



**OPTIMASI SISTEM PENGANGKUTAN SAMPAH  
DOMESTIK DI KABUPATEN BOJONEGORO**

**SKRIPSI**

**Diajukan Oleh :  
ISMY ANNISA ANGGRAENI  
NOTAR : 1801133**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TRANSPORTASI DARAT  
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD  
BEKASI  
2022**

**OPTIMASI SISTEM PENGANGKUTAN SAMPAH  
DOMESTIK DI KABUPATEN BOJONEGORO**

**SKRIPSI**

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian  
Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat  
Guna Memperoleh Sebutan Sarjana Terapan Transportasi Darat



**Diajukan Oleh :**

**ISMY ANNISA ANGGRAENI**

**NOTAR : 1801133**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TRANSPORTASI DARAT  
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD**

**BEKASI**

**2022**

**SKRIPSI**

**OPTIMASI SISTEM PENGANGKUTAN SAMPAH  
DOMESTIK DI KABUPATEN BOJONEGORO**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

**ISMY ANNISA ANGGRAENI**

**NOTAR 18.01.133**

Telah Disetujui Oleh :

**PEMBIMBING I**



**ASRIZAL, ATD, MT**  
**NIP. 19580109 198103 1 003**

Tanggal : 15 Juli 2022

**PEMBIMBING II**



**ELI JUMAELI, M.Ti**  
**NIP. 19660722 199303 2 001**

Tanggal : 17 Juli 2022

**SKRIPSI**

**OPTIMASI SISTEM PENGANGKUTAN SAMPAH  
DOMESTIK DI KABUPATEN BOJONEGORO**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan  
Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat

Oleh:

**ISMY ANNISA ANGGRAENI**

**NOTAR 18.01.133**

**TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI  
PADA TANGGAL 18 JULI 2022  
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT**

**PEMBIMBING I**



**ASRIZAL, ATD, MT**  
**NIP. 19580109 198103 1 003**

**Tanggal : 5 Agustus 2022**

**PEMBIMBING II**



**ELI JUMAELI, M.Ti**  
**NIP. 19660722 199303 2 001**

**Tanggal : 8 Agustus 2022**

**JURUSAN SARJANA TERAPAN TRANSPORTASI DARAT  
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD  
BEKASI, 2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**OPTIMASI SISTEM PENGANGKUTAN SAMPAH DOMESTIK  
DI KABUPATEN BOJONEGORO**

**ISMY ANNISA ANGGRAENI**

**18.01.133**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat

**Pada Tanggal : 18 JULI 2022**

**DEWAN PENGUJI**

 <b><u>Ir. DJAMAL SUBASTIAN, M.Sc</u></b> <b>NIP. 19590310 199103 1 004</b>	 <b><u>ASRIZAL, ATD, MT</u></b> <b>NIP. 19580109 198103 1 003</b>
 <b><u>ELI JUMAELI, M.Ti</u></b> <b>NIP. 19660722 199303 2 001</b>	 <b><u>TORANG HUTABARAT, ATD, MM</u></b> <b>NIP. 19630611 198303 1 002</b>

MENGETAHUI,  
**KETUA PROGRAM STUDI  
SARJANA TERAPAN TRANSPORTASI DARAT**



**DESSY ANGGA AFRIANTI, M.Sc, MT**  
**NIP. 19880101 200912 2 002**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : ISMY ANNISA ANGGRAENI**

**Notar : 18.01.133**

**Tanda Tangan :**



**Tanggal : 18 JULI 2022**

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ISMY ANNISA ANGGRAENI

Notar : 18.01.133

Program Studi : Sarjana Terapan Transportasi Darat

Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD. **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**"OPTIMASI SISTEM PENGANGKUTAN SAMPAH DOMESTIK DI  
KABUPATEN BOJONEGORO"**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bekasi

Pada Tanggal : 18 Juli 2022

Yang Menyatakan



ISMY ANNISA ANGGRAENI

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas rahmat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga proposal skripsi yang berjudul **“OPTIMASI SISTEM PENGANGKUTAN SAMPAH DOMESTIK DI KABUPATEN BOJONEGORO”**. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan yang sangat baik ini, secara khusus ucapan terimakasih disampaikan kepada:

1. Bapak Ahmad Yani selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Indonesia - STTD beserta staff dan jajarannya.
2. Ibu Dessy Angga A., M.Sc selaku Kepala Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat.
3. Bapak Asrizal, ATD, MT. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberi bimbingan dan arahan langsung terhadap penulisan skripsi ini.
4. Ibu Eli Jumaeli, M.TI selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberi bimbingan dan arahan langsung terhadap penulisan skripsi ini.
5. Dosen Tim Penguji yang telah memberi arahan dan masukan langsung terhadap penulisan skripsi ini.
6. Alumni ALL di Dinas Perhubungan Kabupaten Bojonegoro yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan skripsi ini.
7. Seluruh keluarga yang telah memberi dukungan, motivasi, dan doa untuk kelancaran dalam pendidikan dan penyusunan skripsi.
8. Seluruh dosen beserta seluruh civitas akademika Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD.
9. Rekan-rekan Taruna/i Angkatan XL.

10. Seluruh Taruna/i Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
11. Pihak-pihak lain yang telah banyak membantu penyelesaian tulisan ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, diharapkan adanya saran dan masukan yang bersifat membangun demi perbaikan proposal skripsi ini.

Jakarta, 18 Juli 2022

**Penulis,**

**ISMY ANNISA ANGGRAENI**

**Notar : 18.01.133**

## ABSTRAK

Proses pengangkutan sampah harus dapat memaksimalkan kapasitas kendaraan secara tepat sehingga dapat diselesaikan secara optimal. Jumlah sampah tiap hari di Kabupaten Bojonegoro yang terangkut sebesar 78,64% dan sebanyak 21,36% belum terangkut. Semakin besarnya jumlah produksi sampah, haruslah diimbangi dengan kendaraan pengangkut yang memadai juga. Pengangkutan sampah menggunakan *Dump Truck* dan *Armroll Truck* ini belum tercapai dan terdistribusikan ke TPA secara optimal. Pemecahan masalah menggunakan *Vehicle Routing Problem* dengan Metode *Clarke and Wright* dibantu aplikasi *Visual Basic Editor*. Hasil perhitungan jumlah armada efektif dan efisien 13 unit *Armroll Truck* sedangkan untuk *Dump Truck* sebanyak 5 unit kendaraan. Jumlah pertumbuhan timbunan sampah sebesar 2,21% untuk 5 tahun yang akan datang yakni tahun 2026 sebanyak 673,5 m<sup>3</sup> timbunan sampah.

**Kata Kunci :** Vehicle Routing Problem, Transportasi Sampah, Optimasi  
Pengangkutan Sampah

## **ABSTRACT**

*The process of transporting waste must be able to maximize the capacity of the vehicle appropriately so that it can be completed optimally. The amount of garbage that is transported every day in Bojonegoro Regency is 78.64% and as much as 21.36% has not been transported. The greater the amount of waste production, it must be balanced with adequate transportation facilities as well. This waste transportation using Dump Truck and Armroll Truck has not been achieved and is optimally distributed to the TPA. Problem solving using Vehicle Routing Problem with Clarke and Wright Method assisted by Visual Basic Editor application. The results of the calculation of the number of effective and efficient fleets are 13 units of Armroll Trucks, while for Dump Trucks there are 5 units of vehicles. The amount of growth in the waste pile is 2.21% for the next 5 years, namely in 2026 it will be 673.5 m<sup>3</sup> in the waste pile.*

**Keywords** : *Vehicle Routing Problem, Waste Transportation, Optimization of Waste Transportation*

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Maksud Dan Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 GAMBARAN UMUM.....	5
2.1 Kondisi Transportasi .....	5
2.2 Kondisi Wilayah Kajian.....	7
BAB 3 TINJAUAN PUSTAKA.....	11
3.1 Sistem Pengangkutan Sampah .....	11
3.2 Teknik Optimal .....	19
3.3 Penelitian Terdahulu .....	21
BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN.....	23
4.1 Desain Penelitian.....	23
4.2 Teknik Pengumpulan Data.....	26
4.3 Teknik Analisis Data.....	30
4.4 Lokasi Dan Jadwal Penelitian.....	34
BAB 5 Analisis DAN PEMECAHAN MASALAH.....	36

5.1 Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Domestik.....	36
5.2 Analisis Penentuan Rute Efektif dan Efisien Menggunakan Metode Vehicle Routing Problem.....	53
5.3 Analisis Prediksi Timbunan Sampah Tahun Rencana 2026.....	75
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Luas Wilayah Kabupaten Bojonegoro.....	8
Tabel 2. 2 Rincian Jumlah Armada Pengangkut Sampah Kabupaten Bojonegoro.....	9
Tabel 2. 3 Persentase rata-rata produksi sampah perhari yang terangkut di Kabupaten Bojonegoro dari tahun 2017-2021.....	9
Tabel 2. 4 Lokasi Tempat Pembuangan Sementara Sampah di Kabupaten Bojonegoro.....	10
Tabel 3. 1 Jenis Pewadahan Berdasarkan Sumber Sampahnya.....	14
Tabel 3. 2 Proses Pemilihan Alat Angkut Persampahan Berdasarkan Pola Pengumpulan Sampah.....	15
Tabel 4. 1 Jadwal Pelaksanaan Penyusunan Laporan Penelitian.....	35
Tabel 5. 1 Persentase Rata-rata Produksi Sampah Perhari yang Terangkut di Kabupaten Bojonegoro Tahun 2017-2021.....	37
Tabel 5. 2 Lokasi Sumber Sampah Kabupaten Bojonegoro.....	39
Tabel 5. 3 Luas Pelayanan Pengelolaan Sampah Kabupaten Bojonegoro Tiap Kecamatan yang Dikelola Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro 2021.....	44
Tabel 5. 4 Volume Sampah Harian Dikelola Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro Tahun 2021 Berdasarkan Sumber Sampah.....	46
Tabel 5. 5 Data Jumlah Timbunan Sampah ( $m^3$ /jiwa/hari) Kabupaten Bojonegoro Tahun 2021.....	47
Tabel 5. 6 Panjang Jalan Pelayanan Motor Sampah dan Gerobak Sampah Perhari.....	49
Tabel 5. 7 Jumlah Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro.....	50
Tabel 5. 8 Pengangkutan Sampah Menggunakan Dump Truck dan Arm Roll Truck	

Perhari.....	51
Tabel 5. 9 Jumlah Terangkut dan Tidak Terangkut Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro yang Menggunakan Dump Truck dan Arm Roll Truck.....	52
Tabel 5. 10 Rute Eksisting Pelayanan Pengangkutan Sampah Domestik Bojonegoro Menggunakan Arm Roll Truck.....	54
Tabel 5. 11 Kondisi Sistem Pelayanan Sampah Arm Roll Truck.....	55
Tabel 5. 12 Manajemen Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Arm Roll Truck Rit 1 Rute Eksisting.....	55
Tabel 5. 13 Manajemen Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Arm Roll Truck Rit 2 Rute Eksisting.....	56
Tabel 5. 14 Rute Eksisting Pelayanan Pengangkutan Sampah Domestik Bojonegoro Menggunakan Dump Truck.....	57
Tabel 5. 15 Kondisi Sistem Pelayanan Sampah Dump Truck.....	57
Tabel 5. 16 Manajemen Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Dump Truck Rit 1 Rute Eksisting.....	58
Tabel 5. 17 Manajemen Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Dump Truck Rit 2 Rute Eksisting.....	58
Tabel 5. 18 Grafik Koordinat XY Lokasi Sumber Sampah.....	61
Tabel 5. 19 Matrix Jarak Antar Zona dengan Kendaraan Pengangkutan Sampah Arm Roll Truck.....	62
Tabel 5. 20 Saving Matrix Arm Roll Truck.....	66
Tabel 5. 21 Proxy Origin.....	67
Tabel 5. 22 Proxy Destination.....	68
Tabel 5. 23 Manajemen Pengangkutan Kendaraan Arm Roll Truck Dengan Menggunakan VRP Ritasi 1.....	69

Tabel 5. 24 Manajemen Pengangkutan Kendaraan Arm Roll Truck Dengan Menggunakan VRP Ritasi 2.....	69
Tabel 5. 25 Perbandingan Antara Waktu Perjalanan Menggunakan Rute VRP Dan Eksisting.....	70
Tabel 5. 26 Jumlah Waktu Operasi Menggunakan Rute VRP Dan Eksisting.....	70
Tabel 5. 27 Grafik Koordinat XY Lokasi Sumber Sampah.....	72
Tabel 5. 28 Matriks Jarak Dump Truck.....	72
Tabel 5. 29 Saving Matriks Jarak Dump Truck.....	73
Tabel 5. 30 Matriks Proxy Orign.....	73
Tabel 5. 31 Matriks Proxy Destination.....	74
Tabel 5. 32 Manajemen Pengangkutan Kendaraan Dump Truck Menggunakan VRP Ritasi 1.....	74
Tabel 5. 33 Manajemen Pengangkutan Kendaraan Dump Truck Menggunakan VRP Ritasi 2.....	74
Tabel 5. 34 Perbandingan Antara Waktu Perjalanan Menggunakan Rute VRP Dan Eksisting.....	75
Tabel 5. 35 Timbunan Sampah Tahun 2022-2026.....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Jaringan Jalan Berdasarkan Status Jalan di Kabupaten Bojonegoro.....	6
Gambar 2. 2 Peta Jaringan Jalan Berdasarkan Fungsi Jalan di Kabupaten Bojonegoro.....	7
Gambar 2. 3 Peta Titik Tempat Pembuangan Sampah Sementara dan Tempat Pembuangan Sampah Akhir.....	7
Gambar 3. 1 Gerobak Sampah.....	15
Gambar 3. 2 Motor Roda Tiga.....	16
Gambar 3. 3 Compactor Truk Sampah.....	16
Gambar 3. 4 Truk Penyapu Jalan.....	16
Gambar 3. 5 Dump Truck.....	17
Gambar 3. 6 Arm Roll Truck.....	17
Gambar 3. 7 Pengurangan Jarak Tempuh Konsolidasi Tempat Perhentian Dalam Rute.....	21
Gambar 4. 1 Kerangka Berpikir.....	23
Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian.....	25
Gambar 4. 3 Sistem Pengumpulan Sampah Secara Langsung.....	30
Gambar 4. 4 Sistem Pengumpulan Sampah Secara Tidak Langsung.....	30
Gambar 4. 5 Vehicle Routing Problem.....	35
Gambar 5. 1 Komposisi Sampah Kabupaten Bojonegoro Tahun 2021.....	38
Gambar 5. 2 Sistem Pewadahan Secara Langsung.....	40
Gambar 5. 3 Sistem Pewadahan Secara Tidak Langsung.....	42
Gambar 5. 4 Pola Pengangkutan Individual Langsung.....	43

Gambar 5. 5 Persentase Volume Sampah Domestik Harian Kabupaten Bojonegoro Tahun 2021.....	46
Gambar 5. 6 Diagram Batang Jumlah Terangkut dan Tidak Terangkut Sampah Domestik Bojonegoro yang Menggunakan Dump Truck dan Arm Roll Truck.....	52
Gambar 5. 7 Ilustrasi Sistem Kontainer Ganti Pada Pengangkutan Arm Roll Truck.....	53
Gambar 5. 8 Visual Basic Editor Arm Roll Truck.....	64
Gambar 5. 9 Rute Arm Roll Truck Menggunakan VRP.....	71
Gambar 5. 10 Volume Sampah Domestik Harian Tahun 2026.....	77

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Transportasi sampah adalah sub-sistem persampahan yang bersasaran membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Hal ini akan mempermudah proses pengambilan sampah dari daerah pemukiman sehingga tidak terjadi penumpukan sampah. Isu-isu lingkungan yang berhubungan dengan transportasi sampah menjadi perhatian utama para pelaku pengelolaan sampah dan juga masyarakat. Pelayanan sistem pengangkutan sampah domestik yang baik dengan rute yang optimal akan mengurangi dampak buruk dari kegiatan tersebut terhadap lingkungan (Byung-In, 2005).

Dengan optimasi sub-sistem ini diharapkan pengangkutan sampah menjadi mudah, cepat, serta biaya relatif murah. Prosedur penanganan sampah yang umum dilaksanakan oleh daerah perkotaan saat ini adalah dengan metode 3P (pengumpulan, pengangkutan dan pembuangan). Sampah dikumpulkan dari sumbernya dan diangkut ke tempat penampungan sementara (TPS) lantas diangkut lagi ketempat pembuangan akhir (TPA).

Sistem pengangkutan sampah di Kabupaten Bojonegoro dilakukan dengan 51 unit armada yang tersedia yang terdiri dari *dump truck*, *armroll*, *bevo loader*, *roadsweeper*, konvektor, dan tosa. Rata-rata produksi sampah sekitar 535,916 ton perhari. Sistem pengangkutan sampah dilakukan 2 rit perhari yaitu pada pukul 15.00 WIB dan 06.00 WIB untuk Hari Senin-Jumat serta di Hari Sabtu-Minggu pada pukul 14.00 WIB dan 06.00 WIB.

Kendala yang dihadapi pada pengangkutan sampah di Kabupaten Bojonegoro yaitu kapasitas alat angkut, volume sampah pada tiap-tiap TPS dan jarak yang ditempuh dari TPS ke TPA. Jumlah sampah tiap hari Kabupaten Bojonegoro sebesar 535,916 ton tetapi yang terangkut sebesar 78,64% atau sebesar 421,444 ton perhari. Belum semuanya sampah yang ada sudah terangkut

semuanya, sebanyak 21,36% belum terangkut. Proses pengangkutan sampah harus dapat memaksimalkan kapasitas kendaraan secara tepat sehingga pengangkutan sampah dapat diselesaikan secara optimal. Dari kondisi tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengefisiensi rute truk pengangkutan sampah di Kabupaten Bojonegoro karena kondisi kenyataannya aturan mengenai jadwal dan rute pelayanan yang teratur dan berjadwal.

