuhanhaji Timur	76,56

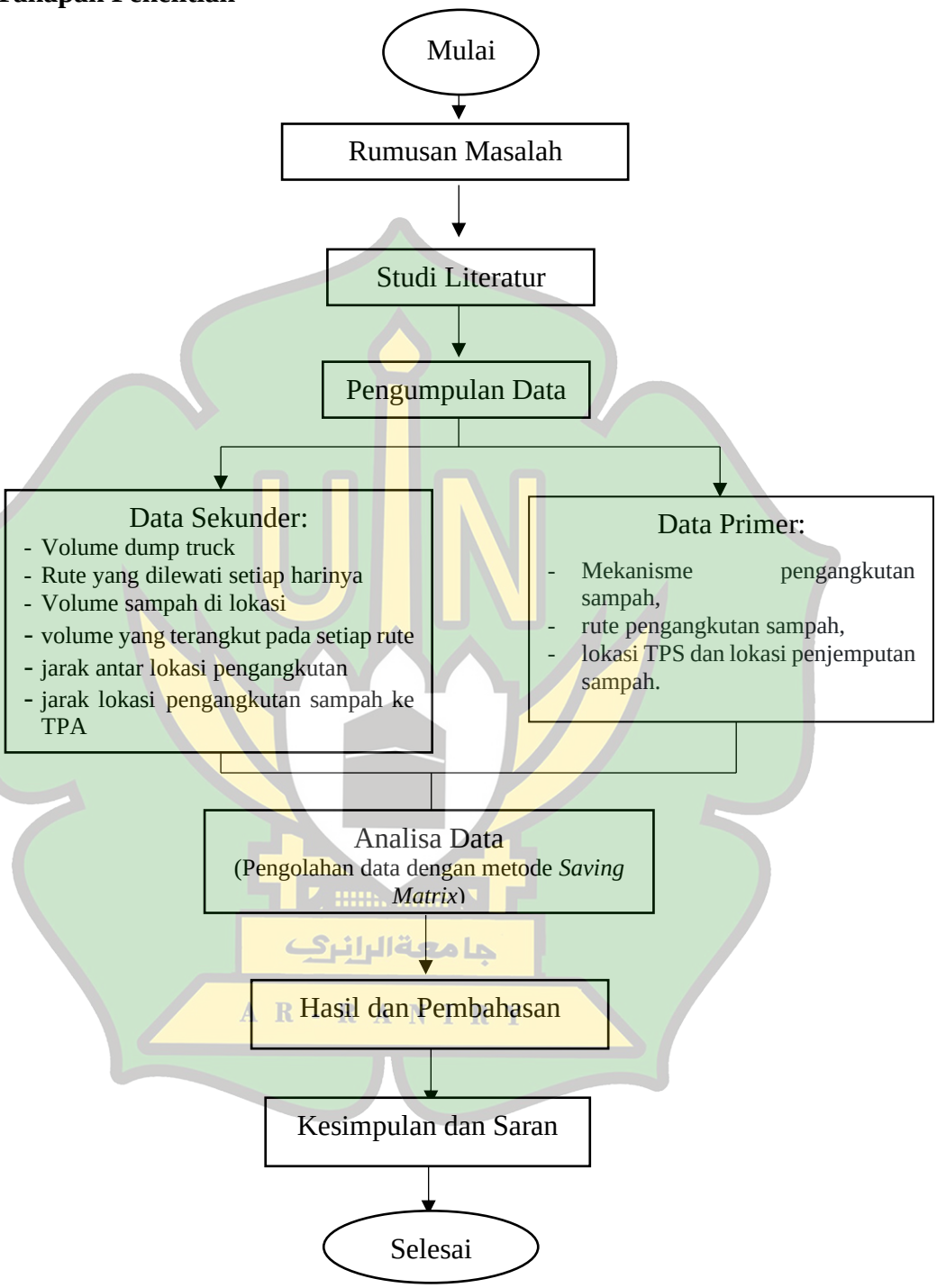
Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Selatan. 2018

Tapaktuan merupakan pusat pemerintahan Kabupaten Aceh Selatan. Tapaktuan memiliki 16 gampong/kelurahan yaitu Air Berudang, Air Pinang, Batu Itam, Gunung Kerambil, Lhok Rukam, Panjupian, Panton Luas, Hulu, Hilir, Jambo Apha, Lhok Bengkuang, Lhok Bengkuang Timur, Lhok Ketapang, Padang, Pasar, dan Tepi air. Peta Kota Tapaktuan dapat dilihat pada Lampiran 5.

BAB III

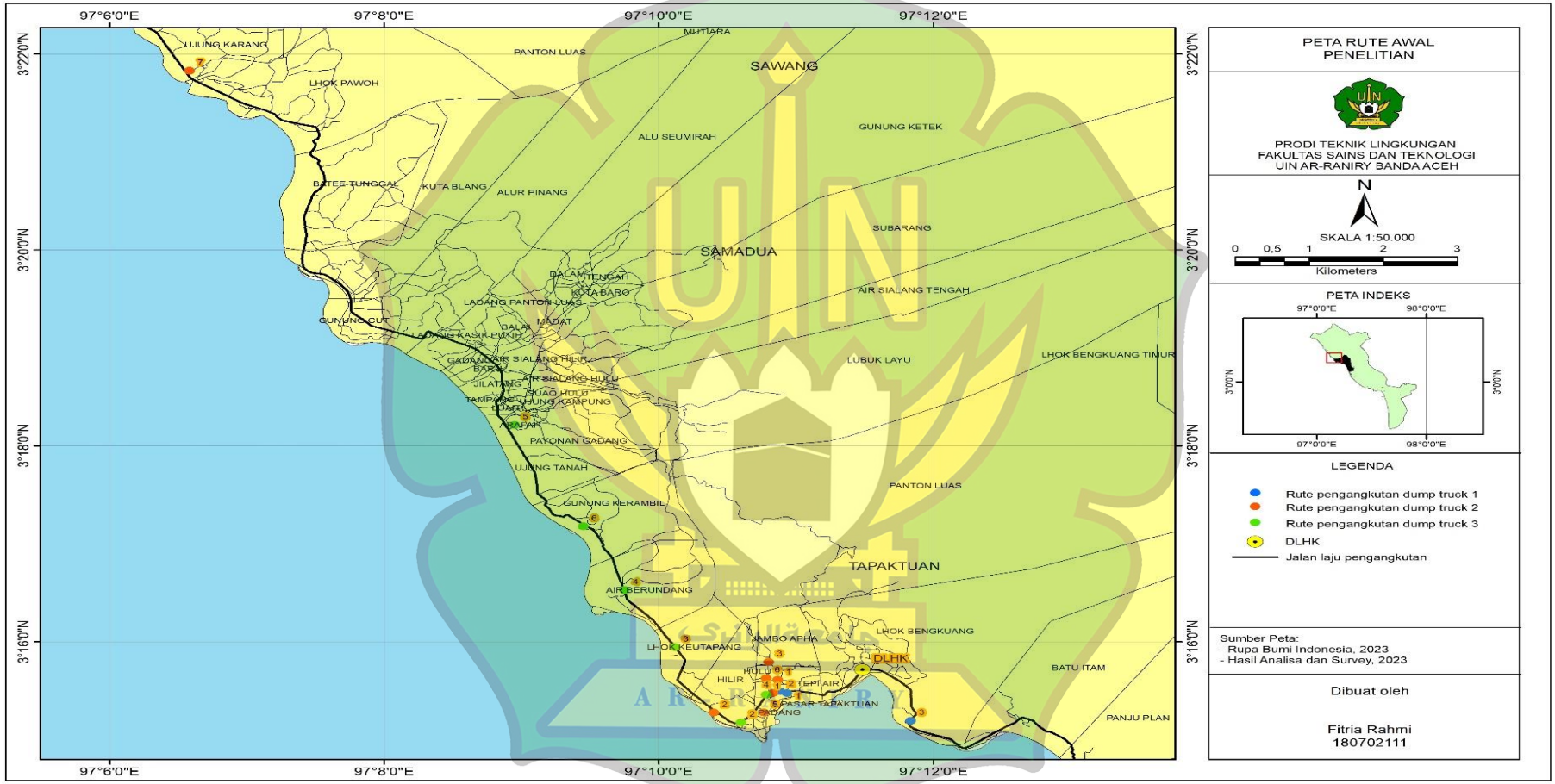
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

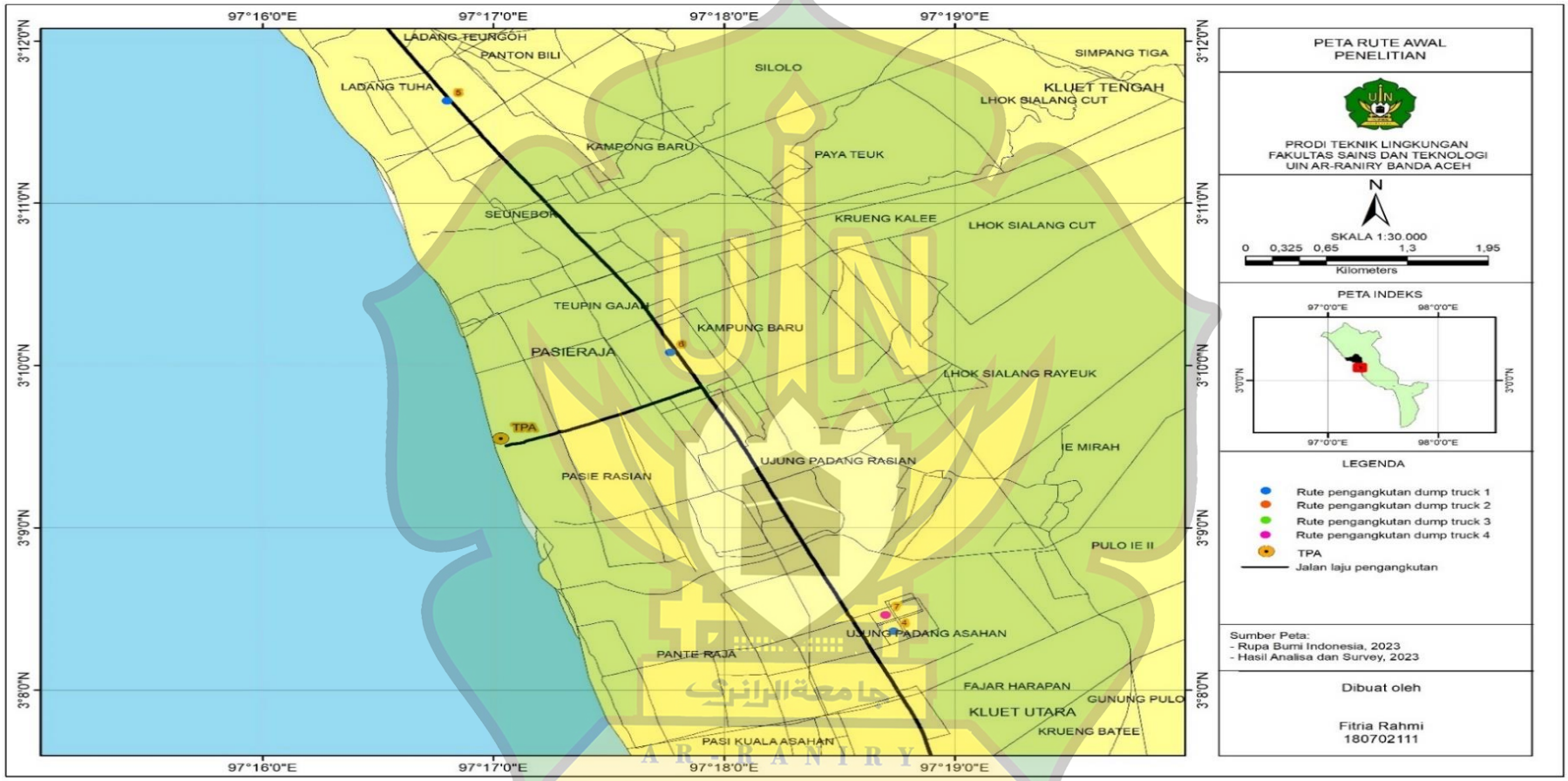


Gambar 3.1 Diagram Bagan Alir Penelitian

3.2 Tempat Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.2 Lokasi penelitian di Kota Tapaktuan



Gambar 3.3 lokasi penelitian di luar Kota Tapaktuan

3.3. Desain Survey

Kebutuhan data pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Tabel Kebutuhan Data

No	Rumusan Masalah	Indikator	Data	Analisis
1	Kondisi eksisting pengangkutan sampah	- Timbulan sampah - Rute pengangkutan sampah - Jumlah dan kapasitas truk - Biaya pengangkutan sampah	DLH Kabupaten Aceh Selatan	Survey lapangan
2	Pengoptimalan rute pengangkutan sampah dengan metode *Saving matrix*	- Rute pengangkutan - Kapasitas truk - Sistem pengangkutan	Metode *Saving matrix*	Pengolahan data

3.4. Metode Penelitian

Metode penilitian yang dilakukan adalah metode kuantitatif. Metode ini digunakan untuk mengetahui kapasitas alat pengangkut sampah, jadwal/waktu pengangkutan sampah, karakteristik sarana pengangkut, jarak dan waktu yang ditempuh, kondisi jalan daerah operasi, rute pengangkutan sampah dan untuk mengetahui biaya operasional optimum.

3.5. Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini diperoleh dari:

1. Studi literatur

   Studi literatur merupakan studi yang dilakukan untuk menganalisis data melalui penelitian terdahulu sebagai pertimbangan.

2. Tinjauan lapangan

   Tinjauan lapangan dilakukan untuk mendapatkan data primer dan data sekunder langsung dilapangan.

a. Data primer

Data primer berupa data yang dihasilkan dari pengamatan langsung dilapangan. Adapun datanya berupa mekanisme pengangkutan sampah, dan pekerja di TPS mengenai jadwal layanan kedatangan truk pengangkut sampah.

b. Data sekunder.

Data sekunder berupa data yang diperoleh dari dokumen dari DLHK Aceh Selatan mengenai kondisi eksisting pengangkutan sampah, juga wawancara dengan armada pengangkutan sampah. Data yang diperoleh berupa jumlah mobil pengangkut sampah beserta volume kapasitas mobil, rute yang dilewati tiap *dump truck* dan volume yang terangkut pada setiap rute, juga jarak yang ditempuh dalam satu rute dan dalam satu bulan, jarak antar lokasi pengangkutan sampah, jarak lokasi pengangkutan sampah ke TPA, volume rata-rata sampah tiap wilayah.

3.6. Pengolahan Data

Teknik pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan metode *Saving matrix*. Adapun tahapan-tahapannya sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data berupa: jumlah mobil *dump truck* yang beroperasi di kabupaten Aceh Selatan beserta volume kapasitas mobil, rute yang dilewati tiap amroll dan volume yang terangkut pada setiap rute, juga jarak yang ditempuh dalam satu rute dan dalam satu bulan, jarak antar lokasi pengangkutan sampah , jarak lokasi pengangkutan sampah ke TPA, volume rata-rata sampah tiap wilayah.
2. Menentukan matrik jarak

   Pada penelitian ini untuk mengetahui jarak antar lokasi menggunakan alat bantu *google maps* dengan memasukkan titik koordinat yang sudah ditentukan ke *google earth*. Kemudian digambarkan jarak dari lokasi satu ke lokasi berikutnya. Sehingga jarak antar lokasi dapat diketahui.
3. Menghitung matrik penghemat (*Saving*) digunakan rumus

   $$S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{1i} \quad (3.1)$$

   Matrix penghematan menunjukkan penghematan yang terjadi jika menggabungkan dua lokasi pengangkutan sampah yang memungkinkan ke

dalam satu truk sehingga dapat dilakukan penghematan jarak, waktu, dan biaya transportasi.

4. Mengalokasikan titik lokasi pengangkutan sampah ke sebuah rute pengangkutan.

   Langkah pertama yaitu tiap titik lokasi pengangkutan sampah dialokasikan pada truk atau rute yang berbeda. Langkah kedua yaitu menggabungkan dua rute yang didasarkan pada penghematan jarak yang diperoleh menggunakan rumus 3.1 yang terbesar serta dilakukan pengecekan apakah penggabungan tersebut layak atau tidak.

   Dikatakan layak jika total pengiriman yang harus dilalui melalui rute tersebut tidak melebihi kapasitas alat angkut. Penggabungan rute dititikberatkan pada penghematan jarak yang yang paling besar agar diperoleh efisiensi jarak, sehingga waktu yang dilalui akan semakin cepat. Pengecekan besarnya total pengiriman yang melalui suatu rute dilakukan dengan melihat jarak penghematan terbesar. Hal yang dilakukan setelah pemilihan jarak penghematan terbesar tersebut dilakukan penjumlahan oleh pasangan TPS yang memiliki penghematan terbesar sehingga dapat diketahui rute tersebut kurang dari atau sama dengan kapasitas dari alat angkut tersebut.

5. *Nearest Neighbor*

   Langkah berikutnya adalah menentukan urutan kunjungan dengan menggunakan metode *nearest neighbor* dan *nearest insert*. Metode *nearest neigbhour* merupakan prosedur memulai rute kendaraan dari jarak yang paling dekat dengan depot (pool). Rute selanjutnya yaitu titik pengangkutan yang paling dekat dengan titik pengangkutan pertama yang sudah dikunjungi. Prosedur ini terus berulang sampai semua titik pengangkutan masuk ke dalam rute perjalanan. Metode ini pada dasarnya membentuk rute perjalanan dengan memilih konsumen yang terdekat dari lokasi awal.

   Pada prinsipnya, tujuan dari pengurutan ini adalah untuk meminimumkan jarak perjalanan kendaraan. Data yang digunakan adalah data matrik jarak yang dihasilkan setelah dilakukan perhitungan sebelumnya.

6. Efisiensi biaya

   Mengurutkan rute dengan melihat jarak yang terdekat pada matriks jarak. Menghitung total jarak yang ditempuh setiap *dump truck*, mengitung total jarak yang ditempuh semua *dump truck*, menghitung persentase penghematan pada rute optimal.

7. Perencanaan Rute pengangkutan sampah terbaru.

   Langkah pertama yaitu tiap titik pengangkutan dialokasikan pada truk atau rute yang berbeda. Langkah kedua yaitu menggabungkan dua rute yang didasarkan pada penghematan jarak yang diperoleh menggunakan rumus (3.1) yang terbesar serta dilakukan pengecekan apakah penggabungan tersebut layak atau tidak.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Eksisting Persampahan

4.1.1. Sumber Sampah

Sampah yang dihasilkan oleh masyarakat di kawasan perkotaan Tapaktuan terdiri atas:

a. Sampah Domestik

Sampah domestik terdapat pada pemukiman masyarakat di Tapaktuan, sampah ini berasal dari aktivitas dapur, sampah pohon di halaman maupun kegiatan rumah tangga lainnya;

b. Sampah Non Domestik

Sampah non domestik atau komersial terdapat pada pasar Inpres Tapaktuan, sampah yang dihasilkan berupa sisa-sisa bahan pembungkus makanan maupun sisa bahan-bahan yang diperjual belikan dan tidak dapat dimanfaatkan lagi, kebanyakan berupa sisa sayuran dan buah-buahan. Sampah sepanjang jalan, merupakan sampah yang bersal dari pejalan kaki, pengendara kendaraan maupun berasal dari pengguna jalan lain. Sampah jalan ditangani oleh penyapu jalan baik dalam pengumpulan maupun pengangkutan. Sampah hotel dan penginapan yang terdapat di Kota Tapaktuan, sumber sampah ini berasal dari semua kegiatan hotel atau penginapan. Sampah yang dihasilkan biasanya berupa sampah kertas, makanan, sampah dapur dan lain-lain. Sampah perkantoran di wilayah Kota Tapaktuan, sampah yang berasal dari kantor-kantor di lingkup Kabupaten Aceh Selatan dan dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Selatan. Sampah rumah sakit umum Yulidin Awai, merupakan rumah sakit yang terdapat di Tapaktuan. Sampah yang berasal dari aktifitas rumah sakit termasuk sampah yang berasal dari kegiatan laboratorium. Sampah yang di buang ke TPA adalah sampah jenis non B3.

Volume sampah yang dihasilkan setiap harinya dapat dilihat pada Lampiran 1. Volume timbulan sampah yang dihasilan paling banyak terdapat pada Kecamatan Tapaktuan yaitu 30.146 ton/hari. Volume timbulan sampah yang paling sedikit terdapat pada Kecamatan Labuhanhajji Barat yaitu 2,33 ton/harinya.

4.1.2. Tingkat Pelayanan dan Daerah Pelayanan

Tingkat pelayanan yang dilayani oleh DLH Kabupaten Aceh Selatan untuk saat ini hanya melayani 27 % dari keseluruhan. Daerah pelayanan persampahan untuk daerah terlayani saat ini meliputi: Sebagian Kecamatan Samadua, Kota Tapaktuan, Pasar inpres Kota Tapaktuan, sebagian Kecamatan Kluet utara, sebagian Kecamatan Sawang dan Sebagian Kecamatan Pasie Raja. Peta wilayah yang dilayani dapat dilihat pada Lampiran 7.

Pelayanan pengelolaan sampah di Kabupaten Aceh selatan lebih spesifiknya dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.1 Data Pelanggan Sampah Di Kabupaten Aceh Selatan

No	Lokasi		Jumlah Pelanggan
	Kecamatan	Gampong	
1	Tapaktuan	Hilir	122
2	Tapaktuan	Gunung Kerambil	9
3	Tapaktuan	Lhok Ketapang	112
4	Tapaktuan	Padang	131
5	Tapaktuan	Hulu	89
6	Tapaktuan	Tepi Air	26
7	Tapaktuan	Pasar	112
8	Tapaktuan	Jambo Apha	83
9	Tapaktuan	Lhok Bengkuang	77
10	Tapaktuan	Air Berudang	30
11	Samadua	Arafah	147
12	Sawang	Ujung Karang	26
13	Pasie Raja	Kampung Baru	70
Jumlah			1034

Sumber: DLH Kabupaten Aceh Selatan, 2021

Di kawasan Tapaktuan sendiri DLH melayani 16 gampong/kelurahan yaitu Air Berudang, Air Pinang, Batu Itam, Gunung Kerambil, Lhok Rukam, Panjupian, Panton Luas, Hulu, Hilir, Jambo Apha, Lhok Bengkuang, Lhok Bengkuang Timur, Lhok Ketapang, Padang, Pasar, dan Tepi air. Pelayanan persampahan hampir

melayani keseluruhan dari Kota Tapaktuan dikarenakan Tapaktuan merupakan kawasan perkotaan yang padat penduduk dan pusat segala aktivitas perkantoran

4.1.3. Aspek Teknis Operasional

4.1.3.1. Pewadahan

Fasilitas Pewadahan sampah yang disediakan oleh DLH Kabupaten Aceh Selatan berupa kontainer, bak sampah dan juga tong sampah 100 L. Pemilahan sampah secara mandiri sebelum diletakkan ke dalam tempat pewadahan belum dilakukan oleh masyarakat di wilayah yang terlayani. Masyarakat disini hanya menampung sampah seadanya dengan kantong plastik yang kemudian dijemput oleh becak motor untuk di bawa ke kontainer. Sebagian masyarakat ada yang membuang sampah langsung ke kontainer terdekat atau meletakkan sampah di pinggir jalan untuk dikumpulkan oleh *dump truck* dan dibawa langsung ke TPA. Pemerintah juga menyediakan tempat sampah berukuran 100 L yang diletakkan di sepanjang jalan protokol, dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan juga kontainer yang diletakkan di tempat umu seperti pasar seperti pada Gambar 4.2. Lokasi pewadahan sampah dapat dilihat pada Tabel 4.2, peta lokasi pewadahan dapat dilihat pada lampiran 6. Sedangkan untuk daerah yang tidak terlayani masih membakar sampah dihalaman rumah ataupun lahan kosong dan sungai.

Gambar 4.1 Pewadahan Sampah 100 L

Gambar 4.2 Kontainer

Tabel 4.2 Lokasi Tempat Pewadahan Sampah

No	Nama	Lokasi	Jumlah (unit)	Volume (m^3)
1	Kontainer	TPA Pasie Raja	3	6
		TPS Tapaktuan	4	6
		RSU Yulidin Away	2	6
		SMA Unggul Tapaktuan	1	6
		Pasar Inpres Tapaktuan	2	6
		Pesantren Darul Aitami	1	6
		Desa Batu Itam	1	6
		Kluet Timur	1	6
		Kota Fajar	3	6
		Kandang	1	6
2	Bak Sampah	Batalion	4	4
3	Tong Sampah	Tapaktuan dan Samadua	938	0,1

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Selatan, 2021

Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Aceh Selatan sudah bekerja sama dengan beberapa pihak kecamatan, yaitu Kecamatan Kluet Utara dan Kluet Timur, fasilitas yang diberikan oleh DLH Kabupaten Aceh yaitu setiap Kecamatan memiliki 1 unit truk sampah. Persampahan yang ada pada Kecamatan Kluet Utara dan Kluet Timur sudah ditangani oleh pihak Kecamatan masing-masing.

4.1.3.2.Pengumpulan

Jenis pola pengumpul sampah bergantung pada daerah pelayanan, tingkat sosial-ekonomi, sarana dan prasarana yang dilayani. Sistem pengumpulan sampah di daerah terlayani terbagi atas beberapa pola sebagai berikut:

a. Pola komunal langsung

   Masyarakat membuang langsung ke TPS terdekat (kontainer) yang kemudian sampah dari TPS tersebut dikumpulkan oleh truk sampah untuk diangkut ke TPA.

b. Pola individual langsung

   Merupakan kegiatan pengambilan sampah dari rumah ke rumah dan diangkut langsung ke tempat pembuangan akhir tanpa melalui kegiatan pemindahan. Pola individual langsung dengan truk untuk jalan dan fasilitas umum seperti yang dilakukan di daerah Kota Tapaktuan, Samadua dan Pasie raja.

c. Pola individual tidak langsung

   Masyarakat memanfaatkan jasa petugas yang mengambil sampah dari rumah ke rumah memakai alat pengumpul seperti becak motor. Sampah yang sudah dijemput kemudian dibawa ke TPS. Terdapat di wilayah Kota Tapaktuan yang tidak bisa dijangkau oleh *dump truk*.

d. Pola penyapuan jalan

   Penyapuan dilakukan oleh petugas penyapu jalan. Hasil sapuan jalan akan dikumpukan dengan becak sampah dan dibawa ke kontainer terdekat untuk kemudian dibawa menuju TPA oleh truk pengangkut sampah.

4.1.3.3.Pengangkutan

Sarana pengangkutan sampah yang dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Selatan berupa *dump truck*, *armroll truck* dan becak motor. Pengangkutan sampah menggunakan armada *dump truck* dan becak motor dilakukan dengan sistem pengutipan. *Dump truck* digunakan untuk pengutipan sampah di jalanjalan utama fasilitas kota seperti pasar. Sampah yang telah di ambil kemudian langsung dibawa menuju TPA. Becak Motor digunakan untuk pengutipan sampah pada lokasi-lokasi lain yang tidak dapat dilalui oleh *dump truck* dan *armroll truck* terutama pada komplek perumahan. Sampah yang telah dikutip oleh becak motor dipindahkan ke kontainer terdekat.