Dengan optimasi sub-sistem transportasi sampah ini diharapkan pengangkutan sampah menjadi mudah, cepat, serta biaya relatif murah dengan tujuan akhir meminimalkan penumpukan sampah yang akan memberi dampak langsung bagi kesehatan masyarakat dan keindahan kota. Minimasi jarak dan waktu tempuh merupakan solusi utama dari perencanaan rute pengangkutan sampah. Rute pengangkutan sampah yang dibuat haruslah efektif dan efisien sehingga didapatkan rute pengangkutan yang paling optimum karena rute pengangkutan sampah akan menentukan total perjalanan armada.

Dalam penelitian ini akan dievaluasi lebih jauh tentang karakteristik sistem transportasi sampah ditinjau dari waktu pengangkutan, jarak tempuh, kapasitas sampah yang diangkut, dan jumlah kendaraan yang digunakan dengan informasi tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran dan masukan bagi Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro khususnya untuk meningkatkan pelayanan sampah Kabupaten Bojonegoro. Berdasarkan uraian permasalahan di atas maka penulis akan melakukan penelitian dengan judul **"Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro"**.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Dari latar belakang diatas, ditemukan beberapa masalah terkait pengangkutan sampah domestik di Kabupaten Bojonegoro, antara lain :

1. Pengangkutan sampah yang tidak sesuai dengan waktu melihat dari kinerja lalu lintas dapat mengakibatkan berbagai permasalahan termasuk memperlambat lalu lintas akibat memakan lajur jalan.

2. Rute pengangkutan sampah domestik di Kabupaten Bojonegoro yang belum optimal mengakibatkan keterlambatan dalam hal proses pengangkutan sampah domestik.
3. Jumlah sampah domestik juga semakin bertambah tetapi hal tersebut tidak diimbangi dengan pola pengangkutan sampah yang semakin baik dan peningkatan sarana maupun prasarana yang memadai juga.
4. Penumpukan sampah masih sering ditemukan, sehingga berdampak pada keindahan kota dan masyarakat disekitarnya yang dikarenakan adanya TPS liar.

### **1.3. Rumusan Masalah**

Permasalahan mendasar terkait dengan pengangkutan sampah di Kabupaten Bojonegoro adalah kurang efektifnya sistem pengangkutan sampah pada beberapa TPS dan di pemukiman warga di beberapa wilayah. Oleh karena itu perumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana sistem dan pola pergerakan pengangkutan sampah domestik di Kabupaten Bojonegoro mulai dari jumlah dan kondisi kendaraan pengangkutan sampah domestik, waktu operasi, tata cara pemuatan dan pengangkutan sampah domestik Kabupaten Bojonegoro dan bagaimana solusi pemecahannya ?
2. Bagaimana cara mengoptimalkan rute pengangkutan sampah diukur dari jarak tempuh dan volume sampah dengan memperhatikan kapasitas armada pengangkutan yang tersedia di Kabupaten Bojonegoro?
3. Berapakah jumlah timbunan sampah di tahun 2026, dan adakah TPS dan TPA serta armada yang perlu ditambahkan di tahun 2026?

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dibuatnya penelitian ini adalah :

1. Menganalisis sistem pengangkutan dan pola pengumpulan sampah di Kabupaten Bojonegoro mulai dari jumlah dan kondisi kendaraan pengangkutan sampah domestik, waktu operasi, tata cara pemuatan dan pengangkutan sampah domestik Kabupaten Bojonegoro.
2. Mengaplikasikan metode Vehicle Routing Problem dalam mengoptimalkan rute pengangkutan sampah domestik dari TPS ke TPA di Kabupaten Bojonegoro yang efektif dan efisien.
3. Menganalisis proyeksi jumlah timbunan sampah di tahun 2026 dan memberikan solusi jumlah perencanaan kendaraan pengangkutan sampah.

#### **1.5. Batasan Masalah**

Untuk mengarahkan penulis agar penelitian dan permasalahan yang dikaji lebih mendetail dan sesuai dengan Judul dan Tujuan Penulisan Skripsi ini, maka penulis membatasi masalah yang akan dibahas berikut ini :

1. Kondisi sampah domestik yang dimaksud adalah seluruh TPS dan TPA di Kabupaten Bojonegoro dan titik-titik sumber sampah.
2. Daerah pelayanan pengangkutan sampah mengacu pada yang telah dilaksanakan oleh Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro.
3. Kendaraan yang digunakan adalah dump truck dan arm roll truck kendaraan operasional untuk pengangkutan sampah domestik milik Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro.
4. Masalah manajemen pengangkutan yang diteliti menggunakan metode Vehicle Routing Problem.
5. Truk pengangkut hanya melalui jalan-jalan yang ditetapkan.

## **BAB II**

### **GAMBARAN UMUM**

#### **2.1. Kondisi Transportasi**

##### **2.1.1. Lalu Lintas Jalan**

Transportasi yang digunakan dalam mobilitas masyarakat Kabupaten Bojonegoro adalah transportasi daratnya. Transportasi darat yang digunakan di Kabupaten Bojonegoro berupa angkutan umum diantaranya angkutan kota antar provinsi, angkutan kota dalam provinsi, angkutan pedesaan dan angkutan perkotaan. Dan juga kendaraan pribadi seperti mobil dan motor. Tak jarang masyarakat Kabupaten Bojonegoro menggunakan jasa angkutan online seperti Gojek dalam melakukan perjalanan.

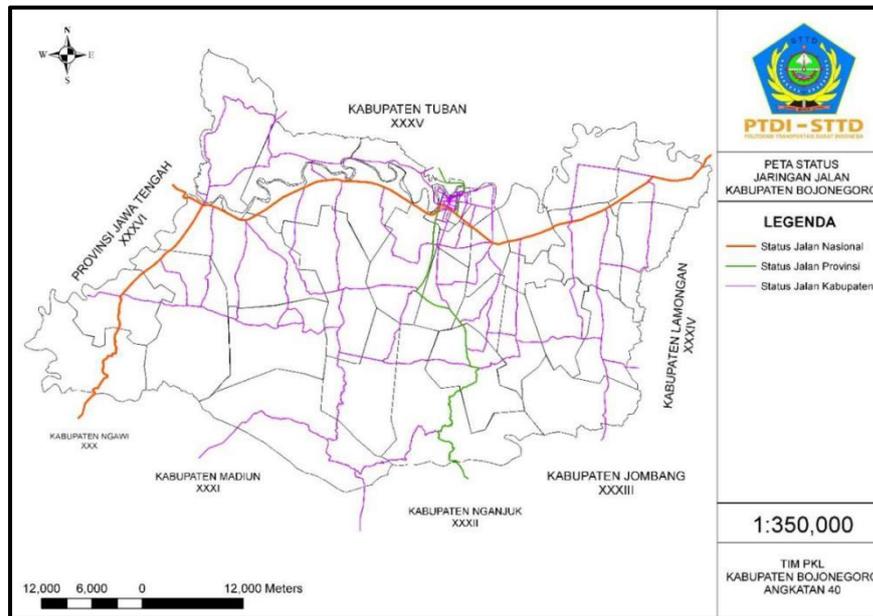
Kondisi lalu lintas di Kabupaten Bojonegoro ramai lancar. Meskipun pada saat setelah adanya pandemi *Covid-19*, kondisi lalu lintas terlihat stabil. Dikarenakan terjadinya kebijakan *Work From Home* pada sebagian pekerja kantor dan adanya *School From Home* pada seluruh sekolah di Kabupaten Bojonegoro.

##### **2.1.2. Pola Jaringan Jalan**

Dilihat dari karakteristik jaringan jalan, Kabupaten Bojonegoro mempunyai pola jaringan jalan linear. Kabupaten Bojonegoro merupakan kabupaten yang kondisi jaringan jalan padat pada daerah tertentu terutama pada bagian pusat kegiatan. Pada daerah tersebut mobilitas kendaraannya tergolong tinggi, karena merupakan kawasan pemerintahan. Sedangkan pada daerah bagian utara dan selatan kondisi jaringan jalannya tidak padat, dikarenakan pada daerah tersebut didominasi oleh persawahan dan perkebunan.

Berdasarkan keadaannya, jaringan jalan Kabupaten Bojonegoro terbagi menjadi 101,05 km panjang jalan nasional, 48,41 km panjang jalan provinsi yang terbagi menjadi beberapa seksi. Dari semua ruas jalan tersebut rata-rata masih dalam kondisi yang kurang baik. Tipe perkerasan jalan di Kabupaten Bojonegoro

yaitu berupa aspal dan beton. Berikut ini adalah peta jaringan jalan berdasarkan status Kabupaten Bojonegoro:

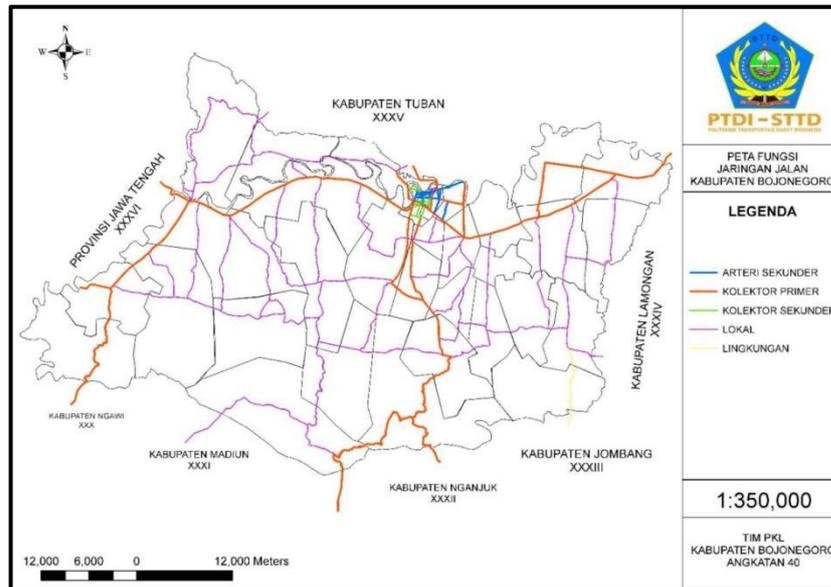


Sumber : TIM PKL Kabupaten Bojonegoro, 2021

Gambar 2.1 Peta Jaringan Jalan Berdasarkan Status Jalan di Kabupaten Bojonegoro

### 2.1.3. Prasarana Jalan

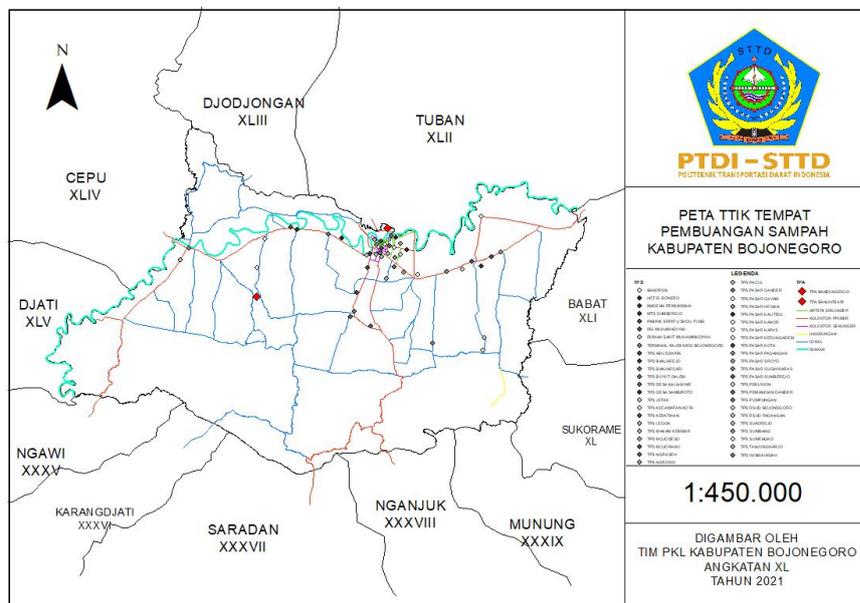
Jaringan jalan menurut status di Kabupaten Bojonegoro terdiri dari Jalan Nasional, Jalan Provinsi, dan Jalan Kabupaten. Sedangkan berdasarkan fungsinya hanya terdiri dari Jalan Kolektor dan Jalan Lokal. Karakteristik jalan di Kabupaten Bojonegoro umumnya memiliki tipe 2/2 UD baik pada Jalan Nasional, Provinsi, maupun Jalan Kabupaten. Terdapat beberapa Jalan Nasional dan Kabupaten dengan tipe jalan 4/2D. Untuk jenis pengaturan simpang di Kabupaten Bojonegoro terdapat simpang bersinyal, prioritas, dan Uncontrolled. Berikut ini adalah peta jaringan jalan berdasarkan fungsi Kabupaten Bojonegoro:



Sumber : TIM PKL Kabupaten Bojonegoro, 2021

Gambar 2.2 Peta Jaringan Jalan Berdasarkan Fungsi Jalan di Kabupaten Bojonegoro

## 2.2. Kondisi Wilayah Kajian



Sumber : TIM PKL Kabupaten Bojonegoro, 2021

Gambar 2.3 Titik Tempat Pembuangan Sementara dan Tempat Pembuangan Akhir

Kabupaten Bojonegoro memiliki luas 2.307,06 km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk pada tahun 2021 sebesar 1.341.259 jiwa. Kabupaten Bojonegoro terbagi menjadi 28 Kecamatan, meliputi 11 kelurahan dan 419 desa.

Tabel 2.1 Luas Wilayah Kabupaten Bojonegoro

No	Kecamatan	Luas Area (Km <sup>2</sup> )		Desa	Kelurahan	RW	RT
		(Km <sup>2</sup> )	%				
1	Margomulyo	139,68	6,05%	6	-	43	105
2	Ngraho	71,48	3,10%	16	-	131	318
3	Tambakrejo	209,52	9,08%	18	-	89	357
4	Ngambon	48,65	2,11%	5	-	23	66
5	Sekar	130,24	5,65%	6	-	60	155
6	Bubulan	84,73	3,67%	5	-	25	86
7	Gondang	107,01	4,64%	7	-	45	166
8	Temayang	124,67	5,40%	12	-	26	110
9	Sugihwaras	87,15	3,78%	17	-	88	287
10	Kedungadem	145,15	6,29%	23	-	164	586
11	Kepoh Baru	79,64	3,45%	25	-	102	438
12	Baureno	66,37	2,88%	25	-	165	462
13	Kanor	59,78	2,59%	25	-	97	408
14	Sumberejo	76,58	3,32%	26	-	99	430
15	Balen	60,52	2,62%	23	-	80	430
16	Sokosewu	47,48	2,06%	14	-	53	288
17	Kapas	46,38	2,01%	21	-	43	309
18	Bojonegoro	25,71	1,11%	7	11	58	328
19	Trucuk	36,71	1,59%	12	-	30	174
20	Dander	118,36	5,13%	16	-	69	366
21	Ngasem	197,26	8,55%	17	-	96	348
22	Kalitidu	65,95	2,86%	18	-	79	289
23	Malo	65,41	2,84%	20	-	101	230
24	Purwosari	62,32	2,70%	12	-	61	201
25	Padangan	42	1,82%	16	-	59	207
26	Kasiman	51,8	2,25%	10	-	41	179
27	Kedewam	56,51	2,45%	5	-	18	69
28	Gayam	50,05	2,17%	12	-	61	200
	JUMLAH	2.307,06	100%	419	11	2004	7592

Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Bojonegoro, 2021

Sistem pengangkutan sampah di Kabupaten Bojonegoro dilakukan 2 rit perhari yaitu pada pukul 15.00 WIB dan 06.00 WIB untuk hari kerja serta di hari libur pada pukul 14.00 WIB dan 06.00 WIB. Dengan armada 51 unit yang terdiri dari *dump truck*, *armroll*, *bego loader*, *roadsweeper*, konvektor, dan tosa. Berikut rincian jumlah armada pengangkut sampah :

Tabel 2.2 Rincian Jumlah Armada Pengangkut Sampah Kabupaten Bojonegoro

NO	NAMA BARANG/JENIS BARANG	MERK/MODEL	JUMLAH BARANG	
1	TRUCK	DUMP TRUCK	3	UNIT
2	AMROLL	AMROLL	16	UNIT
3	LOADER	BEGO LOADER	4	UNIT
4	TRUCK	ROADSWEEPER	1	UNIT
6	KOVECTOR	KONVECTOR	2	UNIT
7	MOTOR TIGA RODA	TOSA	25	UNIT
	JUMLAH ARMADA		51	UNIT

Sumber : Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro, 2021

Satu truk biasanya dapat mencakup 7 s/d 11 TPS perhari. Sampah yang tiba di TPA bukan hanya sampah dari pihak DLH melainkan ada pihak ketiga seperti perusahaan diluar pemerintah, yang biayanya ditanggungkan kepada perusahaan itu sendiri. Rata-rata produksi sampah sekitar 535,916 ton perhari. Dengan lokasi tempat pembuangan akhir sampah terdapat di dua lokasi yakni di TPA Banjarsari Desa Banjarsari Kecamatan Trucuk dan di TPA Bandungrejo Desa Bandungrejo Kecamatan Ngasem. Berikut persentase rata-rata produksi sampah perhari yang terangkut di Kabupaten Bojonegoro dari tahun 2017-2021 :

Tabel 2.3 Rata-rata produksi sampah perhari di Kabupaten Bojonegoro dari tahun 2017-2021

2017	2018	2019	2020	2021
524,118 ton	529,724 ton	532,549 ton	535,64 ton	535,916 ton