Pengelolaan sampah di Kabupaten Aceh Selatan bertumpu pada Peraturan Bupati Aceh Selatan Nomor 41 Tahun 2019 Tentang Kebijakan Dan Strategi Daerah Dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga Di Kabupaten Aceh Selatan, Qanun No. 2 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Sampah, Qanun Kab, No.04 Tahun 2012 tentang Retribusi Pelayanan Persampahan/Kebersihan, dan Qanun Kab.No. 07 Tahun 2007 tentang Retribusi Pelayanan Persampahan. Volume sampah yang ditangani oleh Dinas Lingkungan Hidup kabupaten Aceh Selatan mencapai 12,02 ton/hari data terlampir pada lampiran I. Cakupan pelayanan persampahan untuk daerah terlayani saat ini meliputi: Sebagian Kecamatan Samadua, Kota Tapaktuan, Pasar inpres Kota Tapaktuan, sebagian Kecamatan Kluet utara, sebagian Kecamatan Sawang dan Sebagian Kecamatan Pasie Raja.

4.1.3.3.1. Jumlah Sampah yang Terangkut

Sampah yang dihasilkan oleh masyarat diangkut oleh armada pengangkutan sampah setiap harinya. Jumlah sampah yang terangkut dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Perbandingan Jumlah Sampah yang Terangkut dengan Jumlah Produksi Sampah

No	Uraian	Satuan	Tahun		
			2019	2020	2021
1	Jumlah Sampah Yang Terangkut	m^3/hari	35,14	35,71	36,42
2	Jumlah Produksi Sampah	m^3/hari	94047,6	95232,4	945.948
3	Persentase Jumlah Sampah Terangkut	%	37,36	37,5	38.50

Sumber: Sumber: DLH Kabupaten Aceh Selatan, 2021

Jumlah sampah yang terangkut pada tahun 2021 adalah 36,42 m^3/ hari sedangkan jumlah produksi sampah masyarakatnya adalah sebesar 945.948 m^3/hari. Sampah yang terangkut hanya 38.50% dari total produksi sampah hal ini dikarenakan terbatasnya armada pengangkutan sampah serta akses jalan yang belum memadai.

4.1.3.3.2. Armada Pengangkutan Sampah

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Aceh Selatan terdapat beberapa sarana yang dimiliki oleh pihak DLH tersebut. Saranan dan prasarana tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.7 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Sarana dan Prasarana Dinas Lingkungan Hidup

No	Sarana dan Prasarana	Kondisi			Jumlah
		Baik	Rusak ringan	Rusak berat	
1	*Dump truck*	4	-		4
2	*Amroll Truck*	2	-	1	3
3	Truk penyiraman	1	1	-	2
6	Mobil Operasional Pertamanan	1	-	-	1
7	Mobil Pick Up	1	-	-	1
8	kendaraan Roda tiga	11	-	-	11
9	Kendaraan Roda Dua	15	1	-	15
10	Kontainer	21	-	-	21
11	Bulldozer	1	-	-	1
12	Exavator	1	-	-	1
13	mobil skylife	1	-	-	1

Sumber: Sumber: DLH Kabupaten Aceh Selatan,2021

Armada pengangkutan sampah yang dikelola DLH Kabupaten Aceh Selatan berupa *Dump Truck, Amroll Truck* dan becak motor. Terdapat 4 *dump truck*, 1 *amroll truck* dan 11 becak motor. *Dump truck* digunakan untuk pengutipan sampah di jalan-jalan utama fasilitas kota seperti pasar. Sampah yang telah di ambil kemudian langsung dibawa menuju TPA. Becak Motor digunakan untuk pengutipan sampah pada lokasi-lokasi lain yang tidak dapat dilalui oleh dump truck dan *armroll truck* terutama pada komplek perumahan. Sampah yang telah dikutip oleh becak motor dipindahkan ke kontainer terdekat. Sampah yang telah dikutip kemudian langsung dibawa menuju ke TPA. Untuk becak motor digunakan untuk mengutip sampah pada lokasi-lokasi lainnya yang tidak dapat dilalui oleh *Amroll truck* dan *Dump truck*.

Dump truck merupakan kendaraan angkut yang dilengkapi dengan sistem hidrolis untuk mengangkat bak dan membongkar muatan secara manual dengan tenaga kerja. Kapasitas *dump truck* bervariasi yaitu 6 m^3 , 8 m^3 , 10 m^3 , dan 14

m^3. Efisiensi penggunaan *dump truck* dapat dicapai apabila memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah trip atau ritasi perhari minimum 3 kali untuk jarak tempuh 20 km dan jumlah awak maksimum 3 orang. Sebaiknya *dump truck* dilengkapi dengan tutup terpal dalam perjalanan menuju ke TPA agar tidak mengganggu lingkungan. *Dump truck* yang melayani masyarakat dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.

Gambar 4.3 *Dump Truck*

DLH Kabupaten Aceh Selatan memiliki 4 *dump truck* dengan kapasitas 6 m^3 dan total sampah yang terangkut adalah 36,42 m^3/hari. Perhitungan jumlah *dump truck* yang dibutuhkan jika semua sampah yang dihasilkan diangkut menggunakan *dump truck* adalah sebagai berikut:

$$DT = \frac{\text{Total sampah yang terangkut}}{\text{Kapasitas Dump Truck}}$$

$$DT = \frac{36{,}42}{4} = 9 \text{ Truck}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, dengan jumlah sampah yang terangkut 36,42 m^3/Hari jumlah *dump truck* yang harus disediakan oleh DLH berjumlah 9 truck.

4.1.3.3.3. Rute dan Jarak Pengangkutan Sampah

Kapasitas masing-masing armada pengangkutan sampah berbeda. Pengangkutan sampah dilakukan sehari sekali dengan rute yang sudah ditentukan. Pengangkutan sampah dilakukan setiap hari kecuali hari Jum'at dengan 1 kali ritasi perharinya. Wilayah kerja pengangkutan sampah dapat dilihat pada Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Lokasi Operasional Armada Pengangkutan Sampah

	Wilayah Kerja	**Jarak (km)**	**Berat sampah (kg)**
Rute 1	X- Pegadaian- lampu merah- Batu Merah- Batalion- puskesmas Ladang Tuha- Kampung Baro- Y- X	68,1	2.070
Rute 2	X- Gampong Hulu- Hilir- Jambo Apha- Tepi Air- Gampong Padang- Jln.Syeh Abdurrauf- Kompi sawang- Y-X	91,7	2.660
Rute 3	X- Depan masjid agung kampong Hilir- Simpang Terpung- Lhok Ketapang- Air Berudang- Perumnas Samadua- Gunung Kerambil- Y- X	74,3	2.300
Rute 4	X- Pasar- Kampung Hilir- Jambo Apa- Tepi Air- Kampung Hulu- Taman RTH- Batalion- Y- X	57,2	1.910

Sumber: Sumber: DLH Kabupaten Aceh Selatan, 2021

Dimana:

X = Pangkalan

Y = TPA

Daerah yang dilayani oleh armada pengangkutan sampah merupakan area Perkotaan yang banyak terdapat kantor-kantor dan sekolah. Pengangkutan sampah dilakukan dengan sekali jalan dalam sehari, waktu kerja pengangkutan sampah seharinya adalah 6 jam. Daerah yang tidak terlayani oleh *dump truck* dan juga *amroll truck* diangkut dengan menggunakan becak motor. Becak Motor digunakan untuk pengutipan sampah pada lokasi-lokasi lain yang tidak dapat dilalui oleh *dump truck* dan *armroll truck* terutama pada komplek perumahan. Sampah yang telah dikutip oleh becak motor dipindahkan ke kontainer terdekat. Sampah yang telah dikutip kemudian langsung dibawa menuju ke TPA.

Rute pengangkutan sampah yang panjang masih bisa dioptimalkan sehingga didapatkan rute yang optimal untuk pengangkutan sampah. *Saving matrix* dapat mengatasi permasalahan rute ini dengan penggunaan armada yang telah tersedia

oleh DLH Kabupaten Aceh Selatan. Penelitian ini difokuskan untuk menangani penumpukan sampah yang terjadi di beberapa titik daerah layanan dengan mengefektifkan pola pengangkutan *door to door* yang menggunakan jenis armada berupa *Dump Truck* yang disediakan di DLHK Aceh Selatan.

4.1.3.4.Pengolahan

Di kabupaten Aceh selatan sendiri sekarang terdapat 2 TPS 3R yaitu di Gampong Ladang Tuha Pasie Raja dan Gampong Durian Kawan Kluet Timur (DLH Kabupaten Aceh Selatan, 2021). TPS 3R adalah tempat dilaksanakannya kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, dan pengolahan skala kawasan. Sampah yang masuk ke TPS 3R akan dipilah, diolah menjadi kompos dan didaur ulang.

4.1.4. Aspek Non Teknis

4.1.4.1.Aspek Kelembagaan

Instansi Pemerintah Kabupaten Aceh Selatan yang menangani terkait pengelolaan sampah (limbah padat) adalah Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Aceh Selatan yang lebih khusus, pengelolaan dilakukan oleh bidang persampahan. Struktur orgaanisasi Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Selatan dapa dilihat pada lampiran 1.2. Lembaga daerah yang berperan dalam pengelolaan sampah adalah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda). Peran kelembagaan dalam pengelolaan sampah adalah sebagai pengatur, pengontrol, pendamping dan pihak penanganan sampah.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

4.1.4.2.Aspek Pembiayaan

Pembiayaan pengelolaan sampah sampai saat ini sebagaian besar masih dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten Aceh Selatan melalui Dinas Lingkungan Hidup Aceh Selatan. Melalui Qanun No.4 Tahun 2012 Tentang Restribusi Pelayanan Persampahan struktur dan besarnya tarif restribusi ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 4.6 Struktur dan Tarif Retribusi di Aceh Selatan

No	Objek Retribusi	Tarif
A	Pelayanan sampah rumah tangga di tetapkan sebagai berikut :	
	1. Rumah permanen	Rp. 5000/bulan
	2. Rumah semi permanen	Rp. 5000/bulan
	3. Rumah non permanen	Rp. 5000/bulan
B	Pelayanan sampah tempat usaha	
	1. Hotel	Rp. 15.000/bulan
	2. Losmen	Rp. 10.000/bulan
	3. Penginapan	Rp. 10.000/bulan
	4. Restoran	Rp. 10.000/bulan
	5. Rumah Makan/ Warung	Rp. 10.000/bulan
	6. Toko	Rp. 10.000/bulan
	7. Apotik	Rp. 10.000/bulan
	8. Kios/ Usaha perorangan	Rp. 5000/bulan
C	Pelayanan Sampah Kantor Pemerintah dan Swasta	
	1. Kantor Pemerintah	Rp. 70.000/bulan
	2. Kantor BUMN/BUMD	Rp. 70.000/bulan
	3. Kantor Swasta	Rp. 50.000/bulan
	4. Rumah Sekolah/ Yayasan	Rp. 10.000/bulan
	5. Rumah Sakit Umum Dr. Yuliddin Awai Tapaktuan	Rp. 250.000/bulan
D	Pelayanan Sampah Perbengkelan	
	1. Bengkel Mobil	Rp. 10.000/bulan
	2. Bengkel Sepeda Motor	Rp. 7.500/bulan
	3. Bengkel Sepeda/Becak	Rp. 5.000/bulan
E	Pelayanan Sampah Industri	
	1. Industri Besar	Rp. 50.000/bulan
	2. Industri Menengah	Rp. 20.000/bulan
	3. Industri Kecil	Rp. 15.000/bulan
F	Pelayanan Sampah di Tempat Umum	
	1. Terminal Bus Angkutan Umum	Rp. 50.000/bulan
	2. Pelabuhan	Rp. 50.000/bulan
	3. Tempat Keramaian/ Pameran Dll	Rp. 25.000/bulan
G	Pelayanan Sampah Di Rumah Pejabat Daerah	
	1. Pendopo Bupati	Rp. 250.000/bulan
	2. Rumah Dinas Wakil Bupati	Rp. 200.000/bulan
	3. Rumah Dinas Ketua DPRK	Rp. 200.000/bulan
	4. Rumah Dinas Sekda	Rp. 150.000/bulan
	5. Rumah Agam	Rp. 100.000/bulan

(Sumber: Qanun No. 4 Tahun 2012 tentang restribusi pelayanan sampah Kabupaten Aceh Selatan)

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Jumlah total retribusi pada tahun 2021 di Kabupaten Aceh Selatan adalah Rp. 115.417.000 (DLH Kabupaten Aceh Selatan,2021).

4.1.4.3.Aspek Hukum dan Peraturan

Pemerintah Kabupaten Aceh Selatan telah menerbitkan Qanun No. 02 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Persampahan. Qanun ini terdiri dari 17 bab dan 35 pasal yang disahkan pada tanggal 3 November 2016. Qanun ini menjelaskan mengenai hak masyarakat dalam mendapatkan pelayanan persampahan serta memperoleh binaan agar dapat melakukan pengelolaan persampahn secara baik dan kewajiban setiap masyarakat dalam berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan serta kebijakan dibidang pengelolaan persampahan.

Qanun ini juga membahas mengenai perizinan setiap orang yang akan membuka usaha mengenai persampahan, penyelenggaraan pengelolaan persampahan, retribusi, mekanisme pengelolaan persampahan, peran serta masyarakat, pengawasan dan pembinaan, serta larangan dan sanksi administratif. Pembentukan Qanun ini diperlukan dalam rangka untuk kejelasan pengertian sampah, kepastian hukum bagi masyarakat, arahan dan wewenang untuk pemerintah demi terciptanya ketertiban dalam proses pengelolaan persampahan.

4.1.4.4.Aspek Peran Serta Masyarakat

Peran serta masyarakat Kabupaten Aceh Selatan pada pengelolaan persampahan diantaranya sebagai berikut:

a. Kesadaran masyarakat untuk ikut dalam menjaga kebersihan lingkungan, mengelola sampah secara mandiri jika tidak mendapat pelayanan dar petugas kebersihan;
b. Dapat mengikuti pola penanganan sampah oleh petugas kebersihan seperti pewadahan sampah dalam wadah plastik/karung/ember/keranjang dan mengeluarkannya ke depan rumah pada waktu yang ditentukan, yaitu pagi hari;
c. Kemauan masyarakat yang mendapatkan pelayanan pengelolaan persampahan untuk membayar restribusi sampah;
d. Kemauan masyarakat dalam menyediakan pewadahan secara sukarela.

Permasalahan pada sistem eksisting pengelolaan persampahan Kabupaten Aceh Selatan untuk aspek teknis operasional yaitu sarana dan prasarana belum memadai, sedangkan untuk aspek non teknis operasional meliputi kurangnya sosialisasi peraturan dan kesadaran masyarakat yang masih rendah. Untuk itu dibutuhkan analisa kebutuhan dan pengembangan terkait masalah pengelolaan sampah di Kabupaten Aceh Selatan.

4.2. Matrik jarak

Matrik jarak diperoleh dari perjalanan armada pengangkutan sampah dari pangkalan ke tempat penjemputan pertama dan seterusnya, lokasi penjemputan pertama ke lokasi kedua dan selanjutnya hingga semua lokasi diketahui jaraknya. Matrik jarak diperoleh melalui *google map* dengan titik lokasi penjemputan ditentukan dengan *google earth*. Matrik jarak dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

4.3. Matrik penghemat

Diasumsikan bahwa lokasi pengangkutan sampah dijemput satu kali. Contoh pegadaian (lokasi 1) dan lampu merah (lokasi 2) dikunjungi secara terpisah maka jarak yang akan dilalui adalah depot lokasi 1 kembali ke depot, demikian juga dengan lokasi 2. Jika lokasi 1 dan lokasi 2 digabungkan maka didapat:

$S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{1i}$

= 1, 3 + 1,7- 1

= 2

Matrik penghemat bisa dilihat pada tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.7 Matrik Jarak

	X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	Y	Volume (m^3)
X	0																												
Lokasi 1	1,3	0																											0,26
Lokasi 2	1,7	1	0																										0,26
Lokasi 3	1,5	0,9	3,1	0																									0,7
Lokasi 4	24	25	26	22	0																								0,7
Lokasi 5	16	17	18	1,5	7,9	0																							0,53
Lokasi 6	20	20	21	18	6,3	3,5	0																						0,7
Lokasi 7	2	21	2	3,4	26	18	21	0																					1
Lokasi 8	2,5	0,7	1,7	3,9	26	18	22	1,3	0																				0,8
Lokasi 9	2,6	1,2	2,5	4,1	27	19	21,5	0,65	1,7	0																			0,8
Lokasi 10	1,5	1,3	1,4	2,9	25	17	20	0,4	1,2	1,1	0									`									0,6
Lokasi 11	2	0,15	0,55	3,4	26	18	21	0,75	0,95	1,3	0,85	0																	1
Lokasi 12	1,9	0,7	1,8	3,3	43	18	21	0,18	1,2	0,55	0,75	0,8	0																1
Lokasi 13	19	0,6	18	20	26	35	38	18	16	18	18	17	18	0															1
Lokasi 14	1,7	18	1,6	3,1	8,1	18	21	0,45	0,85	0,9	0,3	0,4	0,4	17	0														0,55
Lokasi 15	2,2	0,7	0,95	3,7	26	18	22	1,1	0,8	1,5	1,1	0,45	1	16	0,8	0													0,3
Lokasi 16	7,6	0,75	0,95	9,1	32	24	26	6,4	4,7	6,9	6,4	5,8	6,4	15	6,2	5,4	0												0,8
Lokasi 17	5,8	6,3	4,5	7,2	30	22	25	4,6	2,9	5	4,6	3,9	4,5	14	4,3	3,5	5,5	0											0,5
Lokasi 18	8	8,1	11	33	33	25	29	8,2	6,2	8,6	8,2	7,5	8,1	10	7,9	7,1	9,1	4,1	0										1,2
Lokasi 19	7,1	5,8	5,8	8,5	31	23	27	5,9	4,2	6,4	5,9	5,2	5,8	12	5,6	4,8	6,8	1,8	2,8	0									0,9
Lokasi 20	2,4	1,1	1	3,5	26	16	22	1,2	0,8	1,4	0,9	0,5	1,2	17	0,75	2,4	2,3	3,6	7,6	4,9	0								0,8
Lokasi 21	3,9	0,85	2,5	5,2	27	20	23	2,7	0,95	1,7	1,2	0,85	1,5	16	1,1	0,45	2,4	3,7	7,5	5,1	2	0							0,5
Lokasi 22	2,6	2,6	1,3	4	26	19	22	0,8	3,4	0,4	1,2	1,6	0,85	18	1,1	1,8	3,7	5	8,8	6,3	1,9	2,2	0						0,8
Lokasi 23	1,5	1,4	0,15	2,8	25	17	21	0,4	2,6	0,85	0,25	0,8	0,6	17,5	0,35	1	2,9	4,2	8	5,6	1,1	1,4	1	0					0,8
Lokasi 24	2,2	0,8	0,75	3,5	26	18	22	0,3	2,9	0,3	0,65	1,1	0,35	17	0,65	1,3	3,2	4,5	8,3	5,8	1,4	1,7	0,5	2	0				0,7
Lokasi 25	1,7	0,6	0,6	3,1	25	17	21	0,85	3,1	1,3	0,7	0,65	1,1	18	0,85	1,5	3,4	4,7	8,6	6	1,6	1,9	1,5	0,45	1	0			0,5
Lokasi 26	24	25	25	22	0,1	7,8	4,4	25	27	26	25	26	25	42	25	25	28	29	32	30	26	26	25	25	26	18	0		0,7
Y	23	25	26	21	5,7	7,9	6,3	26	25	27	24	26	26	43	26	26	32	30	33	31	26	27	26	26	26	25	5,6	0	

Tabel 4.8 Matrik Penghemat

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	Y
Lokasi 1	0																										
Lokasi 2	2	0																									
Lokasi 3	1,9	0,1	0																								
Lokasi 4	22,6	-0,3	3,5	0																							
Lokasi 5	-7,7	-0,3	16	32,1	0																						
Lokasi 6	4,3	0,7	3,5	37,7	32,5	0																					
Lokasi 7	-17,7	1,7	0,1	0	0	39	0																				
Lokasi 8	3,1	2,5	0,1	0,5	0,5	39,5	3,2	0																			
Lokasi 9	2,7	1,8	0	-0,4	-0,4	38,9	3,95	3,4	0																		
Lokasi 10	1,5	1,8	0,1	0,5	0,5	38,5	3,1	2,8	3	0																	
Lokasi 11	3,15	3,15	0,1	0	0	39	3,25	3,55	3,3	2,65	0																
Lokasi 12	2,5	1,8	0,1	-17,1	-0,1	39,1	3,72	3,2	3,95	2,65	3,1	0															
Lokasi 13	19,7	2,7	0,5	17	0	39	3	5,5	3,6	2,5	4	2,9	0														
Lokasi 14	-15	1,8	0,1	17,6	-0,3	39,3	3,25	3,35	3,4	2,9	3,3	3,2	3,7	0													
Lokasi 15	2,8	2,95	0	0,2	0,2	39,8	3,1	3,9	3,3	2,6	3,75	3,1	5,2	3,1	0												
Lokasi 16	8,15	8,35	0	-0,4	-0,4	38,4	3,2	5,4	3,3	2,7	3,8	3,1	11,6	3,1	4,4	0											
Lokasi 17	0,8	3	0,1	-0,2	-0,2	39,2	3,2	5,4	3,4	2,7	3,9	3,2	10,8	3,2	4,5	7,9	0										
Lokasi 18	1,2	-1,3	-23,5	-1	-1	41	1,8	4,3	2	1,3	2,5	1,8	17	1,8	3,1	6,5	9,7	0									
Lokasi 19	2,6	3	0,1	0,1	0,1	39,9	3,2	5,4	3,3	2,7	3,9	3,2	14,1	3,2	4,5	7,9	11,1	12,3	0								
Lokasi 20	2,6	3,1	0,4	0,4	2,4	39,6	3,2	4,1	3,6	3	3,9	3,1	4,4	3,35	2,2	7,7	4,6	2,8	4,6	0							
Lokasi 21	4,35	3,1	0,2	0,9	-0,1	39,1	3,2	5,45	4,8	4,2	5,05	4,3	6,9	4,5	5,65	9,1	6	4,4	5,9	4,3	0						
Lokasi 22	1,3	3	0,1	0,6	-0,4	39,4	3,8	1,7	4,8	2,9	3	3,65	3,6	3,2	3	6,5	3,4	1,8	3,4	3,1	4,3	0					
Lokasi 23	1,4	2,85	0,2	0,5	0,5	39,5	3,1	1,4	3,25	2,75	2,7	2,8	3	2,85	2,7	6,2	3,1	1,5	3	2,8	4	3,1	0				
Lokasi 24	2,7	3,15	0,2	0,2	0,2	39,8	3,9	1,8	4,5	3,05	3,1	3,75	4,2	3,25	3,1	6,6	3,5	1,9	3,5	3,2	4,4	4,3	1,7	0			
Lokasi 25	2,4	2,8	0,1	0,7	0,7	39,3	2,85	1,1	3	2,5	3,05	2,5	2,7	2,55	2,4	5,9	2,8	1,1	2,8	2,5	3,7	2,8	2,75	2,9	0		
Lokasi 26	0,3	0,7	3,5	47,9	32,2	0,4	1	-0,5	0,6	0,5	0	0,9	1	0,7	1,2	3,6	0,8	0	1,1	0,4	1,9	1,6	0,5	0,2	7,7	0	
Y	-0,7	-1,3	3,5	41,3	31,1	3,3	-1	0,5	-1,4	0,5	-1	-1,1	-1	-1,3	-0,8	-1,4	-1,2	-2	-0,9	-0,6	-0,1	-0,4	-1,5	-0,8	-0,3	41,4	0

4.4.3. Alokasi Lokasi ke Rute

Langkah selanjutnya adalah melakukan alokasi wilayah pengangkutan ke rute. Dari rute awal yang dibentuk kita bisa menggabungkan beberapa wilayah kedalam satu rute sesuai dengan kapasitas kendaraan. Penggabungan bisa dilakukan dengan berdasarkan matrik penghemat. Nilai matrik penghemat yang paling besar yang akan menjadi lokasi awal pengangkutan. Pengurutan rute dengan nilai saving tertinggi ke *saving* terendah dapat dilihat pada tabel berikut.

Kelompok rute 1 dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut:

Tabel 4. 9 Nilai Penghemat

No	Lokasi	Nilai Penghemat	Volume (m^3)
1	4	47,9	0,25
2	26	41,4	1
3	6	37,7	1,2
4	5	32,5	0,9
5	1	22,6	0,55
6	13	19.7	0,7
7	14	17,6	0,2
8	18	17	0,53
9	19	14	0,7
		Jumlah	6,03 m^3

Pada tabel diatas merupakan kelompok rute 1 yang didasarkan pada nilai penghemat tertinggi. Rute tersebut adalah sebagai berikut: lokasi 4- lokasi 26- lokasi 6- lokasi 5- lokasi 1- lokasi 13- lokasi 14- lokasi 18- lokasi 19

Atau:

Batalion - Batalion- kampung baro- puskesmas Ladang Tuha- pegadaian- kompi sawang- depan masjid kampung hilir- perumnas samadua- gunung kerambil.

Kelompok rute 2 dapat dilihat pada Tabel 4.10 sebagai beriktu:

Tabel 4.10. Nilai Penghemat

No	Lokasi	Nilai Penghemat	Volume (m^3)
1	3	16	0,7
2	16	11,6	0,8
3	17	11,1	0,26
4	2	8,35	1
5	24	6,6	0,5
6	23	6,2	0,8
7	21	5,9	0,7
8	8	5,5	0,8
9	11	5	0,5
		Jumlah	6,06 m^3

Rute 2 tersebut adalah sebagai berikut: lokasi 3- lokasi16- lokasi 17- lokasi 2- lokasi 24- lokasi 23- lokasi 21- lokasi 8- lokasi 11

Atau : Batu merah- Lhok ketapang- Air berudang- lampu merah- Kampung Hulu- Tepi air- Kampung Hilir- padang.

Kelompok rute 3 dapat dilihat pada Tabel 4.11 sebagai berikut:

Tabel 4.11 Nilai Penghemat

No	Lokasi	Nilai Penghemat	Kapasitas (Kg)
1	25	7,7	0,6
2	9	4,8	1
3	20	4,6	1
4	15	4,5	0,8
5	12	4,3	0,8
6	22	4,3	0,5
7	10	4,2	0,3
8	7	3,95	0,8
		Jumlah	5,8 m^3

Rute 3 adalah sebagai berikut: lokasi 25- lokasi 9- lokasi 20- lokasi 15- lokasi 12- lokasi 22- lokasi 10- lokasi 7

Atau: Taman RTH- Jambo apha- Pasar- Simpang terpung- Jln syeh Abdurrauf- Jambo apha- Tepi air- hulu

4.4.4. Rute Akhir Pengangkutan Sampah

Langkah selanjutnya adalah mengurutkan rute kunjungan berdasarkan metode *nearest neighbor*. Prinsipnya dengan memilih lokasi yang jika dimasukan ke dalam rute yang sudah ada menghasilkan jarak yang minimum (Lampiran 1.3). Hasil perhitungan dengan metode *nearest neighbor* adalah pada Tabel 4.13 sebagai berikut.