Sumber : Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro, 2021

Tabel 2.4 Lokasi Tempat Pembuangan Sementara Sampah di Kabupaten Bojonegoro

NO	NAMA TEMPAT PEMBUANGAN SEMENTARA	ALAMAT/LOKASI
1	TPS BANJAREJO	JALAN JAKSA AGUNG
2	TPS NGROWO	JALAN RAJAWALI KELURAHAN NGROWO
3	TPS KECAMATAN KOTA	JALAN PEMUDA GANG WAHYU KELURAHAN KADIPATEN
4	TPS SUMBANG	JALAN ADE IRMA SURYANI KELURAHAN SUMBANG
5	TERMINAL RAJEKWESI BOJONEGORO	JALAN VETERAN
6	TPS LEDOK	JALAN MH.THAMRIN DESA LEDOK WETAN
7	TPS KEPATIHAN	JALAN DIPONEGORO
8	TPS MAKAM KEMBAR	JALAN BRIGJEND SUTOYO DESA SUKEREJO
9	TPS PASAR KOTA	JALAN KH. MANSYUR
10	TPS PACUL	JALAN PANGLIMA POLIM
11	TPS SUKOREJO	JALAN ARIF RAHMAN HAKIM
12	TPS WISMA INDAH	PERUMAHAN WISMA INDAH TIMUR
13	TPS RSUD BOJONEGORO	RSUD Dr SOSODORO DJATIKOESOEMO JALAN VETERAN
14	BAKORWIL	KANTOR BAKORWIL, JALAN PAHLAWAN
15	TPS BUYUT DALEM	JALAN DEWI SARTIKA KELURAHAN KADIPATEN
16	TPS PASAR HEWAN	DESA MARGOMULYO BALEN
17	TPS PUMPUNGAN	JALAN RAYA CEPU DESA PUMPUNGAN
18	TPS PASAR KALITIDU	JALAN BOJONEGORO-NGAWI
19	TPS SUMENGKO	JALAN CLANGAP (GAYAM) DESA SUMENGKO
20	HOTEL BONERO	JALAN RAYA CEPU
21	RSI MUHAMADIYAH	JALAN RAYA KALITIDU
22	TPS RSUD PADANGAN	JALAN Dr SUTOMO PADANGAN
23	TPS PASAR PADANGAN	DESA KUNCEN NO 1 PADANGAN
24	TPS ABU DZARIN	JALAN HOS COKROAMINITO SUMBERTLASEH
25	TPS JETAK	JALAN MT HARIYONO
26	MADEAN PEMUKIMAN	JALAN CEPU LAMA
27	TPS MOJORANU	PERUMNAS MOJORANU
28	TPS NGRASEH	JALAN RAYA SUMBERARUM KM 09 DESA NGRASEH
29	TPS PASAR DANDER	JALAN RAYA DANDER
30	TPS PAMANDIAN DANDER	DESA ALANG-ALANG KEMANGI KECAMATAN DANDER
31	TPS BANJARSARI	JALAN TUGU BANJARSARI
32	TPS TANJUNGHARJO	JALAN KAKI PROYO DESA TANJUNGHARJO
33	TPS DESA SAMBIROTO	RT 04 RW 01 DESA SAMBIROTO
34	TPS MOJODESO	GANG PAYUNG MOJODESO
35	TPS PASAR KAPAS	JALAN RAYA KAPAS
36	TPS DESA KALIANYAR	DESA KALIANYAR
37	TPS PASAR SUMBEREJO	JALAN RAYA BABAT CARUBAN, KAUMAN SUMBERREJO
38	PABRIK SEPATU SHOU FUNG	RT 01 RW 02 DESA PRAYUNGAN
39	MTS SUMBEREJO	RT 06 RW 03 DESA SUMBERREJO
40	TPS PASAR SROYO	JALAN BABAT-BOJONEGORO
41	TPS PEKUWON	DESA PEKUWON SUMBERREJO
42	TPS PASAR SUGIHWARAS	JALAN RAYA SUGIHWARAS
43	TPS PASAR KEDUNGADEM	JALAN RAYA KESONGO KEDUNGADEM
44	RUMAH SAKIT MUHAMMADIYAH	JALAN RONGGOLawe KECAMATAN KEDUNGADEM
45	TPS PASAR KANOR	JALAN RAYA KANOR DESA TAMBAREJO
46	TPS PASAR GAYAM	DESA GAYAM

Sumber : Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro, 2021

## **BAB III**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **3.1. Sistem Pengangkutan Sampah**

Menurut Slamet (2002), sampah adalah segala sesuatu yang tidak lagi dikehendaki oleh yang punya dan bersifat padat. Sampah domestik adalah sampah rumah tangga yang dibuang dari pemukiman penduduk, pasar, dan pertokoan, serta perkantoran yang merupakan sumber utama pencemaran di perairan pantai (Menurut Tchobanoglous dalam Suhartono). Contohnya ialah pakaian lama atau buruk, botol, kaca, kertas, beg plastik, tin aluminium dan juga sisa makanan serta bahan-bahan buangan ini terdiri dari berbagai jenis termasuk sisa jualan, sisa pembungkusan dan sisa dari proses pengilangan. Menurut Damanhuri (2010), Biasanya sumber sampah dibagi menjadi 2 kelompok besar, yaitu:

1. Sampah dari permukiman atau sampah rumah tangga
2. Sampah dari non permukiman yang sejenis sampah rumah tangga, seperti dari pasar, komersial, dll.

Sampah dari kedua jenis sumber tersebut dikenal sebagai sampah domestik. Sedang sampah non-domestik adalah sampah atau limbah yang bukan sejenis sampah rumah tangga, misalnya limbah dari proses industri. Bila sampah domestik ini berasal dari lingkungan perkotaan, dalam bahasa Inggris dikenal sebagai municipal solid waste (MSW). Dalam pengelolaan persampahan di Indonesia, sampah kota biasanya dibagi berdasarkan sumbernya, seperti sampah dari:

1. Permukiman atau rumah tangga dan sejenisnya
2. Pasar
3. Kegiatan komersial seperti pertokoan

4. Kegiatan perkantoran, mayoritas berisi sampah kegiatan perkantoran seperti kertas hotel dan restoran
5. Kegiatan dari institusi seperti industri, rumah sakit, khusus untuk sampah yang sejenis dengan sampah permukiman
6. Penyapuan jalan
7. Taman-taman

Menurut Gelbert dkk. (1996) pengelolaan sampah ditujukan pada pengumpulan sampah mulai dari produsen sampah pada tempat pembuangan sampah akhir (TPA), membuat tempat pembuangan sampah sementara (TPS), transportasi yang sesuai lingkungan dan pengelolaan pada TPA. Sub sistem teknis operasional pengelolaan sampah perkotaan meliputi dasar- dasar perencanaan untuk kegiatan-kegiatan pewadahan sampah, pengumpulan sampah, pengangkutan sampah, pengolahan sampah dan pembuangan akhir sampah.

Menurut Damanhuri, (2010) menyatakan bahwa pengangkutan sampah adalah sub-sistem yang bersasaran membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju tempat pemrosesan akhir, atau TPA. Pengangkutan sampah merupakan salah satu komponen penting dan membutuhkan perhitungan yang cukup teliti, dengan sasaran mengoptimalkan waktu angkut yang diperlukan dalam sistem tersebut, khususnya bila:

1. Terdapat sarana pemindahan sampah dalam skala cukup besar yang harus menangani sampah
2. Lokasi titik tujuan sampah relatif jauh
3. Sarana pemindahan merupakan titik pertemuan masuknya sampah dari berbagai area
4. Ritasi perlu diperhitungkan secara teliti
5. Masalah lalu lintas jalur menuju titik sasaran tujuan sampah

Dalam menangani pengelolaan sampah perkotaan ini mengacu pada SNI 19- 2454-2002 mengenai Tata Cara Teknik Operasional Sampah Perkotaan. Perencanaan operasional pengumpulan sebagai berikut :

1. Rotasi antar 1 – 4/hari;
2. Periodisasi: 1 hari, 2 hari, atau maksimal 3 hari sekali, tergantung dari kondisi komposisi sampah, yaitu:
  - a. Semakin besar prosentasi sampah organik, periodisasi pelayanan maksimal sehari 1 kali;
  - b. Untuk sampah kering, periode pengumpulannya disesuaikan dengan jadwal yang telah ditentukan, dapat dilakukan lebih dari 3 hari 1 kali;
  - c. Untuk sampah B3 disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku;
  - d. Mempunyai daerah pelayanan tertentu dan tetap;
  - e. Mempunyai petugas pelaksana yang tetap dan dipindahkan secara periodik;
  - f. Pembebanan pekerjaan diusahakan merata dengan kriteria jumlah sampah terangkut, jarak tempuh, dan kondisi daerah.

Berdasarkan letak dan kebutuhan dalam pengelolaan sampah, maka pewadahan sampah dibagi atas 3 tingkatan, yaitu :

1. Tingkat I , yaitu wadah sampah yang menampung sampah secara langsung dari sumbernya. Pada umumnya wadah sampah ini diletakkan di tempat-tempat yang mudah terlihat oleh pemakainya, misalnya diletakkan di dapur, di ruang kerja, dsb. Wadah sampah jenis ini adalah tidak statis, tetapi mudah diangkat dan dibawa ke wadah sampah tingkat II;
2. Tingkat II yaitu wadah sampah yang bersifat sebagai pengumpul sementara, merupakan wadah sampah yang menampung sampah dari wadah sampah tingkat I maupun langsung dari sumbernya. Wadah sampah tingkat II ini diletakkan diluar kantor, sekolah, rumah, atau tepi jalan. Di permukiman

permanen, akan dijumpai wadah sampah tingkat II dalam bentuk bak sampah permanen di depan rumah ataupun dipinggir jalan protokol didepan gang – gang kecil;

3. Tingkat III, yaitu wadah sampah yang merupakan wadah sentral, biasanya bervolume besar yang akan menampung sampah dari wadah tingkat II. Wadah sampah ini sebaiknya terbuat dari konstruksi khusus dan ditempatkan sesuai dengan sistem pengangkutan sampahnya. Wadah sampah tingkat III ini biasanya berupa bak sampah besar yang digunakan sebagai TPS disuatu lokasi permukiman.

Tabel 3.1 Jenis Pewadahan Berdasarkan Sumber Sampahnya

Sumber sampah	Jenis Pewadahan
Permukiman	- Kantongan plastik - Tong sampah ukuran 40 – 60 liter
Pasar	- Tong sampah ukuran 50 – 60 liter - Tong berbahan plastik ukuran 120-140 liter dengan tutup dan memakai roda - Gerobak sampah ukuran 1m <sup>3</sup> - Bak kontainer armroll kapasitas 6-10m <sup>3</sup>
Pertokoan	- Kantongan plastik - Tong sampah ukuran 50 – 60 liter - Tong berbahan plastik ukuran 120-140 liter dengan tutup dan memakai roda
Perkantoran / hotel	- Gerobak sampah ukuran 1m <sup>3</sup> - Bak kontainer armroll kapasitas 6-10m <sup>3</sup>
Jalan protokol / lokal	- Gerobak sampah ukuran 1m <sup>3</sup>

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2002)

Pengangkutan sampah adalah kegiatan membawa sampah dari lokasi pemindahan atau langsung dari sumber sampah menuju ke tempat pembuangan akhir.

Tabel 3.2 Proses Pemilihan Alat Angkut Persampahan Berdasarkan Pola Pengumpulan Sampah

Pola Pengumpulan Sampah	Kondisi Jalan	Alat angkut
Individual langsung	Jalan lebar dan memadai	- Compactor truk - Armroll truk - Dump truk
Individual tidak langsung	Jalan sempit atau gang	- Gerobak sampah dan becak sampah ke TPS - Armroll truk dan dump truk dari TPS ke TPA
Individual tidak langsung	Jalan sempit atau gang	- Gerobak sampah dan Becak sampah ke TPS
Komunal langsung	Jalan sempit atau gang	- Armroll truk dan dump truk dari TPS ke TPA
Komunal tidak langsung	Jalan sempit atau gang	
Penyapuan jalan	Jalan lebar dan memadai	-Truk penyapu jalan -Tong sampah penyapu

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2002)

Jenis jenis alat pengangkut sampah yang dipakai pada umumnya untuk daerah–daerah di Indonesia adalah :

1. Gerobak Sampah (ukuran volume 1m<sup>3</sup>)



Gambar 3.1 Gerobak Sampah

Gambar 3.1 diatas merupakan gerobak sampah yang berfungsi sebagai alat pengumpul sampah dari sumber sampah untuk dikumpulkan di TPS.

2. Motor Tiga Roda (kapasitas 3m<sup>3</sup>)



Gambar 3.2 Motor Tiga Roda

Gambar 3.2 diatas merupakan motor tiga roda dengan gerobak sampah yang berfungsi sebagai alat pengumpul sampah dari TPS untuk dikumpulkan di TPA.

3. Compactor Truk Sampah (kapasitas 10m<sup>3</sup>)



Gambar 3.3 Compactor Truk Sampah

Gambar 3.3 diatas merupakan truk compactor sampah yang berfungsi sebagai alat untuk mengangkut sampah terpadatkan dari sumber sampah menuju ke TPA.

4. Truk Penyapu Jalan 6m<sup>3</sup>



Gambar 3.4 Truk Penyapu Jalan

Gambar 3.4 diatas merupakan truk penyapu jalan yang berfungsi untuk mengumpulkan dan mengangkut sampah jalanan dari jalan-jalan protokol ke TPA.

5. DumpTruck (Tipper Truck) ukuran 6m<sup>3</sup>



Gambar 3.5 Dump Truck (Tipper Truck)

Gambar 3.5 diatas merupakan dump truk sampah yang berfungsi untuk mengangkut sampah dari sumber sampah / transfer depo / transfer station ke TPA.

6. Arm Roll Truck (kapasitas 10m<sup>3</sup>)



Gambar 3.6 Arm Roll Truck

Gambar 3.6 diatas merupakan arm roll truk sampah yang berfungsi sebagai alat untuk mengangkut sampah di dalam bak kontainer dari TPS ( transfer depo ) menuju ke TPA.

Menurut UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah pada Pasal 6 (poin c) yaitu tugas pemerintah dan pemerintah daerah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 terdiri atas (d) melaksanakan pengelolaan sampah dan memfasilitasi penyediaan prasarana dan sarana pengelolaan sampah.

Menurut PP RI Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga menerangkan rencana induk paling sedikit memuat :

1. Pembatasan timbunan sampah;
2. Pendaaur ulang sampah;

3. Pemanfaatan kembali sampah;
4. Pemilahan sampah;
5. Pengumpulan sampah;
6. Pengangkutan sampah;
7. Pemrosesan akhir sampah; dan
8. Pendanaan.

Menurut Undang - undang Nomor 33 Tahun 2010 tentang Pedoman Pengelolaan Sampah membahas tentang pengumpulan sampah dilakukan sejak pemindahan sampah dari tempat sampah rumah tangga ke TPS/TPST sampai ke TPA dengan tetap menjamin terpisahnya sampah sesuai dengan jenis sampah.

PM PU RI Nomor 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga menerangkan terkait pengangkutan sampah dari TPS ke TPA atau TPST dilaksanakan dengan ketentuan:

1. memaksimalkan kapasitas kendaraan angkut yang digunakan;
2. rute pengangkutan sependek mungkin dan dengan hambatan sekecil mungkin;
3. frekuensi pengangkutan dari TPS dan/atau TPS 3R ke TPA atau TPST dilakukan sesuai dengan jumlah sampah yang ada; dan
4. ritasi dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi dan efektifitas pengangkutan.

Menurut Peraturan Daerah Nomor 5 Tahun 2017 tentang Pengelolaan Sampah membahas tentang pembiayaan terhadap penyelenggaraan pengelolaan sampah bersumber dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah dan/atau bersumber pembiayaan lain yang sah dan tidak mengikat. Dimana pembiayaan terhadap penyelenggaraan pengelolaan sampah, meliputi :

1. Penyediaan tempat sampah dan alat pengumpul sampah di fasilitas umum milik Pemerintah Daerah

2. Pembersihan sampah ditempat-tempat umum milik Pemerintah Daerah
3. Sarana transportasi sampah dari TPS/TPST ke TPA
4. Penyediaan TPS dan TPA
5. Pengelolaan, operasional, dan pemrosesan sampah di TPA

### **3.2. Teknik Optimasi**

Vehicle Routing Problem (VRP) diperkenalkan pertama kali oleh Dantziq dan Ramser pada tahun 1959. VRP didefinisikan sebagai sebuah pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah kendaraan (vehicle) yang harus melakukan perjalanan ke sejumlah tempat untuk mengantar dan/atau menjemput orang/ barang. Istilah Customer digunakan sebagai pemberhentian untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang. Penentuan ini dilakukan dengan pertimbangan kapasitas kendaraan dan untuk meminimalkan biaya yang diperlukan karena biasanya penentuan biaya minimal erat kaitannya dengan jarak terpendek Vehicle Routing Problem (VRP) diperkenalkan pertama kali oleh Dantziq dan Ramser pada tahun 1959. Sebagian besar bentuk VRP diselesaikan dengan metode-metode berikut ini:

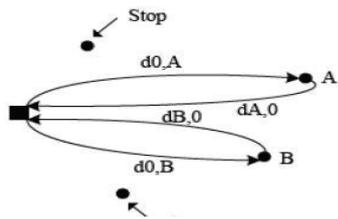
1. Pendekatan langsung dengan menghitung dengan rumus biasa (hingga 100 node).
2. Metode-metode heuristic: Pendekatan hierarkis (SDVRP + TSP), Multi-route Improvement Heuristic.
3. Metode-metode metaheuristik: Tabu search, constraint programming, granular tabu, ant systems.