Tabel 4.12 Rute Pengangkutan Sampah

	Wilayah Kerja	**Jarak (km)**	**Berat sampah (kg)**
Rute 1	X- Pegadaian- kompi Sawang- Perumnas Samadua- Gunung kerambil- Hilir (Mesjid)- Bataliyon (masuk)- Puskesmas Ld Tuha- Kampung Baro- Bataliyon (keluar)- Y- X	72,8	3.140
Rute 2	X- Batu merah- Tepi air- lampu merah- padang- Hilir (pendopo)- kampung Hilir- kampung hulu- Lhok ketapang- Air berudang- Y-X	70,3	3.430
Rute 3	X- Tepi air- hulu- Jln syeh abdurrauf - Jambo apha- jambo apha- simpang terpung- taman RTH- Pasar - Y- X	56,9	2.160

Rute pengangkutan sampah yang telah dilakukan terdahulu tedapat 4 rute dengan 4 dump truck yang berbeda. Jarak yang ditempuh rute terdahulu adalah 291,3 Km, sedangkan setelah dilakukan perhitungan dengan metode *saving matrix* diperoleh jarak 200 km. Sedangkan dari banyaknya rute yang terbentuk terdapat pengurangan rute yang mana rute awal terdapat 4 rute sedangkan rute setelah *saving* terdapat 3 rute. Dengan begitu DLH dapat meminimalkan waktu pengiriman barang.

Pemilihan rute pada pengangkutan sampah ini berdasarkan jarak terpendek yang didapatkan dari *Google Maps*, tanpa mempertimbangkan kendala yang ada selama perjalanan dari titik lokasi penjemputan menuju ke TPA. Untuk penjadwalan pengangkuan sampah dilakukan pada saat aktivitas jalan tidak macet,

yaitu jam 05.00-07.00 wib, jam 09.00-11.00 wib, dan jam 15.00-17.00 wib. Peta rute pengangkutan sampah sesudah *saving matrix* dapat dilihat pada Gambar 4.5.

4.4.5. Efisiensi Biaya

Pengangkutan sampah yang dilakukan oleh *dump truck* berdasarkan rute yang sudah dibentuk oleh DLH kabupaten Aceh Selatan menghabiskan 360 liter per bulannya atau perharinya setara dengan 12 liter. Bahan bakar yang dipakai oleh dump truck berupa solar dengan harga Rp. 6.800/ liter. Dengan bahan bakar ini, setiap harinya truk hanya mampu menempuh jarak dari pangkalan ke daerah pelayanan lalu menuju TPA dan kembali lagi ke pangkalan. Pengangkutan sampah dilakukan 1 kali ritasi per harinya.

Hasil penghemat biaya yang diperoleh dari perbandingan rute yang terdahulu dengan rute yang telah diperbaharui. Diasumsikan bahwa 1 liter bahan bakar mampu menempuh jarak $\pm$6 Km tanpa hambatan (wawancara pihak DLH). Nilai perhitungan biaya rute awal dapat dilihat pada Tabel 4.13. Penghemat dapat dilihat pada Tabel 4.14 sebagai berikut.

Tabel 4.13 Perhitungan Biaya Rute Awal

Rute	Jarak (Km)	Jenis kendaraan	Solar (L)	Biaya	Km/L
1	68,1	*Dump truck*	Rp. 6.800	Rp. 28.170.700	6
2	91,7	*Dump truck*	Rp. 6.800	Rp. 37.933.233	6
3	74,3	*Dump truck*	Rp. 6.800	Rp. 30.735.433	6
4	57,2	*Dump truck*	Rp. 6.800	Rp. 23.661.733	6
			Total	Rp. 120.501.099	

Penjabaran dari tabel adalah sebagai berikut:

$$\text{Rute 1} = \frac{\text{Jarak}}{\text{Jarak yang ditempuh dalam 1 liter}} \text{x harga bahan bakar x 365 hari}$$

$$= \frac{68{,}1}{6} \text{ x Rp. 6.800 x 365 hari}$$

$$= \text{Rp. 28.170.000}$$

$$\text{Rute 2} = \frac{\text{Jarak}}{\text{Jarak yang ditempuh dalam 1 liter}} \text{x harga bahan bakar x 365 hari}$$

$= \frac{91,7}{6}$ x Rp. 6.800 x 365 hari

= Rp. 37.933.233

Rute 3 = $\frac{\text{Jarak}}{\text{Jarak yang ditempuh dalam 1 liter}}$ x harga bahan bakar x 365 hari

$= \frac{74,3}{6}$ x Rp. 6.800 x 365 hari

= Rp. 30.735.433

Rute 4 = $\frac{\text{Jarak}}{\text{Jarak yang ditempuh dalam 1 liter}}$ x harga bahan bakar x 365 hari

$= \frac{57,2}{6}$ x Rp. 6.800 x 365 hari

= Rp. 23.661.733

Tabel 4.14 Perhitungan Rute yang Telah Diperbaharui

Rute	Jarak (Km)	Jenis kendaraan	Solar (L)	Biaya	Km/L
1	70,7	*Dump truck*	Rp. 6.800	Rp. 29.246.233	6
2	71,3	*Dump truck*	Rp. 6.800	Rp. 29.494.433	6
3	57,4	*Dump truck*	Rp. 6.800	Rp. 23.744.466	6
			Total	Rp. 82.485.132	

Penjabaran dari tabel adalah sebagai berikut:

Rute 1 = $\frac{\text{Jarak}}{\text{Jarak yang ditempuh dalam 1 liter}}$ x harga bahan bakar x 365 hari

$= \frac{70,7}{6}$ x Rp. 6.800 x 365 hari

= Rp. 29.246.233/ tahun

Rute 2 = $\frac{\text{Jarak}}{\text{Jarak yang ditempuh dalam 1 liter}}$ x harga bahan bakar x 365 hari

$= \frac{71,3}{6}$ x Rp. 6.800 x 365 hari

= Rp. 29.494.433/ tahun

Rute 3 $= \frac{\text{Jarak}}{\text{Jarak yang ditempuh dalam 1 liter}}$ x harga bahan bakar x 365 hari

$= \frac{57,4}{6}$ x Rp. 6.800 x 365 hari

= Rp. 23.744.466/ tahun

Dari hasil perhitungan biaya yang didapatkan, rute awal pengangkutan sampah menghabiskan biaya sebesar Rp. 120.501.099/tahun dan rute setelah dilakukan saving matrix menghabiskan biaya sebesar Rp. 82.733.332/ tahun. Total penghemat yang diperoleh adalah Rp. 37.767.767/ tahun. Dengan kata lain, jika rute baru diterapkan akan diperoleh penghemat sebesar 31,54 %.

4.4.6. Efisiensi Waktu

DPU Cipta Karya menetapkan standar kecepatan armada sampah adalah 25 km/jam. Menurut PerMen Pu RI Nomor 03/PRT/M/2013, dari perbandingan antara rute hasil *saving* diperoleh penghemat waktu sebagai berikut, diasumsikan untuk 1 liter bahan bakar mampu menempuh jarak $\pm$6 km tanpa hambatan dan usia kendaraan enam tahun dan kecepatan rata-rata yaitu 25 km/jam berdasarkan PerMen PU RI Nomor 03/PRT/M/2013. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan rute lama seperti pada Tabel 4.15 sebagai berikut. Perhitungan berdasaran rute yang baru dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.15 Efisiensi Waktu Rute Lama

No	Rute	Panjang Rute (Km)	Kecepatan (Km/jam)	Waktu perjalanan (menit)	Lainnya (menit)	Hasil (menit)
1	1	68,1	25	103	72	175
2	2	91,7	25	159	72	231
3	3	74,3	25	178,32	72	189
4	4	57,2	25	137,28	72	185
					Total	780

Menghitung efisiensi waktu rute 1 adalah

- Waktu muat = 45 menit

- Waktu membongkar = 12 menit
- Waktu perjalanan = 103 menit
- Waktu istirahat = 15 menit
- Jumlah = 235 menit

Menghitung efisiensi waktu rute 2 adalah

- Waktu muat = 45
- Waktu membongkar = 12
- Waktu perjalanan = 159
- Waktu istirahat = 15
- Jumlah = 231 menit

Menghitung efisiensi waktu rute 3 adalah

- Waktu muat = 45 menit
- Waktu membongkar = 12 menit
- Waktu perjalanan = 117 menit
- Waktu istirahat = 15 menit
- Jumlah = 189 menit

Menghitung efisiensi waktu rute 4 adalah

- Waktu muat = 45 menit
- Waktu membongkar = 12 menit
- Waktu perjalanan = 113 menit
- Waktu istirahat = 15 menit
- Jumlah = 185 menit

Tabel 4.16 Efisiensi Waktu Rute Baru

No	Rute	Panjang Rute (Km)	Kecepatan (Km/jam)	Waktu perjalanan (menit)	Lainnya (menit)	Hasil (menit)
1	1	70,7	25	151	72	223
2	2	71,3	25	101	72	198
3	3	57,4	25	104	72	176
					Total	597

Menghitung efisiensi waktu rute 1 adalah

- Waktu muat = 45 menit
- Waktu membongkar = 12 menit
- Waktu perjalanan = 151 menit
- Waktu istirahat = 15 menit
- Jumlah = 223 menit

Menghitung efisiensi waktu rute 2 adalah

- Waktu muat = 45 menit
- Waktu membongkar = 12 menit
- Waktu perjalanan = 126 menit
- Waktu istirahat = 15 menit
- Jumlah = 198 menit

Menghitung efisiensi waktu rute 3 adalah

- Waktu muat = 45 menit
- Waktu membongkar = 12 menit
- Waktu perjalanan = 104 menit
- Waktu istirahat = 15 menit
- Jumlah = 176 menit

Berdasarkan hasil perhitungan waktu pengangkutan sampah sebelum dilakukannya *saving matrix* yaitu 780 menit atau setara dengan 13 jam per harinya

dengan waktu perjalanan paling lama yaitu terdapat di rute 2 dengan total waktu 231 menit atau setara dengan 3,85 jam per harinya. Setelah dilakukan *saving matrix*, total waktu yang diperoleh adalah 597 menit atau 9,95 jam perharinya dengan waktu paling lama terdapat pada rute 1 dengan total waktu 223 menit atau setara dengan 3,7 jam perharinya. Dengan demikian dapat dilihat bahwa *saving matrix* dapat menghemat waktu 183 menit atau 3.05 jam setiap harinya.

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat kita ambil dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Timbulan sampah di Kota Tapaktuan adalah 30.146 Ton/hari. Volume sampah yang dilayani secara keseluruhan adalah 12,02 Ton/hari. Pengangkutan sampah di Kota Tapaktuan memiliki 4 *dump truck* yang mengangkut sampah setiap harinya. Rute yang dilewati mecakup Kota Tapaktuan, sebagian Samadua, Kompi Sawang dan juga sebagian wilayah Pasie Raja. Kendala pengangkutan sampah ini adalah panjangnya rute pengangkutan sampah yang dilewati tiap harinya.
2. Metode *Saving Matrix* dinilai efektif dalam membentuk rute baru dalam pengangkutan sampah di Kota Tapaktuan. Rute pengangkutan sampah yang dilayani ada 4 rute yang dilayani per *dump truk* dengan panjang rute keseluruhan adalah 291,3 km dan menghabiskan biaya sebesar Rp. 120.501.099/Tahun. Setelah dilakukan pengolahan menggunakan metode *saving matrix* diperoleh 3 rute 209 Km dengan menghabiskan biaya sebesar Rp. 82.733.332/Tahun. Penggunaan metode ini dapat menghemat biaya sebesar Rp. 37.767.767/ tahunnya atau setara dengan 31,54%.

5.2. Saran

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang metode yang digunakan untuk menentukan rute dengan tujuan titik pengangkutan sampah lebih banyak.
2. Agar hasil penelitian lebih optimal, disarankan untuk membuat simulasi proses distribusi terhadap rute yang dihasilkan dengan melihat kendala-kendala yang ada dapat melakukan perbaikan-perbaikan terhadap proses pengangkutan sampah selanjutnya.
3. Perlu dilakukan perhitungan lama waktu yang dibutuhkan dalam pengangkutan sampah dengan menggunakan *stopwatch* agar diperoleh efisiensi waktu yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Aditia, R., Prasodjo, F., & Ritonga, I. (2008). *Pencarian Jalur Dengan Breadth First Search Dan Depth First Search*. Makalah If2251 Strategi Algoritmik.

Alfian R., Arlina, P., (2021). Evaluasi Efektivitas Pengangkutan Dan Pengelolaan Sampah Di TPA Sarimukti Kota Bandung. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE),* 2(1), 17.

Ambariski., Prismeida P, D., Welly, H. (2016). Sistem Pengangkutan Sampah Berdasarkan Kapasitas Kendaraan Pengangkut dan Kondisi Kontainer Sampah di Surabaya Barat. *Jurnal Teknik Its*, 5(2), 64-65.

Andina, E. (2019). Analisis Perilaku Pemilahan Sampah Di Surabaya. *Jurnal Masalah-Masalah Sosial*, 10(2), 122-123.

Anggraini, F. (2011). Aspek Kelembagaan Pada Pengelolaan Tempat Pemprosesan Akhir Sampah Regional. *Jurnal Pemukiman*, 6(1), 65-66

Arinalhaq, F. (2013). Penentuan Rute Kendaraan Pengangkutan Sampah dengan Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* (Studi Kasus PD Kebersihan Kota Bandung). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. 1(1), 23-24.