Menurut Toth and Vigo (2002), masalah mencari solusi yang baik dalam masalah penentuan kendaraan menjadi lebih sulit dengan adanya pembatas-pembatas tambahan dari masalah. Time Windows, jumlah truk yang banyak dengan perbedaan kapasitas, total maksimum waktu distribusi yang diizinkan dalam rute, perbedaan kecepatan dalam zona yang berbeda, rintangan/penghalang dalam perjalanan (sungai, belokan, gunung), dan waktu istirahat untuk pengemudi adalah beberapa pertimbangan yang diperlukan dalam

penentuan perancangan rute. 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 (The Savings Method).

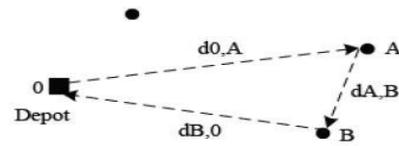
Tujuan dari metode "savings" adalah untuk meminimisasi total jarak perjalanan semua kendaraan dan untuk meminimisasi secara tidak langsung jumlah kendaraan yang diperlukan untuk melayani semua tempat perhentian. Logika dari metode ini bermula dari kendaraan yang melayani setiap tempat perhentian dan kembali ke depot. Hal ini memberikan jarak maksimum dalam masalah penentuan rute. Kemudian, dua tempat perhentian digabung dalam satu rute yang sama sehingga satu kendaraan tersebut dieliminasi dan jarak tempuh/perjalanan dapat dikurangi.

Pendekatan "savings" mengizinkan banyak pertimbangan yang sangat penting dalam aplikasi yang realistis. Sebelum tempat perhentian dimasukkan ke dalam sebuah rute, rute dengan tempat perhentian berikutnya harus dilihat. Sejumlah pertanyaan tentang perancangan rute dapat ditanyakan, seperti apakah waktu rute melebihi waktu distribusi maksimum pengemudi yang diizinkan, apakah waktu untuk istirahat pengemudi telah dipenuhi, apakah kendaraan cukup besar untuk melakukan volume rute yang tersedia. Pelanggaran terhadap kondisi-kondisi tersebut dapat menolak tempat perhentian dari rute keseluruhan. Tempat perhentian selanjutnya dapat dilihat menurut nilai "savings" terbesar dan proses pertimbangan diulangi. Pendekatan ini tidak menjamin solusi yang optimal, tetapi dengan mempertimbangkan masalah kompleks yang ada, solusi yang baik dapat pengurangan jarak tempuh melalui konsolidasi tempat perhentian dalam rute.



a. Rute Awal – Jarak Tempuh

$$= d_{0,A} + d_{A,0} + d_{0,B} + d_{B,0}$$



b. Menggabungkan Dua Tempat

Pemberhentian dalam sebuah rute.

$$\text{Tempuh} = d_{0,A} + d_{A,B} + d_{B,0}$$

Sumber: Ballou H., Ronald (1999)

Gambar 3.7 Pengurangan Jarak Tempuh Konsolidasi Tempat Perhentian dalam Rute

### 3.3. Penelitian Terdahulu

1. Dana Sabila Azka, (2021) dengan penelitian berjudul Analisis Operasional Angkutan Sampah Kota Pangkalpinang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi eksisting operasional angkutan sampah yang ada di Kota Pangkalpinang serta untuk mengetahui kebutuhan angkutan sampah di Kota Pangkalpinang untuk prediksi pada tahun 2030. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini pola pengangkutan sampah HCS dan SCS.
2. Mossab, Aboabida Alawad (2019) dengan judul penelitian Evaluasi Produktivitas Angkuran Sampah di Kecamatan Lowokwaru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai produktivitas kendaraan pengangkut sampah di Kecamatan Lowokwaru. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini pola pengangkutan sampah HCS dan SCS.
3. Yuda Saprudin, (2018) dengan penelitian berjudul Optimalisasi Rute Angkutan Sampah Dalam Upaya Menurunkan Ongkos Angkut dengan Pendekatan Algoritma Genetika. Tujuan penelitian ini ialah menerapkan metode Nearest Neighbour sebagai usulan awal yang dioptimasi menggunakan Algoritma Genetika dalam rangka mendapatkan rute yang optimal. Metode analisis yang

digunakan metode Nearest Neighbour, klasifikasi CVRP (Capacited Vehicle Routing Problem), distribusi pengangkutan sampah dan metode saving matrix.

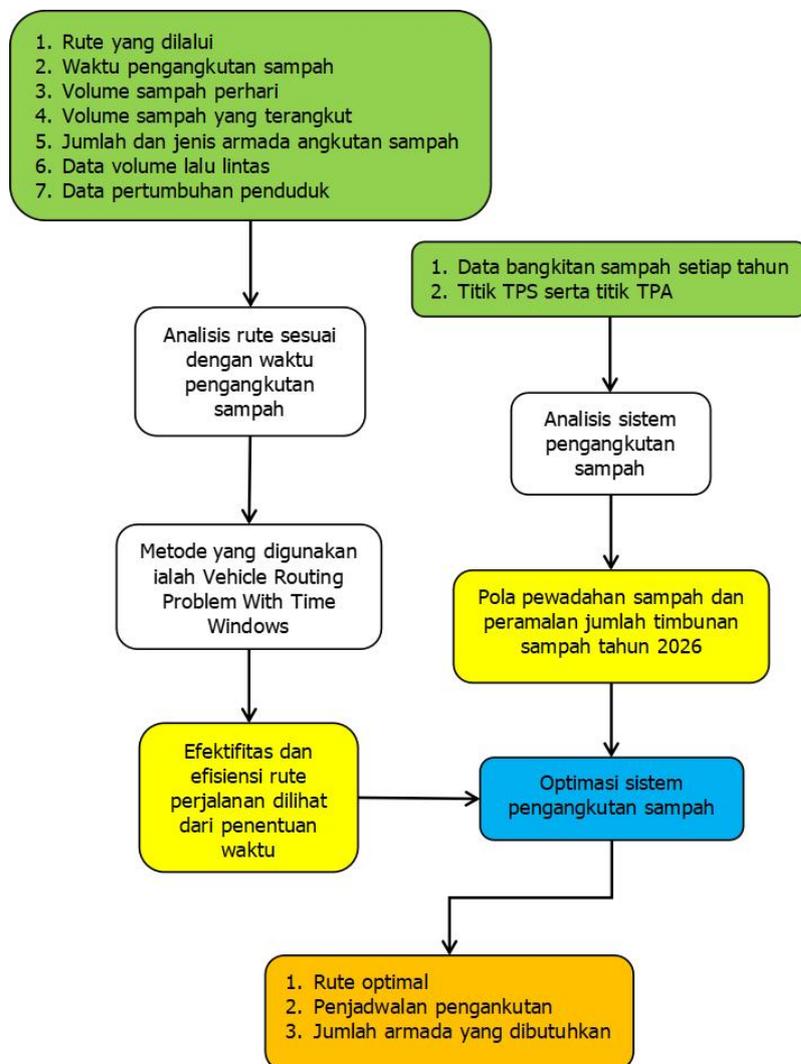
4. Habanono, Alforenzo Everd Daniel (2018) dengan judul penelitian Optimalisasi Jalur Pengangkutan Sampah di Kota Kupang. Penelitian ini memiliki tujuan yaitu memberikan solusi dan menyelesaikan penentuan rute tercepat sehingga dapat meminimalisasi jarak perjalanan sehingga pada akhirnya akan meminimalkan biaya operasional pengangkutan sampah. Menggunakan metode analisis klasifikasi CVRP (Capacited Vehicle Routing Problem), pola pengangkutan sampah HCS dan SCS.
5. Zaihir Zainuddin, (2019) dengan penelitian berjudul Optimasi Rute Menggunakan Algoritma Greedy pada Pengangkutan Sampah di Kota Makassar. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan dapat membantu program pemerintah untuk mewujudkan lingkungan yang bersih serta memberikan kepuasan pelayanan kepada masyarakat di Kota Makassar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa metode Algoritma Greedy dan distribusi pengangkutan sampah.

## BAB IV

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 4.1. Desain Penelitian

Untuk mempermudah dalam pemahaman proses-proses yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini, maka perlu dibuat suatu alur pikir penelitian agar memudahkan dalam menentukan rute yang efektif dan efisien untuk pola pengangkutan sampah. Berikut alur pikir peneliti :

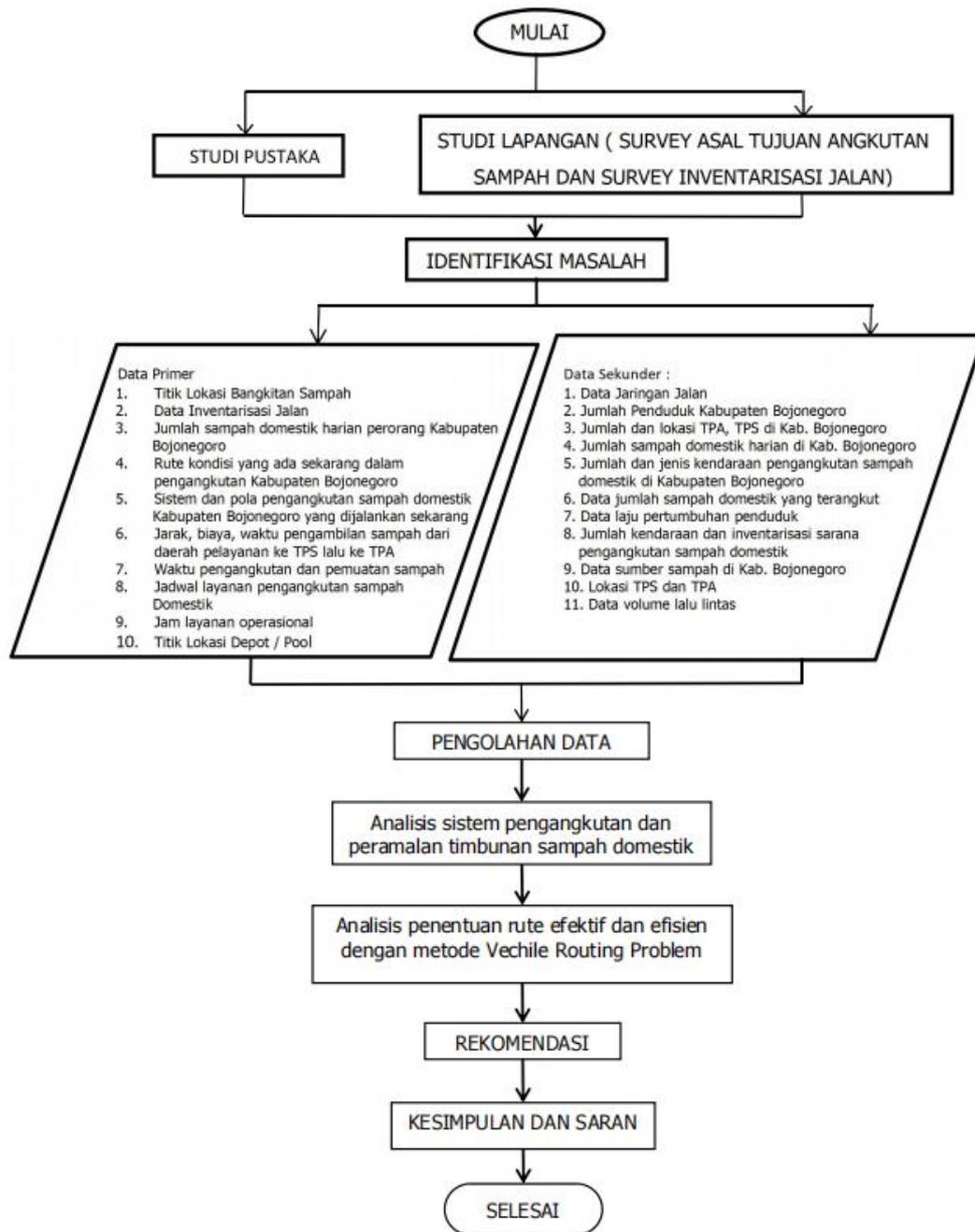


Gambar 4.1 Kerangka Berpikir

Pada alur pikir penelitian ini akan dijelaskan proses-proses penelitian mulai dari masukan sampai dengan keluaran. Dan juga membahas analisis yang digunakan dalam pembahasan penelitian secara runtut agar memudahkan dalam penyelesaian permasalahan yang dihadapi. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini berupa :

1. Analisis penentuan rute yang sesuai dengan waktu pengangkutan dengan menggunakan Metode Vehicle Routing Problem With Time Windows. Data yang dibutuhkan dalam analisis ini ialah rute yang dilalui, waktu pengangkutan sampah, volume sampah perhari, volume sampah yang terangkut, jumlah dan jenis armada angkutan sampah, data volume lalu lintas, dan data pertumbuhan penduduk. Data-data tersebut diperoleh dari hasil suvei wawancara dengan pengemudi angkutan sampah dan juga data dari Dinas Perhubungan, Dinas Lingkungan Hidup serta dari Dinas Bappeda Kabupaten Bojonegoro. Output dari analisis ini yaitu berupa rute yang efektif dan efisien berdasarkan waktu pengangkutan sampah.
2. Analisis sistem pengangkutan sampah, data yang dibutuhkan untuk melakukan analisis ini ialah titik TPS dan titik TPA serta data bangkitan sampah tiap tahunnya. Data bangkitan sampah digunakan untuk mengetahui daerah pelayanan sudah terlayani semuanya atau belum. Dalam Analisis ini juga dibahas mengenai peramalan jumlah timbunan sampah tahun 2026. Output dari analisis ini ialah peramalan jumlah timbunan sampah tahun 2026 dan pola pewadahan yang digunakan berupa pola pewadahan langsung yang berarti dari titik bangkitan sampah langsung ke TPA dan pola pewadahan tidak langsung yang berarti sampah dari titik bangkitan dikumpulkan terlebih dahulu ke TPS yang kemudian ke TPA.

Prosedur yang dilakukan dalam mengidentifikasi sistem pengangkutan sampah Kabupaten Bojonegoro terbagi dalam beberapa tahapan yang di tungkan dalam bagan alir pemikiran seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

## **4.2. Teknik Pengumpulan Data**

Mengidentifikasi masalah yang dijadikan sebagai bahan penelitian yang didapatkan melalui survei pendahuluan terhadap objek yang diteliti serta literatur tentang topik-topik yang berhubungan dengan permasalahan. Mengidentifikasi data penelitian yang dibutuhkan dengan cara membuat pengelompokan data yang dibutuhkan dan cara untuk memperoleh data tersebut baik melalui dari survei maupun dengan mendapatkan dari instansi yang berwenang. Data yang berasal dari beberapa instansi di kelompokkan sesuai dengan kewenangan masing-masing instansi agar mudah dalam pencarian data.

### **4.2.1. Data Sekunder**

Data sekunder merupakan data yang bisa langsung dipakai tanpa melalui pengolahan data. Data sekunder bisa didapat dari data yang diambil dari dokumen dan literatur-literatur pada instansi atau kantor dinas terkait sebagai informasi yang menunjang penelitian ini. Pendekatan ke beberapa instansi terkait, diantaranya Dinas Perhubungan Kabupaten Bojonegoro, Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro, Dinas PUR Kabupaten Bojonegoro, dan BPS Kabupaten Bojonegoro. Beberapa data sekunder yang dibutuhkan antara lain:

- Data Jaringan Jalan
- Jumlah Penduduk Kabupaten Bojonegoro
- Jumlah KK Kabupaten Bojonegoro
- Jumlah dan Lokasi TPA, TPS di Kabupaten Bojonegoro
- Jumlah sampah domestik harian di Kabupaten Bojonegoro
- Jumlah dan jenis kendaraan pengangkutan sampah domestik Kabupaten Bojonegoro
- Data Jumlah sampah domestik yang terangkut
- Data Laju Pertumbuhan Penduduk
- Jumlah Kendaraan dan Inventarisasi Sarana Pengangkutan Sampah Domestik

- Data sumber sampah
- Lokasi TPS dan TPA
- Data Nama dan Jumlah Petugas Pengangkutan Sampah
- Data Wilayah Pelayanan Kebersihan / Persampahan
- Data volume lalu lintas
- Peta jaringan jalan

Selain pengumpulan data sekunder dari instansi terkait, dilakukan pula studi pustaka tentang segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini dan dapat menunjang analisis yang meliputi informasi yang diperlukan dalam perencanaan sistem pelayanan angkutan sampah ini. Informasi-informasi tersebut seperti kebijakan transportasi yang sudah diterapkan, dokumen yang berhubungan dengan jaringan jalan atau transportasi sebelumnya, serta data pimer yang didapat dari pengamatan di lapangan.