Baso, A N., Syifa, M, H, Ganjar S. (2017). Perencanaan Sistem Persampahan Pelayanan TPA Kaligeding Kabupaten Kebumen. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 3-4.

Batubara, M., Citra, H. (2020). Analisis Implementasi Kebijakan Pengelolaan Sampah di Kecamatan Bengkong Kota Batam. *Jurnal Intervensi Sosial dan Pembangunan (JISP)*, 2(1), 72-73.

Damanhuri., Enri dan Tri, P. (2010). *Diktat Kuliah TL-3150 Pengelolaan Sampah*. Program Studi Teknik Lingkungan. FTSL, ITB. Bandung

Darnas, .Y, Anas, .A .A and Hasibuan, .M .A .A. (2020). Pengendalian Air Lindi Pada Proses Penutupan TPA Gampong Jawa Terhadap Kualitas Air Sumur. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(3). 1165-1166.

Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman Ditjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. Materi Bidang Sampah I Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP, Direktorat 82 Pengembangan Penyehatan

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lingkungan Permukiman Ditjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.

Effendi, A., Syamsul, B, B., Idwan. (2018). Analisis Rute Transportasi Sampah Kota Bau-Bau Menggunakan Saving Heuristik. *Media Teknik Sipil*, 16(1), 3.

Evan. (2008). *Penggunaan Depth First Search Dalam Pengambilan Keputusan Pada Klimaks Permainan Scrabble*. Makalah IF2251 Strategi Alogaritmatik.

Fatma, S, S. (2018). *Optimalisasi Penjadwalan Pengangkutan Sampah Zona III Kota Banda Aceh Dengan Metode Vehicle Rounting Prablem (VRP)*. Banda Aceh.

Harianti, A. (2020). *Efektivitas Algoritma Clarke-Wright Dan Sequential Insertion Dalam Penentuan Rute Pendistribusian Aqua Pada Pt. Tirta Investama Medan*. Universitas Islam Negeri Sumatra Utara

Hariastuti, N, P. (2013). Pemodelan Sistem Normatif Pengelolaan Sampah Kota. *Jurnal Iptek*, 17(1), 67-68.

Hartono, R., Dwi, M., Ieke W, Rudi, M. (2008). *Penanganan dan Pengolahan Sampah*. Bogor: Penebar Swadaya.

Hartono, Y. (2020). *Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah Berbasis Rumah Tangga*. Malang: Literasi Nusantara.

Hasbullah., Taufuk, A., Nurmaini. (2019). Analisis Pengelolaan Sampah Di Kota Sabulussalam tahun 2017. *Jurnal Jumantik*, 4(2), 13-138.

Hendra, Y. (2016). Perbandingan Sistem Pengelolaan Sampah Di Indonesia dan Korea Selatan: Kajian 5 Aspek Pengelolaan Sampah. *Jurnal Masalah-Masalah Sosial*. 7(1), 79-81.

Indrawati., Ning E., Agus L. (2016). Penentuan Rute Optimal pada Pengangkutan Sampah di Kota Palembang dengan Menggunakan Metode Saving Matrix. *Jurnal Penelitian Sain*. 18(3), 105-106

Jastam, M, S. (2015). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pengelolaan Sampah (Studi Kasus Bank Sampah Pelita Harapan, Kelurahan Ballaparang, Kabupaten Rappocini, Makasar). *Higiene*, 1(1), 5.

Kahfi, A. (2017). Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah. *Jurisprudenti*, 4(1), 17-18

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Kuncowati. (2019). Analisis Pengelolaan Sampah Di Kapal Dan Perak Awak Kapal Terhadap Pencemaran Laut Dari Kapal Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, 17(1), 75.

Kusumawardani, A. (2011). *Usulan Rute Distribusi Terpendek Dengan Menggunakan Metode Saving Matriks Untuk Minimasi Biaya Distribusi Produk (Studi Kasus pada PT. Tani Jaya Magelang).* Tugas Akhir Teknik Industri. Yogyakarta

Lampiran III Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana Dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.

Lasut, A Ch. Dkk. (2019). Analisi Rute Pengangkutan Sampah Kota Manado Dengan Pendekatan *Vehicle Rounting Problem* (VRP). *Jurnal Realtech*, 15(1), 7-8.

Marta, D, N. (2018). *Optimalisasi Dinas Jaga Pelabuhan Container Di Atas Kapal MV.Jawa Meratus*. Skripsi. Politeknik Ilmu Pelayaran. Semarang.

Miranda, Y. (2020). *Perencanaan Sistem Manajemen Persampahan Kabupaten Aceh Selatan. Sain Dan Teknologi*. Teknik Lingkungan. UIN Ar-raniry. Banda Aceh

Nuryosuwito., Fakhur R. (2019). Analisa Dasar Proses Pengolah Sampah Plastik bekas Menjadi Alternatif Dalam Proses Pirolis. *Jurnal Mesin Nusantara*, 2(1), 12.

Pramarta, K, T, S. Dkk. (2013). Analisis Pengelolaan Pengangkutan Sampah Di Kecamatan Klungkung Kabupaten Klungkung. *Jurnal Ilmian Elektronik Infrastruktur Teknik sipil*, 2(2), 1-2.

Pratiwi, P, S. (2018). *Evaluasi Dan Perencanaan Aspek Teknis Operasional Pengelolaan Sampah Kota Yogyakarta*. Teknik Sipil dan Perencanaan. Teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia

Setio, F., Anggraini M. (2010). Pencarian Rute Terpendek dengan Menggunakan Algoritma Depth First, Breath First dan Hill Climbing. *Study Comparative*, 2(1), 1-2.

Simanjuntak,E. (2014). *Peluang Investasi Infrastruktur Bidang Pekerjaan Umum.* Subbidang Cipta Karya.

SNI, 1995, Spesifikasi Timbulan Sampah Untuk Kota Kecil Dan Kota Sedang Di Indonesia, 1995

AR-RANIRY

SNI, 2002, Tata Cara Teknik Pengelolaan Sampah Perkotaan, Standar SK SNI 19- 2454-2002, Badan Standarisasi Nasional. Litbang Kimpraswil. Jakarta. 2002

Suparmi. (2020). *Pengoptimalan Rute Distribusi Produk Tisu di CV Maple Semarang dengan Menggunakan Metode Saving Matrix dan Nearest Insertion.* Universitas Negeri Semarang

Suryani, A, S. (2014). *Peran Bank Sampah Dalam Efektivitas Pengelolaan Sampah (Studi Kasus Bank Sampah Malang).* Pusat Pengkajian Pengolahan Data Dan Informasi. Secretariat Jendral DPR RI, 5(1)

Tamin, O, Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi* – Edisi Kedua. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung

Toth, P & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematic.*

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2018 Tentang Pengolahan Sampah.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18. 2008. Tentang Pengelolaan Sampah, Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia Dan Presiden Republik Indonesia, Jakarta.

Veronika. (2008*). Studi Timbulan, dan Komposisi Sampah Industri Kota Padang*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Universitas andalas. Padang.

Wahyu., Salma, R., Ana, R., Kristina F, H., Muchammad F. (2021). Optimalisasi Biaya Disitribusi Kain Mentah Di PT PQR Menggunakan Metode VAM (Vogel's Approximation Method) Dan Linggo. *Jurnal Bayesian*, 1(2), 92.

AR-RANIRY

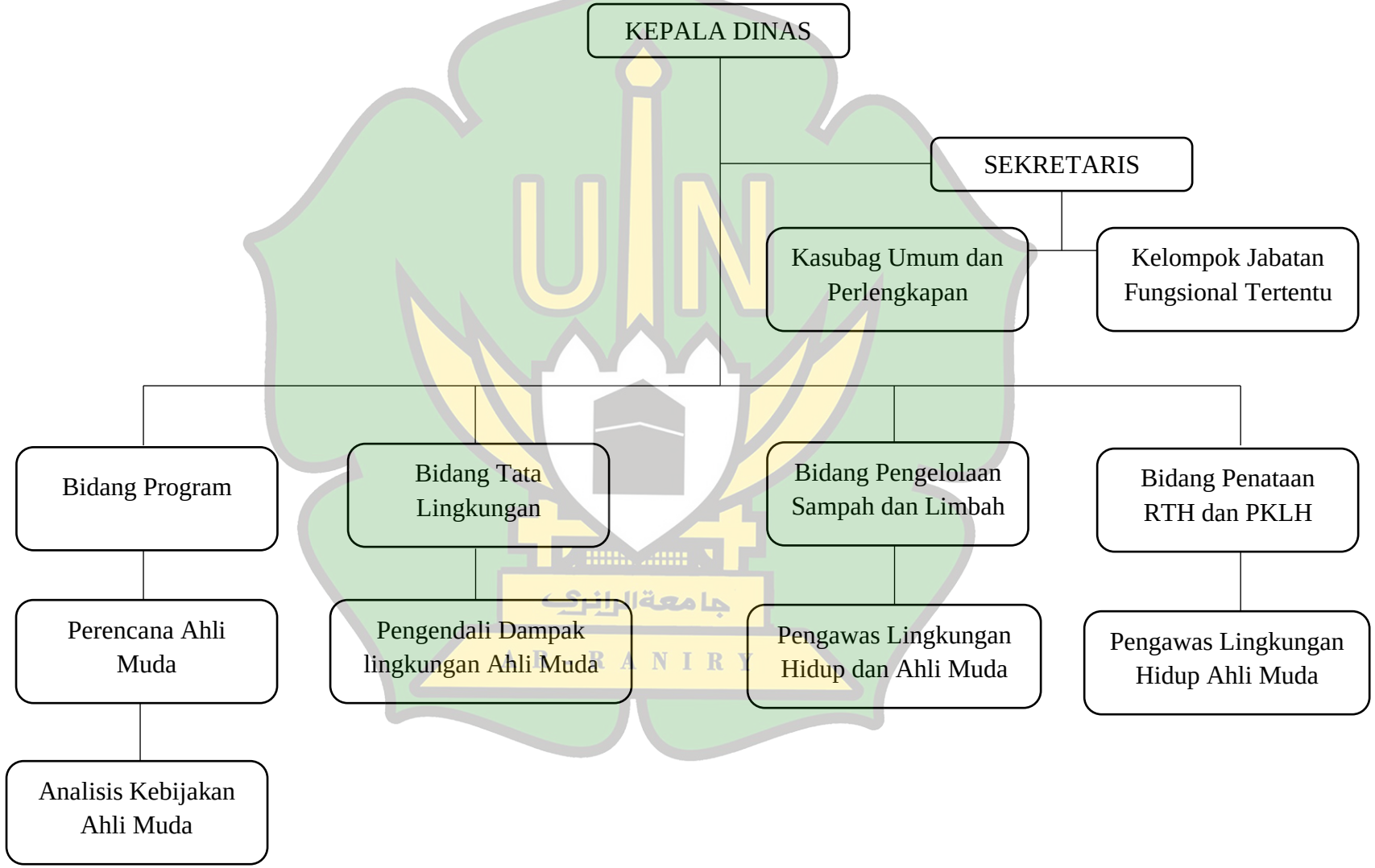
LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penanganan Sampah Tahun 2021

NO	Kecamtan	Jumlah penduduk/ kecamatan (Jiwa)	Volume Timbulan Sampah Per Hari (m^3)	Volume Timbulan Sampah Per Hari (Ton)	Volume Sampah Yang Dilayani Per Hari m^3)	Volume Sampah Yang Dilayani Per Hari (Ton)
1	Labuhanhajji barat	17.675	7,07	2,33	0	0
2	Labuhanhajji	13.642	5,4568	18.007	0	0
3	Labuhanhajji Timur	10.153	4,0612	13.401	0	0
4	Meukek	21.482	8,5928	28.356	0	0
5	Sawang	16.188	6,4752	21.368	0,71	0,24
6	Samadua	16.531	6,6124	21.820	2,00	0,66
7	Tapaktuan	22.838	9,1352	30.146	30,71	10,14
8	Pasie Raja	18.420	7,368	2.431	2,99	0,99
9	Kluet Utara	25.637	10,2548	33.840	0	0
10	Kluet Tengah	7.780	3,112	1.026	0	0
11	Kluet Selatan	14.612	5,8448	19.287	0	0
12	Kluet timur	10.647	4,2588	14.054	0	0
13	Bakongan	5.504	2,2016	7.265	0	0
14	Kota Bahagia	7.275	2,91	96.03	0	0
15	Bakongan Timur	6.311	2,5244	8.330	0	0
16	Trumon	6.105	2,442	805,86	0	0
17	Trumon Tengah	6.884	2,7536	9.086	0	0
18	Trumon Timur	8.803	3,5212	11.619	0	0
	Jumlah	236.487	94,5964	31,2162	36,42	12,02

(Sumber: DLH Kabupaten Aceh Selatan, 20

Lampiran 1.2 Struktur Organisasi



Lampiran 3. Perhitungan Metode *Nearest Neighbor*

Rute 1

X – 4 – G = 48
X – 26 – G = 48
X – 6 – G = 40
X – 5 – G = 32
X – 1 – G = 2,6
X – 13 – G = 38
X – 14 – G = 3,4
X – 18 – G = 16
X – 19 – G = 14,2

Jarak yang minimum adalah lokasi 1 (2,6) maka lokasi pertama penjemputan adalah lokasi 1

X - 1 – 4 = 26,3
X - 1 – 26 = 26,3
X - 1 – 6 = 21,3
X - 1 – 5 = 18,3
X - 1 – 13 = 1,9
X - 1 – 14 = 15,3
X - 1 – 18 = 9,4
X - 1 – 19 = 7,1