#### **4.2.2. Data Primer**

Data primer merupakan data yang dalam pemakaiannya harus melalui proses pengolahan data terlebih dahulu. Data primer berupa wawancara dan pengamatan langsung. Wawancara merupakan pengumpulan data dengan mengajukan pertanyaan secara langsung. Wawancara dilakukan untuk melengkapi data penelitian yang tidak terdapat pada dokumen dinas yang bersangkutan. Sedangkan pengamatan langsung dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung pada proses kerja di lapangan. Beberapa data primer yang diperlukan antara lain:

- Titik Lokasi Bangkitan Sampah
- Data Inventarisasi Jalan
- Jumlah sampah domestik harian perorang Kabupaten Bojonegoro
- Rute kondisi yang ada sekarang dalam pengangkutan sampah Kabupaten Bojonegoro

- Sistem dan pola pengangkutan sampah domestik Kabupaten Bojonegoro yang dijalankan sekarang
- Jarak, biaya, waktu pengambilan sampah dari daerah pelayanan ke TPS lalu ke TPA
- Data pergerakan armada pengangkut ke lokasi tujuan (asal-tujuan)
- Waktu Pengangkutan dan Pemuatan Sampah Domestik
- Jadwal layanan Pengangkutan Sampah domestik
- Jam layanan operasional
- Titik Lokasi Depot / Pool

Untuk mendapatkan data-data diatas, dilakukan teknik pengumpulan data dengan berbagai cara diantaranya survei-survei yang dilakukan dengan teknik pengamatan maupun wawancara terhadap pihak-pihak terkait, survei lapangan yang dilaksanakan dalam pelaksanaan studi ini meliputi :

### **1. Survei Asal Tujuan dan Wawancara Angkutan Sampah**

Survei ini digunakan untuk mengetahui asal tujuan sampah. Survei terhadap pemuatan sampah juga sangat diperlukan pada penelitian ini. Dilakukan pengamatan saat pemuatan dan pengangkutan ampah dari asal menuju ke TPS dan kemudian TPA. Sistem transportasi atau pengangkutan sampah yang diamati diklasifikasikan berdasarkan dua sistem yaitu sistem wadah angkut dan sistem wadah tetap. Sistem wadah angkut menggunakan kendaraan armroll truck, sedangkan sistem wadah tetap menggunakan jenis kendaraan pengangkut sampah dump truck dan truk biasa. Survei ini juga dibantu oleh para petugas pengangkutan angkutan sampah untuk mencatat data – data yang dibutuhkan pada survei ini. Data- data yang diperlukan pada setiap sistem meliputi :

- a. Data karakteristik kendaraan / armada pengangkut meliputi jumlah, jenis dan jarak tempuh kendaraan
- b. Data kapasitas sampah yang terangkut tiap ritase
- c. Waktu pengambilan sampah per ritase yang terdiri atas waktu kendaraan keluar pool, waktu menuju ke tempat pengumpulan lain, waktu pemuatan

sampah, waktu pengangkutan dari sumber sampah ke TPA dan waktu sampai kembali lagi ke pool. Pengukuran waktu menggunakan stopwatch, sedangkan jarak tempuh diukur dengan speedometer pada kendaraan (surveyor mengikuti kendaraan pengangkut sampah)

- d. Bahan bakar yang digunakan per ritase (liter)

Survei dilaksanakan pada kondisi pengangkutan sampah harian pada jam pelayanan dan dilaksanakan di titik-titik bangkitan sampah, TPS maupun TPA. Pelaksanaan survei ini menggunakan formulir dengan desain untuk tujuan mendapatkan data bangkitan sampah, perjalanan sampah, rute kondisi yang ada sekarang dalam pengangkutan Kabupaten Bojonegoro, sistem dan pola pengangkutan sampah domestik Kabupaten Bojonegoro yang dijalankan sekarang, jarak pengambilan sampah dari daerah pelayanan ke TPS lalu ke TPA, waktu pengangkutan dan pemuatan sampah domestik, jadwal layanan pengangkutan sampah domestik, jam layanan operasional, asal tujuan sampah, titik lokasi bangkitan sampah.

## **2. Survei Penyimpangan Angkutan Sampah**

Survei dilaksanakan untuk mengetahui tingkat pelanggaran pengangkutan sampah dengan melihat kapasitas sampah yang sudah melebihi ketentuan dari jumlah berat yang diijinkan dan diamati mengenai ada tidaknya tutup terpal. Diamati juga mengenai bocor dan tidaknya air lindi yang menetes, hingga penyimpangan rute maupun jadwal yang terjadi selama proses pengangkutan.

### 4.3. Teknik Analisis Data

#### 4.3.1. Analisis Sistem Pengangkutan dan Peramalan Timbunan Sampah Domestik

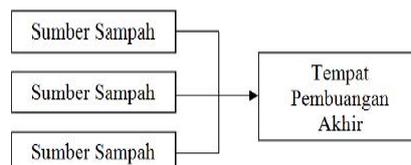
##### 4.3.1.1. Analisis Pola Pengangkutan

Pada Analisis pola pengangkutan sampah domestik di Kabupaten Bojonegoro ini membahas mengenai :

1. Prasarana Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro
2. Lokasi Sumber Sampah Kabupaten Bojonegoro
3. Teknik Operasional Pengangkutan Sampah Domestik
  - a. Sistem Pewadahan Sampah Kabupaten Bojonegoro

##### (1) Secara langsung ( sistem door to door)

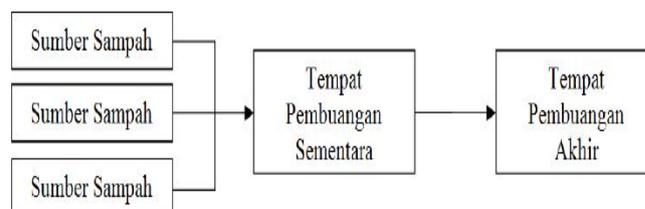
Pada sistem ini proses pengumpulan dan pengangkutan sampah dilakukan bersamaan seperti terlihat pada gambar dibawah ini sampah dari tiap-tiap sumber akan diambil, dikumpulkan dan langsung diangkut ke tempat ke tempat pembuangan akhir.



Sumber : Enri, Pengelolaan Sampah, 2010

Gambar 4.3 Sistem Pengumpulan Sampah Secara Langsung

##### (2) Secara tidak langsung ( sistem komunal)



Sumber : Enri, Pengelolaan Sampah, 2010

Gambar 4.4 Sistem Pengumpulan Sampah Secara Tidak Langsung

Pada sistem ini, sebelum diangkut ke tempat pembuangan akhir, sampah dari masing-masing sumber dikumpulkan dahulu oleh sarana pengumpul seperti dalam tosa pengumpul dan diangkut ke TPS. Dengan adanya TPS ini maka proses pengumpulan sampah secara tidak langsung. TPS dapat pula berfungsi sebagai lokasi pemrosesan skala kawasan guna mengurangi jumlah sampah yang harus diangkut ke pemrosesan akhir.

#### **4.3.1.2. Analisis Peramalan Timbunan Sampah**

Analisis ini merupakan hasil dari survei pengamatan dan survei wawancara permasalahan apa saja yang ada pada sub sistem pengangkutan sampah. Data bangkitan sampah digunakan untuk mengetahui daerah pelayanan sudah terlayani semuanya atau belum. Dalam Analisis ini juga dibahas mengenai peramalan jumlah timbunan sampah tahun 2022. Jumlah sampah tahun proyeksi dapat dicari dengan rumus peramalan jumlah pertumbuhan sampah yang dengan cara :

$$P_t = P_o \times (1+i)^n \dots\dots\dots (4.1)$$

Sumber : Eminugroho, 2014

Keterangan :

P<sub>t</sub> = Jumlah peramalan tahun rencana

P<sub>o</sub> = Jumlah kondisi eksisting

i = Faktor pertumbuhan

N = tahun

#### **4.3.2. Analisis Penentuan Rute Efektif dan Efisien Menggunakan Metode *Vehicle Routing Problem***

Hauled container system adalah sistem pengumpulan sampah yang wadah pengumpulannya dapat dipindah-pindah dan ikut dibawa ke tempat pembuangan akhir. HCS ini merupakan sistem wadah angkut untuk daerah komersial. Stationary container system adalah sistem pengumpulan sampah yang

wadah pengumpulannya tidak dibawa berpindah-pindah (tetap). SCS ialah sistem wadah tinggal, untuk melayani daerah pemukiman. Untuk menghitung waktu ritasi dari sumber ke TPS atau ke TPA digunakan rumus sebagai berikut ( Enri, 2010) :

$$t_A = \frac{\text{Jarak (SG)}}{(V1+V0)/2} + t_{in} + t_{out} + t_w \dots\dots\dots(4.2)$$

Keterangan :

- $t_A$  = Waktu angkut (jam)
- $t_{in}$  = Waktu menaikkan dan mengosongkan kontainer (jam)
- $t_{out}$  = Waktu menurunkan kontainer (jam)
- $t_w$  = Waktu tunggu sampah terkumpul (jam)
- $S$  = Jarak dari pool-TPS-TPA (Km)
- $V1$  = Kecepatan isi (Km/jam)
- $V0$  = Kecepatan kosong (Km/jam)

$$P = V_s / V_b \dots\dots\dots(4.3)$$

Keterangan :

- $P$  = Jumlah pengambilan (rit)
- $V_s$  =Volume sampah ( $m^3$ )
- $V_b$  =Kapasitas truk ( $m^3$ /rit)

Waktu Operasi ( $t_o$ ) ( Enri, 2010):

$$t_o = P \times t_A \dots\dots\dots(4.4)$$

Keterangan :

$t_o$ = Waktu operasi pengangkutan sampah dari TPS ke TPA per hari (jam)

P= Jumlah pengambilan (rit)

$t_A$ = Waktu angkut (jam)

Jumlah truk sampah yang diperlukan menggunakan rumus berikut (Enri, 2010) :

$$\boxed{nt=t_0/tb} \dots\dots\dots(4.5)$$

Keterangan :

$nt$  = Jumlah truk yang diperlukan (unit)

$t_0$  = Waktu operasi pengangkutan sampah dari TPS ke TPA perhari (jam)

$t_b$  = Jumlah jam kerja per hari (jam) Stationary container system (SCS)

#### 4.3.2.1. VRP (Vehicle Routing Problem)

Menurut Fisher (1995), VRP didefinisikan sebagai sebuah pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah vehicle yang harus melakukan perjalanan untuk mengunjungi sejumlah tempat untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang. VRP berkaitan dengan permasalahan bagaimana mendatangi pelanggan dengan menggunakan kendaraan yang ada, sehingga permasalahan ini erat kaitannya dengan permasalahan travelling salesman problem (TSP).

Model matematika VRP didasarkan pada teori graf yang menghubungkan antar titik dengan sebuah garis. Masalah penentuan jalur optimal melalui sebuah himpunan lokasi didefinisikan melalui sebuah graf  $G=(V,E)$ , dengan  $V= \{v_0, v_1, \dots, v_n, v_{n+1}\}$  merupakan himpunan titik dan  $E \{(v_1, v_2) : v_i, v_j \in V, i \neq j\}$  merupakan himpunan garis. Titik  $v_0$  merepresentasikan sebuah depot,  $v_{n+1}$  merupakan depot semu, dan  $v_1, \dots, v_n$  sebagai pelanggan.

Didefinisikan :

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

Dan cij jarak dari i ke j/

Meminimumkan :

$$\sum_i \sum_j \sum_k c_{ij} x_{ijk} \dots\dots\dots (4.6)$$

Dengan kendala :

$$\sum_i \sum_k x_{i,(n+1),k} = 1 \quad \text{Untuk } j = 0,1,\dots,n \quad (4.7)$$

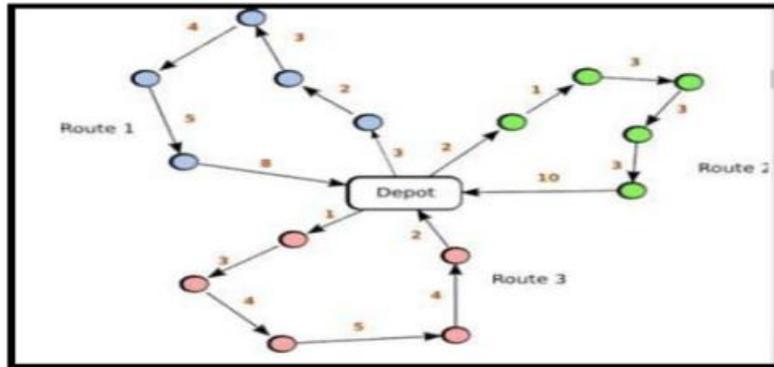
$$\sum_j \sum_k x_{0,j,k} = 1, \quad \text{Untuk } i = 1,2,\dots,n \quad (4.8)$$

$$\sum_i \sum_j x_{ijk} = 1, \quad \text{Untuk } k = 1,2,\dots,n \quad (4.9)$$

$$\chi_{ijk} \in A \text{ untuk setiap } i,j,k$$

Setiap daerah pelayanan dilayani oleh truck yang sudah ditentukan untuk daerah pelayanan tersebut.

Persamaan (4.7) dengan  $j = n + 1$  menjamin bahwa setiap rute kembali ke depot, Persamaan (4.8) dengan  $i = 0$  menjamin bahwa setiap rute dimulai dari depot, dan Persamaan (4.9) dengan  $ijk$  menjamin kendaraan hanya melewati simpul tepat satu kali dalam perjalanan. Tujuan dari VRP adalah untuk meminimalkan jarak yang dilalui oleh kendaraan yang melayani sekumpulan pelanggan dengan cara menentukan rute untuk masing-masing kendaraan dalam memenuhi permintaan pelanggan seperti diilustrasikan pada Gambar 4.2 (Heru Kusdarwanto, 2010)



Gambar 4.5 Vehicle Routing Problem

#### 4.4. Lokasi dan Jadwal Penelitian

Penelitian dilakukan di Kabupaten Bojonegoro 27 September s/d 18 Desember 2021. Jadwal pelaksanaan kegiatan penyusunan laporan penelitian, disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.1 Jadwal Pelaksanaan Penyusunan Laporan Penelitian

Kegiatan	2021					2022																														
	Desember					Januari				Februari				Maret					April				Mei				Juni				Juli					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	
Penentuan tema skripsi																																				
Pengumpulan Data																																				
Penyusunan Bab 1																																				
Penyusunan Bab 2																																				
Penyusunan Bab 3																																				
Penyusunan Bab 4																																				
Bimbingan Dosen																																				
Seminar Proposal																																				
Analisis																																				
Penyusunan Bab 5																																				
Bimbingan Dosen																																				
Sidang Progres																																				
Penyelesaian Skripsi																																				
Bimbingan Skripsi																																				
Sidang Akhir																																				

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH**

#### **5.1. Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Domestik**

##### **5.1.1. Prasarana Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro**

Timbunan sampah disuatu daerah merupakan hal terpenting yang harus diketahui dalam proses pengangkutan sampah. Setelah itu, dilihat mengenai tingkat upaya 3R untuk mengurangi timbunan untuk mengurangi jumlah timbunan sampah yang dinagkut menuju ke TPA. Timbunan sampah domestik sebanding dengan jumlah penduduk, tingkat konsumsi terhadap suatu barang dan jenis aktifitas masyarakat. Misalnya semakin bertambahnya jumlah penduduk maka semakin banyak pula konsumsi sampah yang dihasilkannya. Sampah domestik yang dihasilkan dibuang ke tempat yang jauh dari pemukiman dan bahkan di dekat pemukiman.

Besaran timbunan sampah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi optimasi pengelolaan sampah terutama aspek teknis operasional karena akan menentukan mengenai jumlah ritasi dan jumlah kendaraan yang digunakan. Hasil dari survei pendahuluan maupun survei dari mengikuti kendaraan angkutan sampah domestik di Kabupaten Bojonegoro yaitu mengenai lokasi, dokumentasi TPS, asal tujuan pengangkutan dan data lain yang menunjang dari analisis pengangkutan.

### 5.1.2. Komposisi Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro

Tabel 5.1 Persentase Rata-rata Produksi Sampah Perhari yang Terangkut di Kabupaten Bojonegoro Tahun 2017-2021

No	Komposisi Sampah	Tahun 2017 (%)	Tahun 2018 (%)	Tahun 2019 (%)	Tahun 2020 (%)	Tahun 2021 (%)
1	Kertas	3,64	4,11	3,93	3,71	4,34
2	Kayu	1,33	1,5	1,8	0,76	1,52
3	Kain	1,85	1,63	1,42	1,78	1,26
4	Karet/Kulit	1,47	1,2	1,32	1,58	1,3
5	Plastik	8,46	9,24	9,47	10,2	10,36
6	Meta/Logam	2,73	2,41	2,15	1,43	1,08
7	Gelas/Kaca	1,22	1,13	0,86	0,71	0,62
8	Organik	77,07	76,16	76,47	78,06	78,1
9	Lain-lain	2,23	2,62	2,58	1,77	1,42
	Jumlah	100	100	100	100	100

Sumber : Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro, 2021

Dari data diatas dapat dilihat bahwa prosentase organik lebih banyak dibandingkan dengan komposisi yang lainnya. Hal ini berarti bahwa pengangkutan sampah ini harus diangkut segera mungkin menuju TPA karena proses pembusukan untuk sampah organik lebih cepat dari pada sampah yang lainnya. Sampah organik harus diangkut dalam periodisasi  $\frac{1}{2}$  sampai dengan 1 kali sehari terutama untuk sampah pasar dengan ritasi 2-4 kali sehari. Mengenai sampah kantor maksimal periodisasi maksimal 3 hari sekali untuk sampah mayoritas kering tetapi hal ini lebih dianjurkan untuk diangkut sehari sekali juga karena mengingat bahaya yang ditimbulkan akibat sampah.



Sumber : Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro, 2021

Gambar 5.1 Komposisi Sampah Kabupaten Bojonegoro Tahun 2021

Data yang digunakan pertama kali yaitu data mengenai lokasi TPS, TPA serta titik sumber sampah. Data diperoleh dari Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup. Data ini kemudian disinkronkan dengan survei pengamatan di lokasi dan survei mengikuti kendaraan angkutan sampah.

### **5.1.3. Lokasi Sumber Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro**

Lokasi ini didapat dari Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro kemudian dibuktikan dengan survei mengikuti kendaraan.