Jarak minimum adalah lokasi 13 (1,9), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 13

X - 1 – 13 - 4 = 27,9
X - 1 – 13 - 26 = 43,9
X - 1 – 13 - 6 = 39,9
X - 1 – 13 - 5 = 36,9
X - 1 – 13 - 14 = 18,9
X - 1 – 13 - 18 = 11,9
X - 1 – 13 - 19 = 13,9

Jarak minimum adalah lokasi 18 (11,9), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 18

X - 1 – 13 - 18 - 4 = 44,9
X - 1 – 13 - 18 - 26 = 43,9
X - 1 – 13 - 18 - 6 = 40,9
X - 1 – 13 - 18 - 5 = 36,9
X - 1 – 13 - 18 - 14 = 19,8
X - 1 – 13 - 18 - 19 = 14,7

Jarak minimum adalah lokasi 19 (14,7), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 19

X - 1 – 13 - 18 - 19 - 4 = 45,7
X - 1 – 13 - 18 - 19 - 26 = 44,7
X - 1 – 13 - 18 - 19 - 6 = 41,7
X - 1 – 13 - 18 - 19 - 5 = 37,7
X - 1 – 13 - 18 - 19 - 14 = 20,3

Jarak minimum adalah lokasi 14 (20,3), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 14

X - 1 – 13 - 18 - 19 - 14 - 4 = 28,4
X - 1 – 13 - 18 - 19 - 14 - 26 = 45,3
X - 1 – 13 - 18 - 19 - 14 - 6 = 41,3
X - 1 – 13 - 18 - 19 - 14 - 5 = 38,3

Jarak minimum adalah lokasi 4 (28,4), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 4

X - 1 – 13 - 18 - 19 - 14 - 4 - 26 = 28,5
X - 1 – 13 - 18 - 19 - 14 - 4 - 6 = 34,7
X - 1 – 13 - 18 - 19 - 14 - 4 - 5 = 36,3

Jarak minimum adalah lokasi 26 (28,5), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 26

X - 1 – 13 - 18 - 19 - 14 - 4 - 26 - 6 = 32,9
X - 1 – 13 - 18 - 19 - 14 - 4 - 26 - 5 = 36,3

Jarak minimum adalah lokasi 5 (36,3), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 5 dikarenakan lokasi 6 merupakan lokasi yang dekat dengan TPA

X - 1 – 13 - 18 - 19 - 14 - 4 - 26 - 5 - 6 = 39,8

Rute lengkap adalah sebagai berikut.
X - 1 - 13 - 18 - 19 - 14 - 4 - 26 - 5 - 6 - Y - X = 70,7

Rute 2

X – 3 – X = 3
X – 16 – X = 15,2
X – 17 – X = 11,6
X – 2 – X = 3,4
X – 24 – X = 4,4
X – 23 – X = 3
X – 21 – X = 7,8
X – 8 – X = 5
X – 11 – X = 4

Jarak minimum adalah lokasi 3 (3), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 3

X – 3 – 16 = 10,6
X – 3 – 17 = 8,7
X – 3 – 2 = 4,6
X – 3 – 24 = 5
X – 3 – 23 = 4,3
X – 3 – 21 = 6,7
X – 3 – 8 = 5,4
X – 3 – 11 = 4,9

Jarak minimum adalah lokasi 23 (4,3), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 23

X – 3 – 23 - 16 = 7,9
X – 3 – 23 - 17 = 8,5
X – 3 – 23 - 2 = 4,4
X – 3 – 23 - 24 = 6,3
X – 3 – 23 - 21 = 5,7
X – 3 – 23 - 8 = 6,9
X – 3 – 23 - 11 = 5,1

Jarak minimum adalah lokasi 2 (4,4), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 2

X – 3 – 23 - 2 - 16 = 5,35
X – 3 – 23 - 2 - 17 = 5,35
X – 3 – 23 - 2 - 24 = 5,15
X – 3 – 23 - 2 - 21 = 6,5
X – 3 – 23 - 2 - 8 = 6,1
X – 3 – 23 - 2 - 11 = 4,95

Jarak minimum adalah lokasi 11 (4,95), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 11

X – 3 – 23 - 2 - 11 – 16 = 10,75
X – 3 – 23 - 2 - 11 – 17 = 8,85
X – 3 – 23 - 2 - 11 – 24 = 6,05
X – 3 – 23 - 2 - 11 – 21 = 5,8
X – 3 – 23 - 2 - 11 – 8 = 5,9

Jarak minimum adalah lokasi 21 (5,8), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 21

X – 3 – 23 - 2 - 11 – 21 - 16 = 8,2
X – 3 – 23 - 2 - 11 – 21 - 17 = 9,5
X – 3 – 23 - 2 - 11 – 21 - 24 = 7,2
X – 3 – 23 - 2 - 11 – 21 - 8 = 6,75

Jarak minimum adalah lokasi 8 (6,75), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 8

X – 3 – 23 - 2 - 11 – 21 - 8 - 16 = 11,45
X – 3 – 23 - 2 - 11 – 21 - 8 - 17 = 9,65
X – 3 – 23 - 2 - 11 – 21 - 8 - 24 = 9,65

Jarak minimum adalah lokasi 24 (9,65), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 24

X – 3 – 23 - 2 - 11 – 21 - 8 - 24 - 16 = 12,85
X – 3 – 23 - 2 - 11 – 21 - 8 - 24 - 17 = 14,15

Jarak minimum adalah lokasi 16 (12,85), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 16

X – 3 – 23 - 2 - 11 – 21 - 8 - 24 - 16 - 17 = 18,35

Rute lengkapnya adalah sebagai berikut.

X - 3 - 23 - 2 - 11 - 21 - 8 - 24 - 16 - 17 - Y - X = 71,35

Rute 3

X – 25 – X = 3,4
X – 9 – X = 5,2
X – 20 – X = 4,8
X – 15 – X = 4,4
X – 12 – X = 3,8
X – 22 – X = 5,2
X – 10 – X = 3
X – 7 – X = 4

Jarak minimum adalah lokasi 10 (4), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 10

X – 10 – 25 = 2,2
X – 10 – 9 = 2,6
X – 10 – 20 = 2,4
X – 10 – 15 = 2,6
X – 10 – 12 = 2,25
X – 10 – 22 = 2,7
X – 10 – 7 = 1,9

Jarak minimum adalah lokasi 7 (1,9), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 7

X – 10 – 7 - 25 = 2,75
X – 10 – 7 - 9 = 2,55
X – 10 – 7 - 20 = 3,1
X – 10 – 7 - 15 = 3
X – 10 – 7 - 12 = 2,08
X – 10 – 7 - 22 = 2,7

Jarak minimum adalah lokasi 12 (2,08), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 12

X – 10 – 7 - 12 - 25 = 3,18
X – 10 – 7 - 12 - 9 = 2,63
X – 10 – 7 - 12 - 20 = 3,28
X – 10 – 7 - 12 - 15 = 3,08
X – 10 – 7 - 12 - 22 = 2,93

Jarak minimum adalah lokasi 9 (2,63), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 9

X – 10 – 7 - 12 - 9 - 25 = 3,93
X – 10 – 7 - 12 - 9 - 20 = 4,03
X – 10 – 7 - 12 - 9 - 15 = 4,13
X – 10 – 7 - 12 - 9 - 22 = 3,03

Jarak minimum adalah lokasi 22 (3,03), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 22

X – 10 – 7 - 12 - 9 - 22 - 25 = 4,53

X – 10 – 7 - 12 - 9 - 22 - 20 = 4,93
X – 10 – 7 - 12 - 9 - 22 - 15 = 4,83

Jarak minimum adalah lokasi 25 (4,53), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 25

X – 10 – 7 - 12 - 9 - 22 - 25 - 20 = 6,13
X – 10 – 7 - 12 - 9 - 22 - 25 - 15 = 6,03

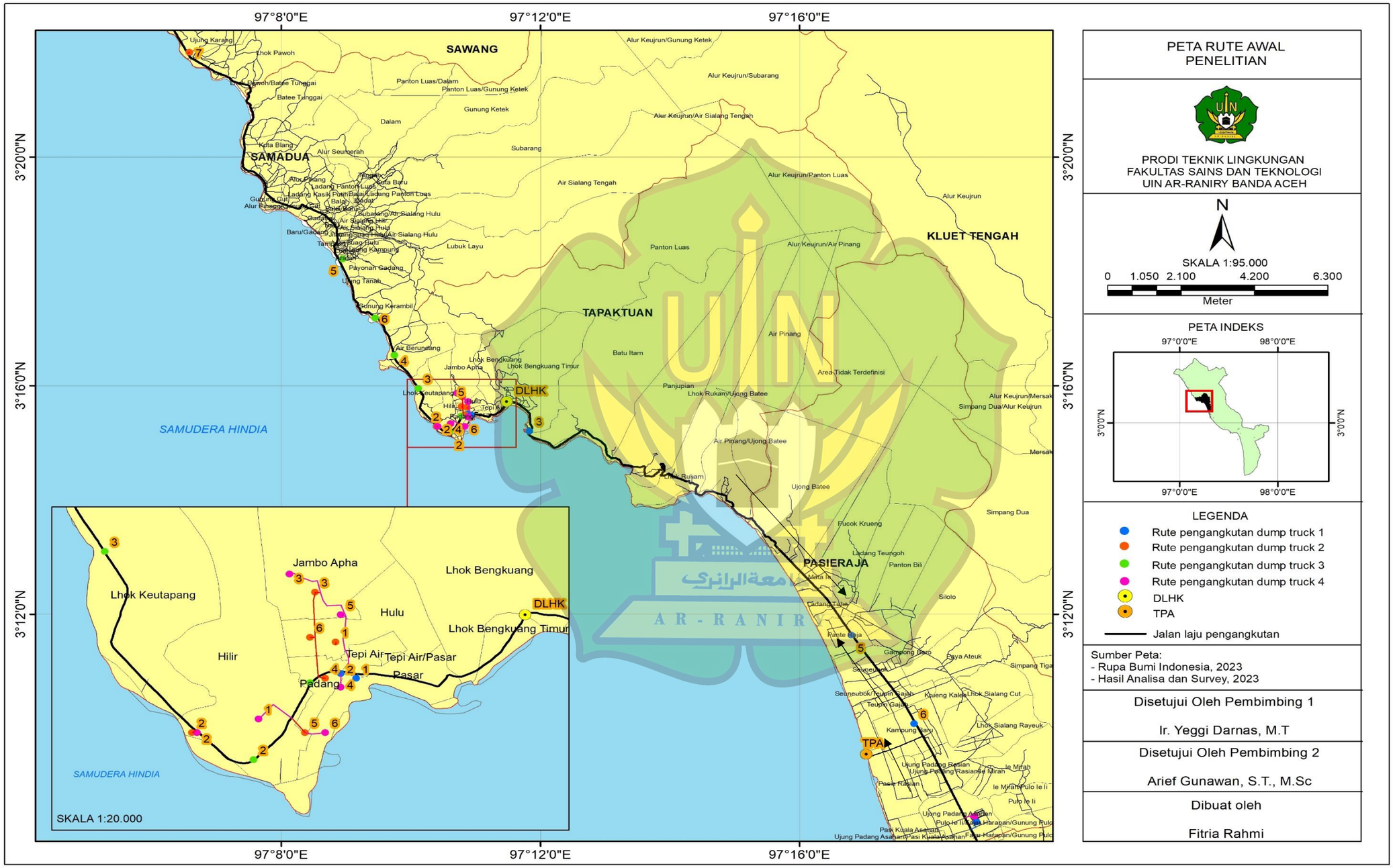
Jarak minimum adalah lokasi 15 (6,03), maka lokasi penjemputan selanjutnya adalah 15

X – 10 – 7 - 12 - 9 - 22 - 25 - 15 - 20 = 8,43

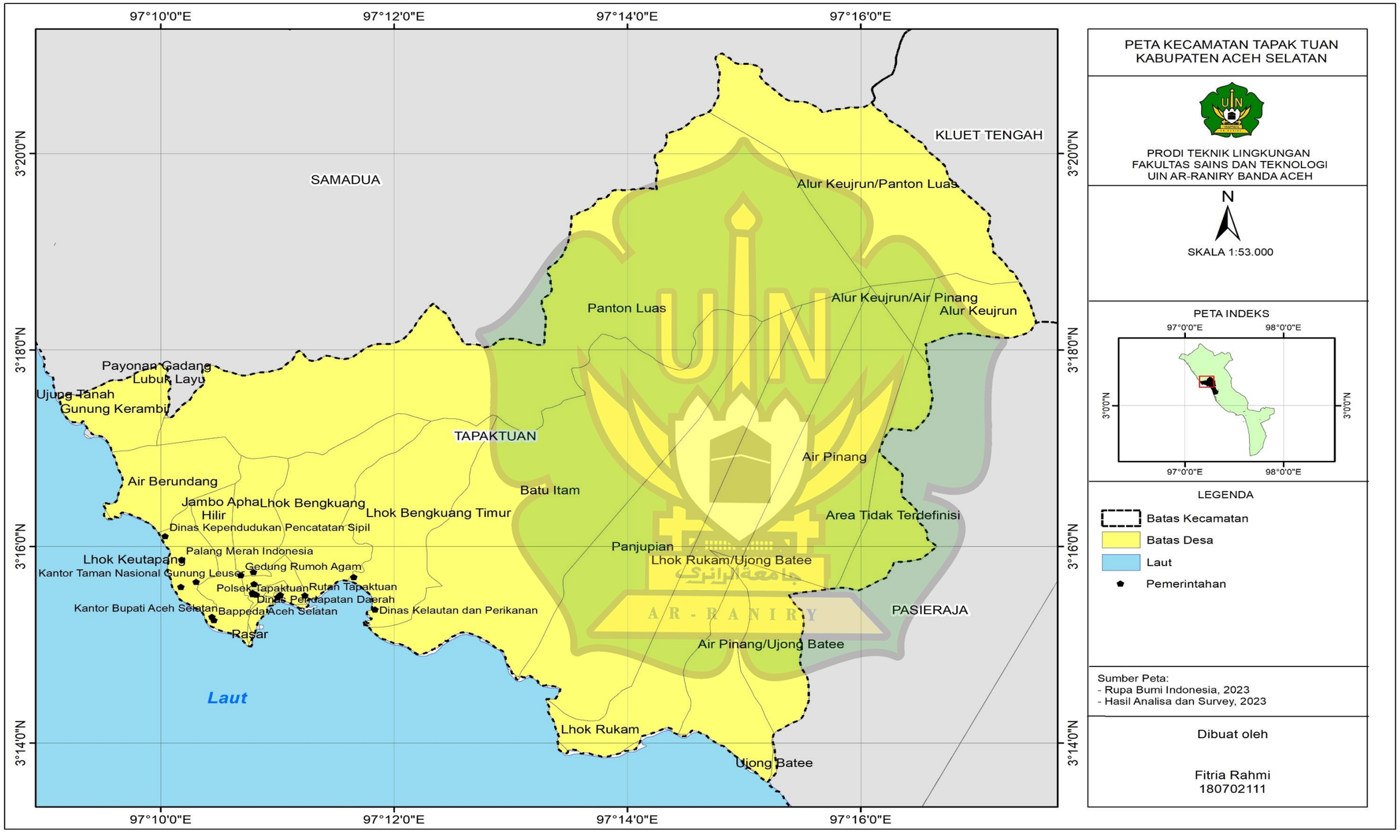
Rute lengkapnya adalah sebagai berikut.