Tabel 5.2 Lokasi Sumber Sampah Kabupaten Bojonegoro

NO	NAMA TEMPAT PEMBUANGAN SEMENTARA	Koordinat	ALAMAT/LOKASI
1	TPS BANJAREJO	7°08'38"S 111°53'56"E	JALAN JAKSA AGUNG
2	TPS NGROWO	7°09'03"S 111°53'54"E	JALAN RAJAWALI KELURAHAN NGROWO
3	TPS KECAMATAN KOTA	7°09'09"S 111°53'40"E	JALAN PEMUDA GANG WAHYU KELURAHAN KADIPATEN
4	TPS SUMBANG	7°09'15"S 111°52'46"E	JALAN ADE IRMA SURYANI KELURAHAN SUMBANG
5	TERMINAL RAJEKWESI BOJONEGORO	7°09'53"S 111°53'43"E	JALAN VETERAN, JAMBEAN, SUKOREJO, KEC. BOJONEGORO
6	TPS LEDOK	7°08'53"S 111°52'26"E	JALAN MH.THAMRIN DESA LEDOK WETAN
7	TPS KEPATIHAN	7°09'25"S 111°53'01"E	JALAN DIPONEGORO
8	TPS MAKAM KEMBAR	7°09'31"S 111°53'19"E	JALAN BRIGJEND SUTOYO DESA SUKEREJO
9	TPS PASAR KOTA	7°08'47"S 111°52'46"E	JALAN KH. MANSYUR
10	TPS PACUL	7°10'13"S 111°52'38"E	JALAN PANGLIMA POLIM
11	TPS SUKOREJO	7°09'40"S 111°53'21"E	JALAN ARIF RAHMAN HAKIM
12	TPS WISMA INDAH	7°09'52"S 111°52'23"E	PERUMAHAN WISMA INDAH TIMUR
13	TPS RSUD BOJONEGORO	7°09'31"S 111°53'56"E	RSUD Dr SOSODORO DJATI KOESOEMO JALAN VETERAN
14	BAKORWIL	7°08'56"S 111°52'55"E	KANTOR BAKORWIL, JALAN PAHLAWAN
15	TPS BUYUT DALEM	7°08'57"S 111°53'16"E	JALAN DEWI SARTIKA KELURAHAN KADIPATEN
16	TPS PASAR HEWAN	7°10'48"S 111°59'33"E	DESA MARGOMULYO BALEN
17	TPS PUMPUNGAN	7°08'20"S 111°48'50"E	JALAN RAYA CEPU DESA PUMPUNGAN
18	TPS PASAR KALITIDU	7°07'46"S 111°46'02"E	JALAN BOJONEGORO-NGAWI
19	TPS SUMENGKO	7°08'27"S 111°43'29"E	JALAN CLANGAP (GAYAM) DESA SUMENGKO
20	HOTEL BONERO	7°08'34"S 111°49'45"E	JALAN RAYA CEPU
21	RSI MUHAMADIYAH	7°07'42"S 111°45'55"E	JALAN RAYA KALITIDU
22	TPS RSUD PADANGAN	7°09'57"S 111°36'38"E	JALAN Dr SUTOMO PADANGAN
23	TPS PASAR PADANGAN	7°09'19"S 111°37'09"E	DESA KUNCEN NO 1 PADANGAN
24	TPS ABU DZARIN	7°09'57"S 111°52'11"E	JALAN HOS COKROAMINITO SUMBERTLASEH
25	TPS JETAK	7°09'52"S 111°51'36"E	JALAN MT HARIYONO
26	MADEAN PEMUKIMAN	7°09'58"S 111°52'32"E	JALAN CEPU LAMA
27	TPS MOJORANU	7°13'24"S 111°51'33"E	PERUMNAS MOJORANU
28	TPS NGRASEH	7°15'48"S 111°51'53"E	JALAN RAYA SUMBERARUM KM 09 DESA NGRASEH
29	TPS PASAR DANDER	7°14'50"S 111°50'55"E	JALAN RAYA DANDER
30	TPS PAMANDIAN DANDER	7°14'57"S 111°50'28"E	DESA ALANG-ALANG KEMANGI KECAMATAN DANDER
31	TPS BANJARSARI	7°07'24"S 111°53'30"E	JALAN TUGU BANJARSARI
32	TPS TANJUNGHARJO	7°11'47"S 111°53'28"E	JALAN KAKI PROYO DESA TANJUNGHARJO
33	TPS DESA SAMBIROTO	7°09'25"S 111°55'21"E	RT 04 RW 01 DESA SAMBIROTO
34	TPS MOJODESO	7°11'01"S 111°55'07"E	GANG PAYUNG MOJODESO
35	TPS PASAR KAPAS	7°10'21"S 111°53'54"E	JALAN RAYA KAPAS
36	TPS DESA KALIANYAR	7°10'48"S 111°54'27"E	DESA KALIANYAR
37	TPS PASAR SUMBEREJO	7°10'31"S 112°00'10"E	JALAN RAYA BABAT CARUBAN, KAUMAN SUMBERREJO
38	PABRIK SEPATU SHOU FUNG	7°10'02"S 112°01'47"E	RT 01 RW 02 DESA PRAYUNGAN
39	MTS SUMBEREJO	7°10'27"S 112°01'04"E	RT 06 RW 03 DESA SUMBERREJO
40	TPS PASAR SROYO	7°09'37"S 112°02'48"E	JALAN BABAT-BOJONEGORO
41	TPS PEKUWON	7°11'23"S 111°59'56"E	DESA PEKUWON SUMBERREJO
42	TPS PASAR SUGIHWARAS	7°18'02"S 111°57'12"E	JALAN RAYA SUGIHWARAS
43	TPS PASAR KEDUNGADEM	7°18'06"S 112°02'44"E	JALAN RAYA KESONGO KEDUNGADEM
44	RUMAH SAKIT MUHAMMADIYAH	7°17'26"S 112°02'54"E	JALAN RONGGOLAWE KECAMATAN KEDUNGADEM
45	TPS PASAR KANOR	7°06'20"S 112°01'11"E	JALAN RAYA KANOR DESA TAMBAREJO
46	TPS PASAR GAYAM	7°10'25"S 111°42'54"E	DESA GAYAM

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Tabel diatas merupakan lokasi timbunan sampah atau bisa disebut sumber sampah yang akan diangkut menggunakan truk menuju ke Tempat Pembuangan Akhir Banjarsari. Pada akhir dari pengangkutan ritasi awal dan ritasi

akhirnya menuju ke titik pool depot truk. Terdapat 3 zona yang menggunakan dump truck dan terdapat 16 lokasi pengangkutan yang menggunakan arm roll. Mengenai lokasi yang menggunakan arm roll dalam pengangkutannya harus terdapat bak container kosong dan nantinya setelah terisi langsung dibawa menuju ke TPA. Menggunakan arm roll dari segi efektif waktu lebih cepat dalam bongkar maupun muatnya. Tapi mengenai kapasitas bak muatannya lebih banyak menggunakan dump truck.

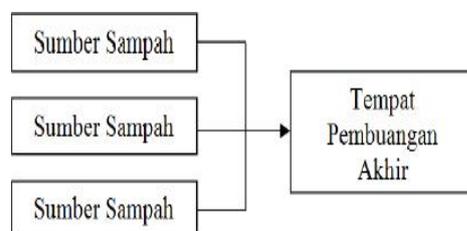
#### 5.1.4. Teknik Operasional Pengangkutan Sampah

Pewadahan sampah adalah aktifitas menampung sampah sementara dalam suatu wadah individual atau komunal di tempat sumber sampah. Pewadahan merupakan suatu cara penampungan sampah sementara disumbernya yang dilakukan secara individual maupun secara komunal. Ada beberapa tujuan dilakukan pewadahan ini yaitu memudahkan pengumpulan dan pengangkutan, mengatasi timbulnya bau busuk dan menghindari perhatian dari binatang, menghindari air hujan dan menghindari pencampuran sampah.

##### 1. Sistem Pewadahan

Saat ini di Kabupaten Bojonegoro cara pewadahan sampah yang dilakukan yaitu kombinasi antara sistem door to door atau secara langsung dan sistem tidak langsung atau bisa disebut sistem komunal.

##### a) Secara Langsung (Sistem Door To Door)



Sumber : Enri, Pengelolaan Sampah, 2010

Gambar 5.2 Sistem Pewadahan Secara Langsung

Teknik secara langsung ini cocok diterapkan di daerah kota kecil dan sedang karena kesederhanaan pengendaliannya dan daerah pelayanan yang tidak luas

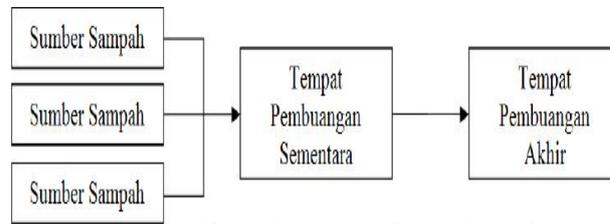
serta tidak sulit dijangkau. Teknik operasional pengangkutan yang dilaksanakan di Kabupaten Bojonegoro menganut sistem pengangkutan langsung dan tidak langsung. Teknik ini pengangkutan tanpa melalui Tempat Pembuangan Sampah Sementara yang dapat menghemat energi dan biaya pengangkutan.

Sumber Sampah yang menganut sistem door to door di Kabupaten Bojonegoro yaitu Jalan Jaksa Agung, Jalan Veteran, Jalan Raya Babat Caruban, Jalan Babat-Bojonegoro, Jalan Raya Kesongo Kedungadem, Jalan Raya Kapas, Jalan Raya Dander, Jalan KH. Mansyur, Jalan Bojonegoro-Ngawi, Jalan Arif Rahman Hakim, Jalan Lettu Suwolo, Jalan Gayam, Jalan Raya Kanor, Jalan Ronggolawe, dan Jalan Sugihwaras. Sumber sampah tersebut juga letaknya yang di pinggir jalan komersil oleh karena itu memenuhi aturan yang ada.

Perusahaan dan Industri lain juga secara teknik operasional pengangkutannya secara langsung diantaranya ialah Pabrik Sepatu Shou Fung dan Hotel Bonero dan seluruh rumah sakit di Kabupaten Bojonegoro. Wadah yang digunakan bervariasi tergantung daerah pelayanan dan jumlah sampah yang ada. Wadah yang digunakan biasanya dari container bin yang bisa mengangkut sebanyak 40 liter digunakan untuk mengumpulkan sampah dari penyapu jalan, selain itu juga menggunakan gerobak sampah motor roda tiga untuk proses pengumpulan jika terlalu banyak sampah pada ruas jalan tersebut. Di Sekolah, di hotel dan industri pewadahnya menggunakan bak yang sudah dipermanenkan.

Wadah yang digunakan oleh pasar yang ada di Kabupaten Bojonegoro menggunakan container ukuran 6 m<sup>3</sup> yang ditempatkan di pasar tersebut. Agar menunjang pergerakan pengambilan sampah di pasar tersebut juga disediakan gerobak sampah motor roda tiga.

b) Secara Tidak Langsung (Sistem Komunal)



Sumber : Enri, Pengelolaan Sampah, 2010

Gambar 5.3 Sistem Pewadahan Secara Tidak Langsung

Pola pewadahan secara tidak langsung ini merupakan pola pewadahan yang dilakukan tidak secara langsung menuju ke TPA. Sampah-sampah dikumpulkan dari berbagai sumber dan pola pengangkutan sampah dengan menggunakan gerobak sampah motor roda tiga dari pemukiman maupun sumber sampah menuju ke TPA dengan kendaraan yang lebih besar seperti sistem distribusi logistik angkutan barang. Selain mengurangi biaya pengangkutan juga mengurangi resiko terhadap kecelakaan.

2. Pola Pengumpulan Sampah

Menurut pola pengumpulan sampah yang terjadi di Kabupaten Bojonegoro, mengikuti cara pengumpulan sebagai berikut :

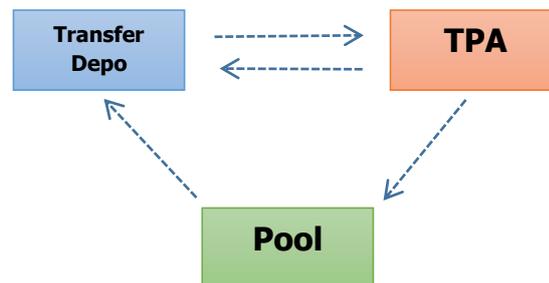
a) Pola Individual Langsung

Pola pengumpulan yang dilakukan yaitu proses pengumpulan dengan cara mengumpulkan sampah dari setiap sumber sampah dan diangkut langsung ke TPA tanpa melalui TPS seperti di Pabrik Sepatu Shou Fung, Terminal Rajekwesi, RSUD Bojonegoro, Hotel Boreno, RSI Muhammadiyah, RSUD Padangan, RS Muhammadiyah, dan semua pasar di Kabupaten Bojonegoro yang menggunakan kontainer sebagai alat pengumpul komunalnya, wadah ditempatkan sesuai kebutuhan dan pada lokasi yang mudah dijangkau oleh alat pengangkut (truk).

## b) Pola Individual Tak Langsung

Proses pengumpulan dengan cara mengumpulkan sampah dari setiap sumber sampah dan diangkut ke TPA melalui proses pemindahan ke tempat pembuangan sementara atau stasiun pemindahan (transfer depo). Persyaratannya adalah dilaksanakan pada daerah pelayanan dengan peran serta masyarakat yang rendah, lahan untuk pemindahan tersedia, dapat dijangkau langsung oleh alat pengumpul, dan kondisi topografi relatif datar (rata-rata < 5%) di mana alat pengumpul (gerobak) dapat dioperasikan, kondisi jalan/gang cukup lebar dan operasi tidak mengganggu pengguna jalan lainnya, serta organisasi pengelola siap dengan sistem pengendalian.

Sistem yang diterapkan di Kabupaten Bojonegoro diakibatkan dari peran serta masyarakat rendah. Jadi sampah dikirim oleh petugas sampah dari instansi terkait. Kebanyakan individual tak langsung dilakukan di semua pemukiman.



Gambar 5.4 Pola Pengangkutan Individual Langsung

## c) Pola Penyapu Jalan

Pola pengumpulan sampah terakhir yaitu menggunakan pola penyapu jalan. Penyapuan jalan adalah proses pengumpulan sampah hasil penyapuan jalan dengan menggunakan gerobak atau hasil penyapuan jalan dibuang ke bak sampah terdekat pada ruas jalan tersebut. Persyaratannya adalah juru sapu harus mengetahui cara penyapuan untuk setiap pelayanan (badan jalan, trotoar dan bahu jalan), penanganan penyapuan jalan untuk setiap daerah berbeda tergantung pada fungsi dan nilai daerah yang dilayani. Jalan protokol di Bojonegoro menggunakan pola penyapu jalan dan kemudian langsung dibuang ke TPA menggunakan dump truck.

### 5.1.5. Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro

#### 5.1.5.1. Luas Pelayanan Pengelolaan Sampah Kabupaten Bojonegoro

Tabel 5.3 Luas Pelayanan Pengelolaan Sampah Kabupaten Bojonegoro Tiap Kecamatan yang Dikelola Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro 2021

No	Kecamatan	Luas Area (km <sup>2</sup> )	Luas Pelayanan Pengelolaan Sampah (km <sup>2</sup> )	Presentase Layanan
1	Balen	60,52	18,76	31%
2	Bojonegoro	25,71	25,71	100%
3	Dander	118,36	89,95	76%
4	Gayam	50,05	9,51	19%
5	Kalitidu	65,95	27,70	42%
6	Kanor	59,78	19,73	33%
7	Kapas	46,38	37,57	81%
8	Kedungadem	145,15	39,19	27%
9	Ngasem	197,26	41,42	21%
10	Padangan	42	16,38	39%
11	Sugihwaras	87,15	24,40	28%
12	Sumberrejo	76,58	23,74	31%
13	Trucuk	36,71	13,58	37%
<b>Luas</b>		<b>1011,6</b>	<b>387,65</b>	<b>38%</b>

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Data sekunder dari Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro menerangkan bahwa luas pelayanan pengelolaan sampah di Kabupaten yang dikelola instansi tersebut

sebesar 38% dari luas wilayah yang seharusnya dilayani di Kabupaten Bojonegoro.

Persentase layanan didapat dari luas area tiap Kecamatan dalam satuan kilometer persegi dibagi dengan luas pelayanan pengelolaan sampah. Luas area Kabupaten Bojonegoro didapat dari data Kabupaten Dalam Angka 2021 oleh Badan Pusat Statistik.

$$\begin{aligned}\text{Persentase layanan sampah Kecamatan Kapas} &= \frac{37,57}{46,38} \times 100 \\ &= 81\%\end{aligned}$$

Tabel diatas menggambarkan luas pelayanan pengelolaan di Kabupaten Bojonegoro yang dikelola Pemerintah Daerah Bojonegoro masih belum optimal karena hanya 38% saja dari wilayah yang dilayani oleh Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro.

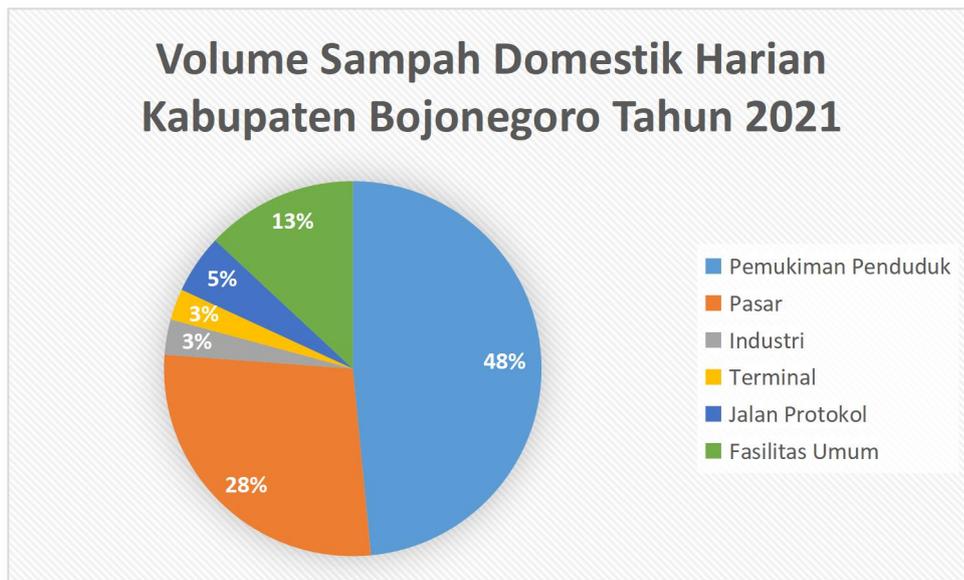
Banyak faktor yang mempengaruhi hal tersebut dari terbatasnya jumlah sarana dan prasarana sistem pelayanan sampah sampai dengan faktor kesadaran masyarakat terhadap pelayanan pengangkutan sampah karena banyak yang melakukan pembakaran sampah seperti membuat lubang di rumah untuk pembuangan dan pembakaran sampah padahal hal tersebut dilarang dan berbahaya pada lingkungan.