X - 10 - 7 - 12 - 9 - 22 - 25 - 15 - 20 - Y - X = 57,43

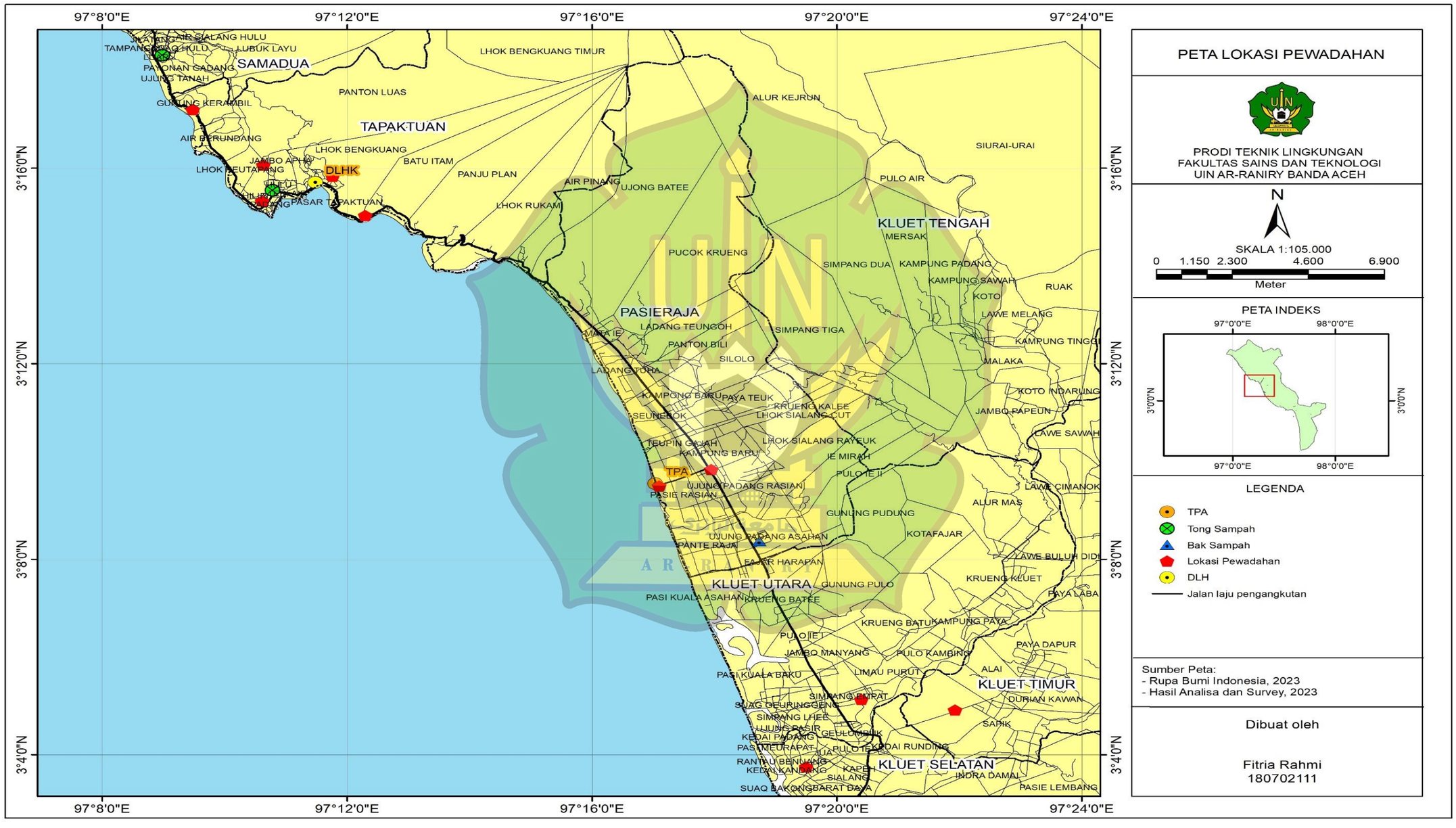
Lampiran 4. Rute Awal Pengangkutan Sampah



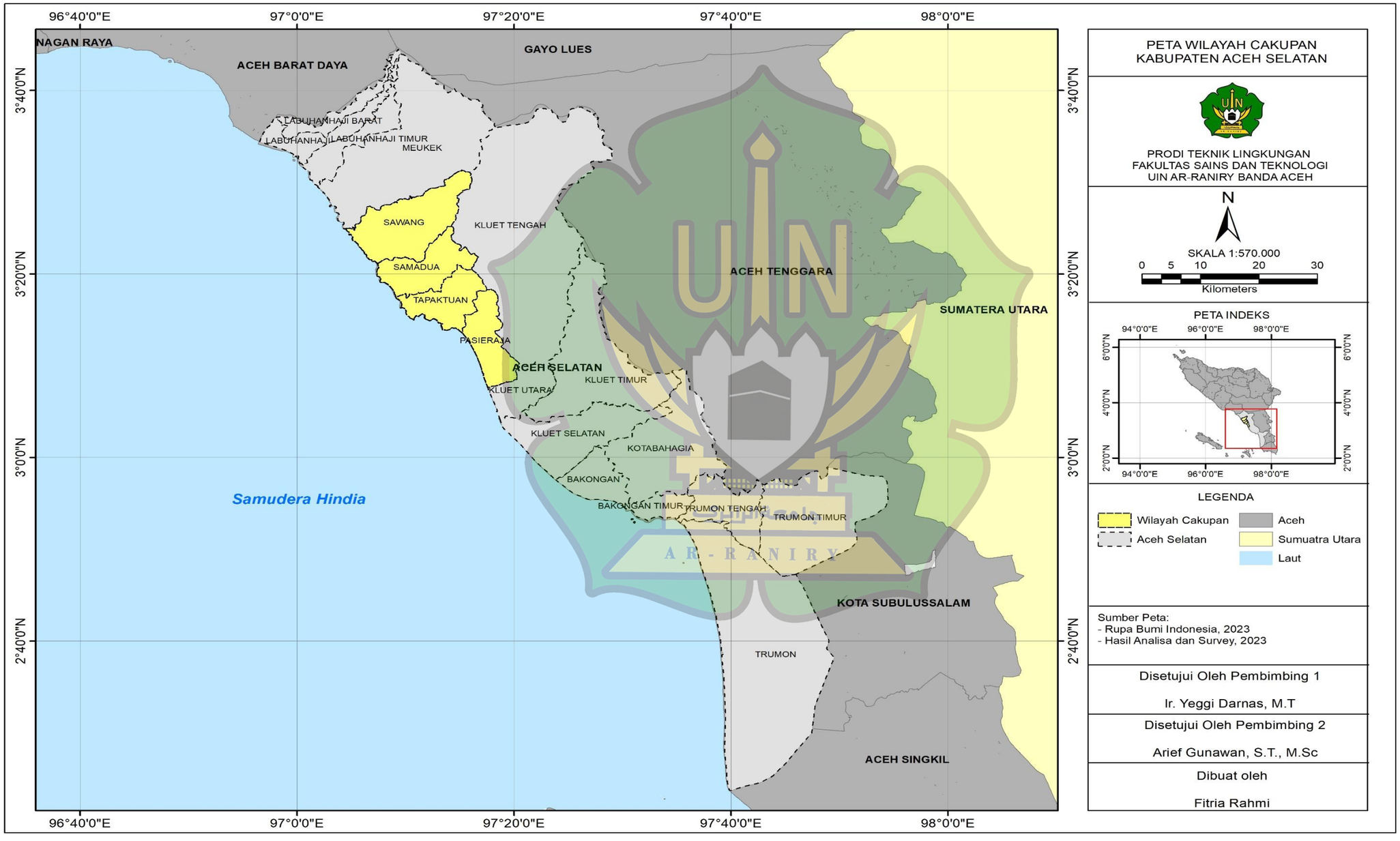
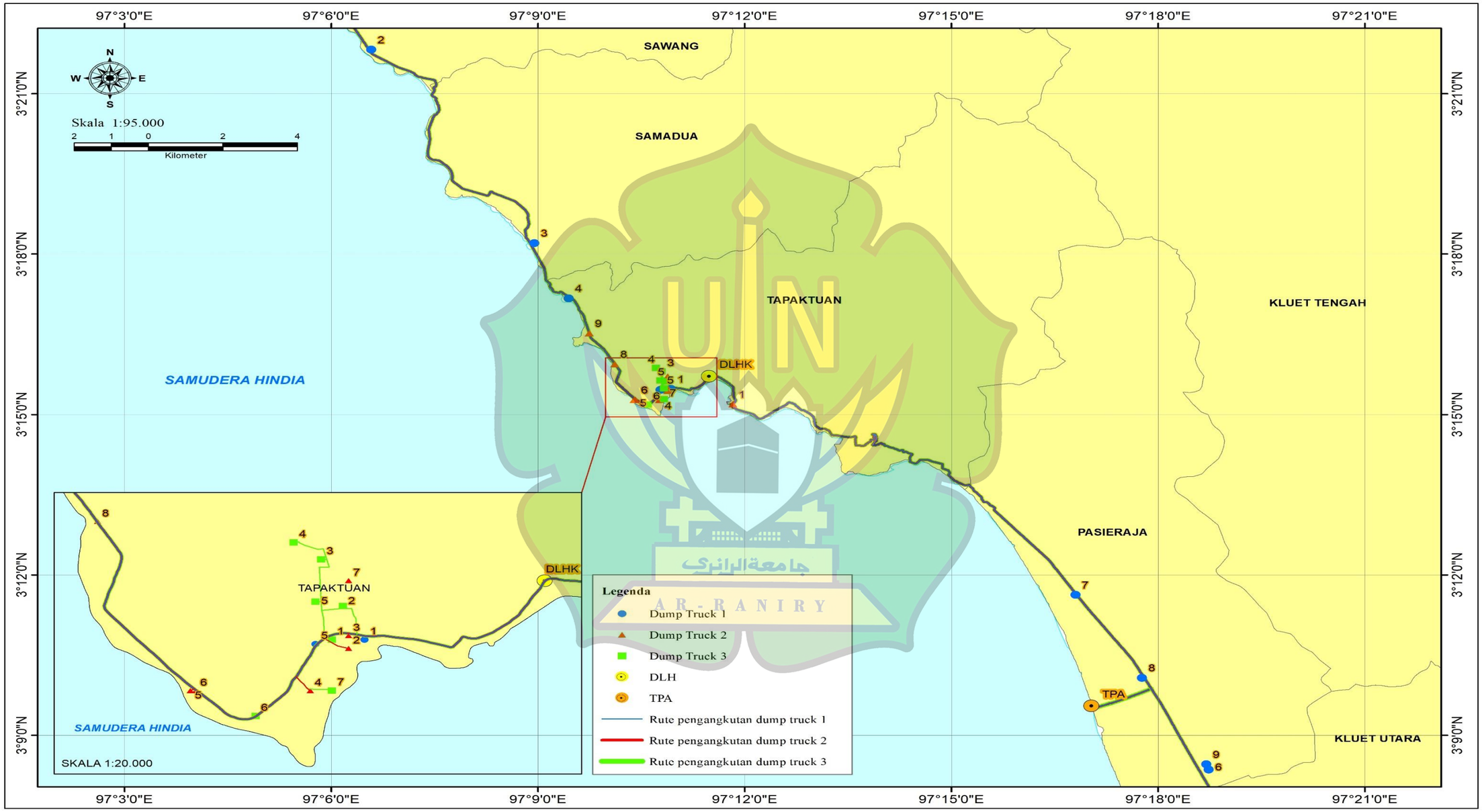
Lampiran 5. Peta Kota Tapaktuan



Lampiran 6. Peta Letak Pewadahan



Lampiran 7. Peta Daerah Pelayanan



Lampiran 8. Peta Rute Setelah *Saving Matrix*