Kecamatan Bojonegoro pelayanan pengangkutan sampah telah mencapai 100% dan paling rendah pelayanan pengangkutan sampah daerah Kecamatan Gayam yang hanya mencapai 19%. Hal ini karena Gayam merupakan wilayah dengan kepadatan penduduk di daerah tersebut rendah dan penduduk memiliki tanah kebun ataupun pekarangan yang luas dan digunakan untuk membakar sampah.

Tabel 5.4 Volume Sampah Harian Dikelola Dinas Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro Tahun 2021 Berdasarkan Sumber Sampah

Sumber Sampah	Volume Sampah Harian (m <sup>3</sup> /hari)		
	Timbunan (m <sup>3</sup> )	3R (m <sup>3</sup> )	Sampah yang Harus Terangkut ke TPA (m <sup>3</sup> )
Pemukiman Penduduk	259,7	35,6	224
Pasar	148,58	36,5	112,1
Industri	16,3	8,92	7,4
Terminal	14,36	0,9	13
Jalan Protokol	27,23	3,9	23,3
Fasilitas Umum	69,7	4,46	65,2
Jumlah	535,916	90,3	445,6

Sumber : Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro, 2021



Sumber : Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro, 2021

Gambar 5.5 Persentase Volume Sampah Domestik Harian Kabupaten Bojonegoro Tahun 2021

Diagram diatas menjelaskan sampah domestik terbesar berasal dari sampah pemukiman dengan persentase 48% dan terkecil berasal dari sampah terminal yang hanya 3%.

Di Kabupaten Bojonegoro juga terdapat kegiatan Reycle, Reduce, Reuse sampah yang diolah oleh bank sampah yang secara resmi terdaftar di Instansi Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro. Hal ini tentu dapat mengurangi timbunan sampah yang harus diangkut ke TPA. Jumlah sampah yang harus diangkut ke TPA sebanyak 445,6 m<sup>3</sup> tetapi secara keseluruhan sampah itu tidak terangkut semua dan tertimbun di TPS.

Tabel 5.5 Data Jumlah Timbunan Sampah (m<sup>3</sup>/jiwa/hari) Kabupaten Bojonegoro Tahun 2021

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk	Kepadatan Penduduk	Jumlah Penduduk Terlayani	Timbunan Sampah m <sup>3</sup> /jiwa/hari	Timbunan Sampah liter/jiwa/hari
1	Balen	67.390	1114	20891	0,0010	1,026
2	Bojonegoro	87.563	3406	87563	0,0021	2,105
3	Dander	86.056	727	65403	0,0015	1,481
4	Gayam	33.833	676	6428	0,0004	0,400
5	Kalitidu	51.371	779	21576	0,0014	1,429
6	Kanor	61.560	1030	20315	0,0012	1,212
7	Kapas	56.093	1209	45435	0,0019	1,905
8	Kedungadem	84.255	580	22749	0,0005	0,526
9	Ngasem	61.650	313	12947	0,0005	0,494
10	Padangan	44.737	1065	17447	0,0013	1,290
11	Sugihwaras	47.080	540	13182	0,0010	0,952
12	Sumberrejo	72.251	943	22398	0,0011	1,081
13	Trucuk	39.264	1070	14528	0,0013	1,290
<b>Jumlah</b>		<b>793.103</b>	<b>13.452</b>	<b>370.861</b>	<b>0,0152</b>	<b>15,192</b>

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel diatas merupakan data jumlah timbunan sampah ( $m^3$ /jiwa/hari). Timbunan sampah terbanyak yaitu pada Kecamatan Bojonegoro dengan tiap orang menghasilkan sampah sebanyak 2,105 liter perharinya. Jumlah timbunan sampah liter/jiwa/hari bisa digunakan untuk acuan peramalan terhadap jumlah timbunan sampah jika luas pelayanan suatu daerah ditingkatkan. Rata-rata jumlah sampah yang dihasilkan tiap orang di Kabupaten Bojonegoro sebesar 15,192 liter/jiwa/hari.

Pada sistem angkutan sampah di Kabupaten Bojonegoro pola operasional persampahan menggunakan pola komunal tak langsung yaitu sampah dari sumber sampah diangkut menggunakan becak sampah atau motor sampah dan dikumpulkan di TPS setelah itu diangkut ke TPA menggunakan arm roll atau dump truck. Sistem pelayanan gerobak motor roda tiga ini agar bisa menjangkau ke perumahan – perumahan masyarakat dan daerah yang tak bisa dilewati untuk kendaraan truk.

Jumlah gerobak motor sampah yang beroperasi yang ditangani oleh Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro untuk pengangkutan sampah kendaraan feeder untuk menuju ke pengangkutan ke moda selanjutnya ini totalnya sebanyak 25 buah kendaraan. Luas pelayanan pengangkutan sampah di Kabupaten Bojonegoro 387,65  $km^2$ .

Dibawah ini merupakan table panjang perjalanan yang ditempuh oleh gerobak motor roda tiga sampah. Jumlah panjang perjalanan gerobak motor roda tiga dalam menjemput sampah sebanyak 97 km. Rata-rata gerobak motor roda tiga sampah menempuh perjalanan 3 km dalam satu hari.

Tabel 5.6 Panjang Jalan Pelayanan Motor Sampah dan Gerobak Sampah Perhari

No	Zona	Total Panjang Jalan Pelayanan Perhari (km)	Panjang Jalan Pelayanan Motor Sampah (km)	Panjang Jalan Pelayanan Gerobak Sampah (km)
1	2	5,4	5,4	0
2	3	7,8	7,8	0
3	4	6,9	6,9	0
4	5	5,7	5,7	0
5	6	0	0	0
6	7	3,4	3,4	0
7	8	3,7	3,7	0
8	9	4,3	4,3	0
9	10	0	0	0
10	11	3,6	3,6	0
11	12	4,2	4,2	0
12	13	2,8	2,8	0
13	14	0	0	0
14	15	0	0	0
15	16	3,5	3,5	0
16	17	0	0	0
17	18	5,6	3,4	2,2
18	19	0	0	0
19	20	6,3	5,1	1,2
20	21	0	0	0
21	22	0	0	0
22	23	0	0	0
23	24	0	0	0
24	25	2,7	2,7	0
25	26	5,4	3,8	1,6
26	27	2,5	2,5	0
27	28	3,8	3,8	0
28	29	4,1	2,9	1,2
29	30	0	0	0
30	31	0	0	0
31	32	1,6	1,6	0
32	33	3,4	2,1	1,3
33	34	3,1	0	3,1
34	35	1,9	0	1,9
35	36	0	0	0
36	37	2,2	0	2,2
37	38	0	0	0
38	39	0	0	0
39	40	0	0	0
40	41	0	0	0
41	42	3,6	2,3	1,3
42	43	0	0	0
43	44	0	0	0
44	45	0	0	0
45	46	0	0	0
46	47	0	0	0

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 5.7 Jumlah Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro

No	Zona	Titik Lokasi	Kecamatan	Sumber Sampah	Rata - Rata Timbunan Sampah Perhari (m3)	Rata - Rata 3R	Rata-Rata yang Seharusnya Terangkut TPA	Jumlah Sampah yang Terangkut	Ritasi 1 Terangkut (m3)	Kendaraan Ritasi	Ritasi 2 Terangkut (m3)	Kendaraan Ritasi 2	Selisih yang Tidak Terangkut Ritasi
1	2	TPS Banjarejo	Bojonegoro	Jalan Protokol	6,82	0,82	6	6	6	1	6		0
2	3	TPS Ngrowo	Bojonegoro	Pemukiman	13,16	1,86	11,3	11,3	10	2	1,3	2	0
3	4	TPS Kecamatan Kota	Bojonegoro	Jalan Protokol	6,29	1,03	5,26	5,26	5,26	1	0		0
4	5	TPS Sumbang	Bojonegoro	Pemukiman	12,82	1,87	10,95	10,95	10	3	0,95	3	0
5	6	Terminal Rajekwesi Bojonegoro	Bojonegoro	Terminal	14,36	0,9	13,46	13,46	10	4	3,46	2	0
6	7	TPS Ledok	Bojonegoro	Pemukiman	13,34	1,47	11,87	9,31	6	20	3,31	21	2,56
7	8	TPS Kepatihan	Bojonegoro	Pemukiman	12,54	1,94	10,6	10,6	5,34	5	5,26	2	0
8	9	TPS Makam Kembar	Bojonegoro	Pemukiman	13,02	1,78	11,24	11,24	6	21	5,24	22	0
9	10	TPS Pasar Kota	Bojonegoro	Pasar	12,56	3,04	9,52	9,52	4,62	5	4,9	3	0
10	11	TPS Pacul	Bojonegoro	Jalan Protokol	7,31	0,98	6,33	6,33	6,33	1			0
11	12	TPS Sukorejo	Bojonegoro	Pemukiman	12,64	1,87	10,77	8,82	3,82	6	5	4	1,95
12	13	TPS Wisma Indah	Bojonegoro	Pemukiman	13,78	1,52	12,26	12,26	6,12	6	6,14	5	0
13	14	TPS RSUD Bojonegoro	Bojonegoro	Fasilitas Umum	12,34	1,12	11,22	11,22	6,87	7	4,35	3	0
14	15	BAKORWIL	Bojonegoro	Fasilitas Umum	8,56	0,33	8,23	8,23	3,09	7	5,14	4	0
15	16	TPS Buyut Dalem	Bojonegoro	Pemukiman	12,34	1,63	10,71	10,71	2,91	8	7,8	6	0
16	17	TPS Pasar Hewan	Balen	Pasar	12,13	2,91	9,22	7,09	7,03	8	0,06	6	2,13
17	18	TPS Pumpungan	Kalitidu	Pemukiman	11,49	2,21	9,28	9,28	6	21	3,28	22	0
18	19	TPS Pasar Kalitidu	Kalitidu	Pasar	11,64	3,25	8,39	8,39	4,56	9	3,83	5	0
19	20	TPS Sumengko	Kalitidu	Pemukiman	14,41	1,57	12,84	12,84	5,4	9	7,44	7	0
20	21	Hotel Boreno	Kalitidu	Fasilitas Umum	7,54	0,54	7	7	5,38	10	1,62	7	0
21	22	RSI Muhammadiyah	Kalitidu	Fasilitas Umum	8,95	0,68	8,27	8,27	4,59	10	3,68	8	0
22	23	TPS RSUD Padangan	Padangan	Fasilitas Umum	9,52	0,72	8,8	8,8	6	20	2,8	21	0
23	24	TPS Pasar Padangan	Padangan	Pasar	13,27	2,78	10,49	10,49	3,42	11	7,07	9	0
24	25	TPS Abu Dzarín	Dander	Pemukiman	13,78	2,32	11,46	11,46	6,05	11	5,41	8	0
25	26	TPS Jetak	Dander	Pemukiman	6,81	1,07	5,74	5,74	5,74	20	0		0
26	27	Madean Pemukiman	Dander	Pemukiman	12,37	2,42	9,95	9,95	4,33	12	5,62	11	0
27	28	TPS Mojoranu	Dander	Pemukiman	11,88	1,34	10,54	10,54	5,64	12	4,9	10	0
28	29	TPS Ngraseh	Dander	Pemukiman	12,96	1,87	11,09	11,09	6,31	13	4,78	10	0
29	30	TPS Pasar Dander	Dander	Pasar	11,96	3,08	8,88	8,88	3,65	13	5,23	12	0
30	31	TPS Pemandian Dander	Dander	Fasilitas Umum	6,34	0,28	6,06	6,06	2,58	14	3,48	11	0
31	32	TPS Banjarsari	Trucuk	Pemukiman	14,2	1,24	12,96	12,96	7,37	14	5,59	13	0
32	33	TPS Tanjungharjo	Kapas	Pemukiman	12,35	1,93	10,42	6,04	6,04	22	0		4,38
33	34	TPS Desa Sambiroto	Kapas	Pemukiman	12,82	2,07	10,75	7,07	4,67	15	2,4	14	3,68
34	35	TPS Mojodeso	Kapas	Pemukiman	13,46	1,46	12	12	6	22	6	20	0
35	36	TPS Pasar Kapas	Kapas	Pasar	12,34	3,61	8,73	8,73	5,24	15	3,49	12	0
36	37	TPS Desa Kalianyar	Kapas	Pemukiman	12,77	1,45	11,32	11,32	6	21	5,32	22	0
37	38	TPS Pasar Sumberrejo	Sumberrejo	Pasar	12,28	2,83	9,45	9,45	6,84	16	2,61	14	0
38	39	Pabrik Sepatu Shou Fung	Sumberrejo	Industri	16,3	8,92	7,38	7,38	3,12	16	4,26	13	0
39	40	MTS Sumberrejo	Sumberrejo	Fasilitas Umum	6,84	0,11	6,73	6,73	5,58	17	1,15	14	0
40	41	TPS Pasar Sroyo	Sumberrejo	Pasar	11,59	3,11	8,48	6,12	4,4	17	1,72	15	2,36
41	42	TPS Pekuwon	Sumberrejo	Pemukiman	13,57	1,78	11,79	11,79	6	22	5,79	21	0
42	43	TPS Pasar Sugihwaras	Sugihwaras	Pasar	12,54	3,02	9,52	6,27	3,48	18	2,79	15	3,25
43	44	TPS Pasar Kedungadem	Kedungadem	Pasar	13,06	2,88	10,18	10,18	6,51	18	3,67	15	0
44	45	Rumah Sakit Muhammadiyah	Kedungadem	Fasilitas Umum	9,61	0,68	8,93	8,93	4,79	19	4,14	16	0
45	46	TPS Pasar Kanor	Kanor	Pasar	12,73	3,23	9,5	9,5	5,19	19	4,31	16	0
46	47	TPS Pasar Gayam	Gayam	Pasar	12,48	2,76	9,72	5,88	5,88	22	0		3,84

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Data tabel pengangkutan sampah di Kabupaten Bojonegoro berdasarkan hasil survei mengikuti kendaraan angkutan sampah dapat dilihat bahwa tidak semua sampah domestik dapat terangkut dan mengendap di TPS yang dapat menimbulkan berbagai macam hal yang dapat mengganggu masyarakat yang memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Terdapat 421,44 m<sup>3</sup> yang terangkut dan 24,15 m<sup>3</sup> yang tidak terangkut. Selain itu, terdapat banyak pelanggaran kelebihan muatan yang dapat membahayakan pengemudi angkutan sampah, kendaraan angkutan sampah maupun dengan pengguna jalan yang lainnya.

Dapat dilihat juga mengenai terdapat kendaraan pengangkutan yang masih kosong dan langsung dibawa ke TPA. Hal ini membuat terjadi penambahan biaya pada penggunaan BBM maupun biaya operasional kendaraan. Dari tabel diatas dapat disederhanakan menjadi tabel pengangkutan dibawah ini :

Tabel 5.8 Pengangkutan Sampah Menggunakan Dump Truck dan Arm Roll Truck Perhari

No	Pengangkutan Sampah Menggunakan Dump Truck dan Arm Roll Truck Perhari	Jumlah Terangkut (m <sup>3</sup> )
1	Terangkut Ritase 1	238,56
2	Terangkut Ritase 2	165,29
Jumlah		403,85

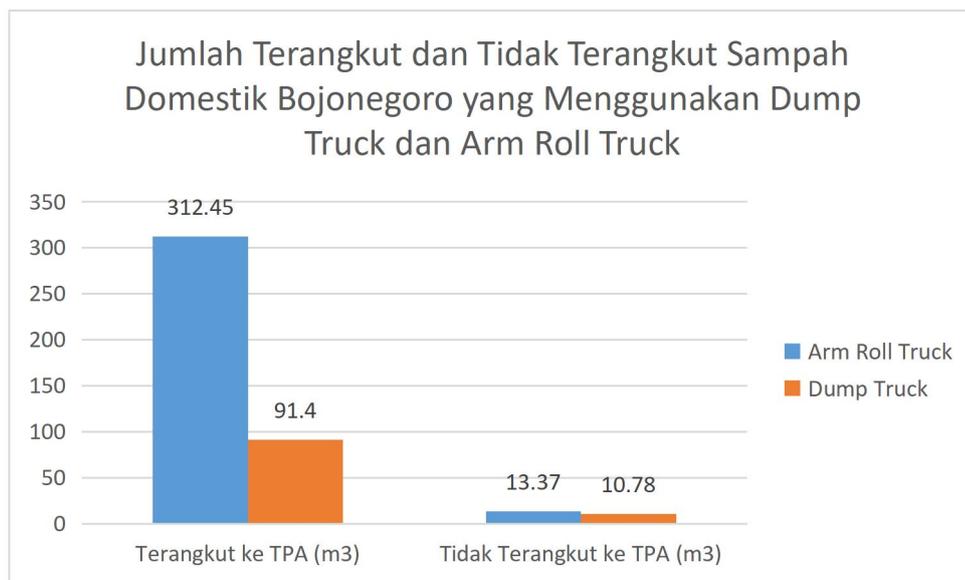
Sumber : Hasil Analisis, 2022

Pengangkutan sampah untuk kendaraan sampah dump truck dan arm roll truck diangkut sebanyak 2 kali ritasi. Jumlah terangkut ritasi pertama sejumlah 238,56 m<sup>3</sup> yang diangkut menuju ke TPA dan ritasi kedua sejumlah 165,29 m<sup>3</sup>. Menurut survei mengikuti kendaraan angkutan sampah yang telah dilakukan rata-rata pada ritasi pertama mulai berangkat menuju ke TPA mulai pukul 06.00 WIB sampai dengan pukul 10.00 WIB. Sedangkan ritasi kedua pukul 11.00 WIB – 15.00 WIB.

Tabel 5.9 Jumlah Terangkut dan Tidak Terangkut Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro yang Menggunakan Dump Truck dan Arm Roll Truck

No	Jenis Kendaraan	Terangkut ke TPA (m <sup>3</sup> )	Tidak Terangkut ke TPA (m <sup>3</sup> )	Yang Seharusnya Terangkut (m <sup>3</sup> )
1	Arm Roll Truck	312,45	13,37	325,82
2	Dump Truck	91,4	10,78	102,18
Jumlah		403,85	24,15	428
Persentase		94%	6%	100%

Sumber : Hasil Analisis, 2022



Sumber : Hasil Analisis, 2022

Gambar 5.6 Diagram Batang Jumlah Terangkut dan Tidak Terangkut Sampah Domestik Bojonegoro yang Menggunakan Dump Truck dan Arm Roll Truck

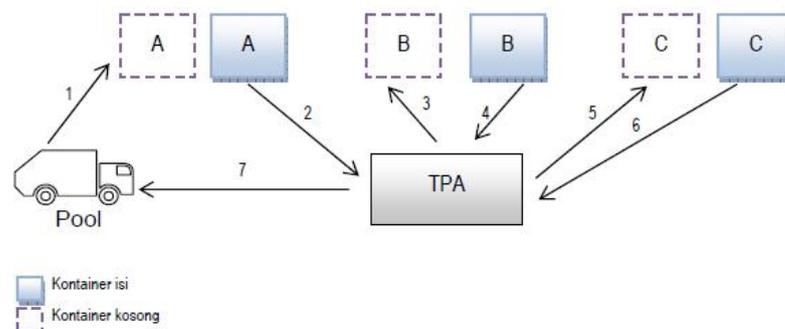
Gambar Diagram batang diatas menunjukkan jumlah terangkut sampah lebih banyak diangkut menggunakan arm roll truck daripada dump truck karena jumlah kendaraannya juga lebih banyak dump truck yaitu sebanyak 3 kendaraan dibandingkan dengan arm roll truck yang sebanyak 16 kendaraan.

## 5.2. Analisis Penentuan Rute Efektif dan Efisien Menggunakan Metode Vehicle Routing Problem

### 5.2.1. Analisis Pengangkutan Sampah Rute Eksisting

#### 5.2.1.1. Rute Eksisting Pelayanan Pengangkutan Sampah Domestik Bojonegoro Menggunakan Arm Roll Truck

Sistem pengangkutan yang terjadi di Kabupaten Bojonegoro menggunakan dump truck dan arm roll truck. Kendaraan yang ada di Kabupaten Bojonegoro ini arm roll berjumlah 18 kendaraan tetapi 2 buah sudah rusak berat dan tidak beroperasi. Jadi yang beroperasi saat ini sebanyak 16 buah. Sistem pengangkutan arm roll truck ini dengan cara kendaraan dari pool dengan kontainer kosong ke lokasi pertama, lalu container kosong diturunkan, kemudian membawa kontainer yang berisi sampah ke TPA. Sistem ini disebut juga dengan sistem kontainer yang diganti. Begitu seterusnya hingga ritasi berakhir dan membawa kontainer kosong ke pool lagi.



Sumber : Hasil Analisis, 2022

Gambar 5.7 Ilustrasi Sistem Kontainer Ganti pada Pengangkutan Arm Roll Truck

Tabel 5.10 Rute Eksisting Pelayanan Pengangkutan Sampah Domestik Bojonegoro Menggunakan Arm Roll Truck

Rute Eksisting Rit 1	Nomor Kendaraan	Jarak Tempuh (km)	Rute Eksisting Rit 2	Nomor Kendaraan	Jarak Tempuh (km)
0-3-1	2	6	0-3-6-8-1	2	14
0-5-1	3	14	0-5-10-14-1	3	15,8
0-6-1	4	12,4	0-12-15-1	4	12,6
0-8-10-1	5	14	0-13-19-1	5	39,2
0-12-13-1	6	15,6	0-16-17-1	6	9,1
0-14-15-1	7	17,6	0-20-21-1	7	39
0-16-17-1	8	10	0-22-25-1	8	42,2
0-19-20-1	9	40,3	0-24-1	9	18
0-21-22-1	10	37,5	0-28-29-1	10	26,8
0-24-25-1	11	74	0-27-31-1	11	15,2
0-27-28-1	12	25,5	0-30-36-1	12	30,3
0-29-30-1	13	35	0-31-39-1	13	67
0-31-32-1	14	36	0-34-38-1	14	38,6
0-34-36-1	15	22,9	0-41-43-44-1	15	48
0-38-39-1	16	45,3	0-45-46-1	16	42
0-40-41-1	17	57			
0-43-44-1	18	36			
0-45-46-1	19	42			

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Dari tabel diatas menggambarkan rute eksisting pelayanan pengangkutan sampah dengan menggunakan arm roll truk. Total jarak tempuh ritasi pertama sepanjang 541,1 km, ritasi kedua sepanjang 415,8 km. Jadi total panjang jarak tempuh keseluruhan yang dilakukan oleh kendaraan arm roll truk sebesar 956,9

km. Belum dijumlahkan dengan jarak tempuh kendaraan jika semua sampah terangkut. Hal ini mengambil asumsi jika rute kendaraan berawal dari pool kemudian ke sumber sampah dan dibawa ke TPA lalu kembali ke pool.

Maka secara lebih jelasnya dibawah ini merupakan gambar kondisi sistem pelayanan angkutan sampah eksisting menggunakan kendaraan arm roll truck. Tabel dibawah ini merupakan kondisi sistem pelayanan pengangkutan sampah Kabupaten Bojonegoro yang menggunakan arm roll truck :

Tabel 5.11 Kondisi Sistem Pelayanan Sampah Arm Roll Truck

Jenis Kendaraan	Terangkut ke TPA (m <sup>3</sup> )	Tidak Terangkut ke TPA (m <sup>3</sup> )	Yang Seharusnya Terangkut (m <sup>3</sup> )	Total Jarak yang Ditempuh (km) Eksisting
Arm Roll Truck	312,45	13,37	325,82	956,9

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Berikut ini merupakan perhitungan jumlah arm roll truck yang digunakan untuk pelayanan pengangkutan sampah sebagai langkah awal dalam penentuan optimasi sistem pelayanan sampah domestik yang ada di Kabupaten Bojonegoro ini.

Tabel 5.12 Manajemen Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Arm Roll Truck Rit 1 Rute Eksisting

Rute Eksisting Rit 1	Nomor Kendaraan	Jumlah Sampah Terangkut Rit 1 Perkendaraan	Jarak Tempuh (km)	V1 (km/jam)	V0 (km/jam)	Waktu Menaikkan Sampah (t <sub>in</sub> dalam jam)	Waktu Menurunkan Sampah (t <sub>out</sub> dalam jam)	Waktu Pengangkutan (t <sub>A</sub> dalam jam)
0-3-1	2	10	6	70	60	0,17	0,17	1,93
0-5-1	3	10	14	70	58	0,17	0,17	2,06
0-6-1	4	10	12,4	70	62	0,17	0,17	2,03
0-8-10-1	5	10	14	70	46	0,17	0,17	2,08
0-12-13-1	6	10	15,6	70	57	0,17	0,17	2,09
0-14-15-1	7	10	17,6	70	62	0,17	0,17	2,11
0-16-17-1	8	10	10	70	51	0,17	0,17	2,01
0-19-20-1	9	10	40,3	70	56	0,17	0,17	2,48
0-21-22-1	10	10	37,5	70	59	0,17	0,17	2,42
0-24-25-1	11	9,47	74	70	60	0,17	0,17	2,98
0-27-28-1	12	9,98	25,5	70	61	0,17	0,17	2,23
0-29-30-1	13	10	35	70	55	0,17	0,17	2,40
0-31-32-1	14	10	36	70	60	0,17	0,17	2,39
0-34-36-1	15	10	22,9	70	60	0,17	0,17	2,19
0-38-39-1	16	10	45,3	70	62	0,17	0,17	2,53
0-40-41-1	17	10	57	70	54	0,17	0,17	2,76
0-43-44-1	18	10	36	70	61	0,17	0,17	2,39
0-45-46-1	19	10	42	70	60	0,17	0,17	2,49

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 5.13 Manajemen Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Arm Roll Truck Rit 2 Rute Eksisting

Rute Eksisting Rit 2	Nomor Kendaraan	Jumlah Sampah Terangkut Rit 1 Perkendaraan	Jarak Tempuh (km)	V1 (km/jam)	V0 (km/jam)	Waktu Menaikkan Sampah ( $t_{in}$ dalam jam)	Waktu Menurunkan Sampah ( $t_{out}$ dalam jam)	Waktu Pengangkutan ( $t_A$ dalam jam)
0-3-6-8-1	2	10,2	14	70	60	0,17	0,17	2,06
0-5-10-14-1	3	10,2	15,8	70	54	0,17	0,17	2,09
0-12-15-1	4	10,14	12,6	70	58	0,17	0,17	2,04
0-13-19-1	5	9,97	39,2	70	62	0,17	0,17	2,43
0-16-17-1	6	7,86	9,1	70	60	0,17	0,17	1,98
0-20-21-1	7	9,06	39	70	57	0,17	0,17	2,45
0-22-25-1	8	9,09	42,2	70	61	0,17	0,17	2,48
0-24-1	9	7,07	18	70	55	0,17	0,17	2,13
0-28-29-1	10	9,68	26,8	70	56	0,17	0,17	2,27
0-27-31-1	11	9,1	15,2	70	60	0,17	0,17	2,07
0-30-36-1	12	8,72	30,3	70	58	0,17	0,17	2,31
0-31-39-1	13	9,85	67	70	60	0,17	0,17	2,87
0-34-38-1	14	6,16	38,6	70	56	0,17	0,17	2,45
0-41-43-44-1	15	8,18	48	70	60	0,17	0,17	2,58
0-45-46-1	16	8,45	42	70	58	0,17	0,17	2,50

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Berikut ini merupakan contoh perhitungan pada ritasi 1 rute pertama 0-3-1 :

$$t_A = \frac{Jarak (s)}{(V1+V0)/2} + t_{in} + t_{out} + t_w$$

$$t_A = \frac{6}{(60+70)/2} + 0,17 + 0,17 + 1,5$$

$$t_A = 1,93 \text{ jam}$$

Jadi jumlah waktu pengangkutan total kedua ritasi diatas atau bisa dikatakan waktu operasi ( $t_o$ ) pengangkutan sampah perhari 76,28 ditambah dengan waktu menunggu pengumpulan sampah jika semua terangkut totalnya 125,78 jam. Kecepatan rata – rata saat kendaraan isi yaitu 58,15 km/jam. Waktu pengangkutan ini digunakan untuk mencari jumlah kendaraan dan ritasi yang telah dihitung berdasarkan jumlah sampah. Maka didapatkan jumlah kendaraan yang digunakan dalam kondisi eksisting 100% terangkut yaitu 16 kendaraan arm roll didapat dari pembagian jam waktu operasi dengan jam kerja yaitu 8 jam.

### 5.2.1.2. Rute Eksisting Pelayanan Pengangkutan Sampah Domestik Bojonegoro Menggunakan Dump Truck

Tabel 5.14 Rute Eksisting Pelayanan Pengangkutan Sampah Domestik Bojonegoro Menggunakan Dump Truck

Rute Eksisting Rit 1	Nomor Kendaraan	Jarak Tempuh (km)	Rute Eksisting Rit 2	Nomor Kendaraan	Jarak Tempuh (km)
0-7-1	20	10,4	0-7-23-1	21	52,6
0-9-1	21	10	0-9-18-1	22	36,2
0-18-1	21	28	0-35-1	20	18,6
0-23-1	20	40	0-37-1	22	13,4
0-26-1	20	17	0-42-1	21	36
0-33-1	22	24			
0-35-1	22	18,6			
0-37-1	21	13,4			
0-42-1	22	36			
0-47-1	22	18,6			

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Dari tabel diatas menggambarkan rute eksisting pelayanan pengangkutan sampah dengan menggunakan dump truk. Total jarak tempuh ritasi pertama sepanjang 216 km, ritasi kedua sepanjang 156,8 km dan total panjang jarak tempuh keseluruhan yang dilakukan oleh kendaraan dump truk sebesar 372,8 km. Tabel dibawah ini merupakan kondisi sistem pelayanan pengangkutan sampah Kabupaten Bojonegoro yang menggunakan dump truck :

Tabel 5.15 Kondisi Sistem Pelayanan Sampah Dump Truck

Jenis Kendaraan	Terangkut ke TPA (m3)	Tidak Terangkut ke TPA (m <sup>3</sup> )	Yang Seharusnya Terangkut (m3)	Total Jarak yang Ditempuh (km) Eksisting
Arm Roll Truck	Dump Truck	91,4	10,78	102,18

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Manajemen pengangkutan sampah terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menganalisis pelayanan yang diberikan kepada masyarakat diantaranya waktu pengangkutan tiap rit, jumlah rit, waktu operasi dan menghasilkan jumlah truk yang diperlukan dalam pengangkutan tersebut. Berikut ini merupakan perhitungan jumlah dump truck yang digunakan untuk pelayanan pengangkutan sampah sebagai langkah awal dalam penentuan optimasi sistem pelayanan sampah domestik yang ada di Kabupaten Bojonegoro ini.

Tabel 5.16 Manajemen Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Dump Truck Rit 1 Rute Eksisting

Rute Eksisting Rit 2	Nomor Kendaraan	Jumlah Sampah Terangkut Rit 1 Perkendaraan	Jarak Tempuh (km)	V1 (km/jam)	V0 (km/jam)	Waktu Menaikkan Sampah ( $t_{in}$ dalam jam)	Waktu Menurunkan Sampah ( $t_{out}$ dalam jam)	Waktu Pengangkutan ( $t_A$ dalam jam)
0-7-1	20	6	10,4	70	62	0,17	0,17	2,00
0-9-1	21	6	10	70	60	0,17	0,17	1,99
0-18-1	21	6	28	70	57	0,17	0,17	2,28
0-23-1	20	6	40	70	61	0,17	0,17	2,45
0-26-1	20	5,74	17	70	58	0,17	0,17	2,11
0-33-1	22	6,04	24	70	60	0,17	0,17	2,21
0-35-1	22	6	18,6	70	58	0,17	0,17	2,13
0-37-1	21	6	13,4	70	62	0,17	0,17	2,04
0-42-1	22	3,48	36	70	60	0,17	0,17	2,39
0-47-1	22	5,88	18,6	70	60	0,17	0,17	2,13

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 5.17 Manajemen Pengangkutan Sampah Domestik Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Dump Truck Rit 2 Rute Eksisting

Rute Eksisting Rit 2	Nomor Kendaraan	Jumlah Sampah Terangkut Rit 1 Perkendaraan	Jarak Tempuh (km)	V1 (km/jam)	V0 (km/jam)	Waktu Menaikkan Sampah ( $t_{in}$ dalam jam)	Waktu Menurunkan Sampah ( $t_{out}$ dalam jam)	Waktu Pengangkutan ( $t_A$ dalam jam)
0-7-23-1	21	6,11	52,6	70	56	0,17	0,17	2,67
0-9-18-1	22	6	36,2	70	59	0,17	0,17	2,40
0-35-1	20	6	18,6	70	60	0,17	0,17	2,13
0-37-1	22	5,32	13,4	70	61	0,17	0,17	2,04
0-42-1	21	5,79	36	70	55	0,17	0,17	2,42

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Waktu pengangkutan tiap rit atau bisa disebut ( $t_A$ ) yaitu didapat dari penjumlahan waktu menaikkan dan mengosongkan kontainer ( $t_{in}$ ), waktu menurunkan kontainer ( $t_{out}$ ), waktu menunggu sampah terkumpul ( $t_w$ ) ditambah dengan jarak tempuh serta kecepatan kendaraan saat isi ( $V_0$ ) maupun kosong ( $V_1$ ). Berikut ini merupakan contoh perhitungan pada ritasi 1 rute pertama 0-7-1 :

$$t_A = \frac{Jarak (s)}{(V_1+V_0)/2} + t_{in} + t_{out} + t_w$$

$$t_A = \frac{10,4}{(62+70)/2} + 0,17 + 0,17 + 1,5$$

$$= 2 \text{ jam}$$

Jadi, jumlah waktu pengangkutan total kedua ritasi diatas atau bisa dikatakan waktu operasi ( $t_o$ ) pengangkutan sampah perhari 33,39 jam ditambah dengan waktu menunggu pengumpulan sampah dan waktu pengangkutan menjadi 55,98 jam. Kecepatan rata – rata saat kendaraan isi yaitu 59,27 km/jam. Waktu pengangkutan ini digunakan untuk mencari jumlah kendaraan dan ritasi jika menggunakan rute eksisting dan semua sampah terangkut.

### **5.2.2. Analisis Rute Pengangkutan Sampah Efektif dan Efisien Menggunakan Metode Vehicle Routing Problem**

Vehicle Routing Problem atau bisa disebut VRP pada pengangkutan sampah, didefinisikan depot merupakan lokasi pool truk sampah yang berada di Kantor Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup, pelanggan untuk menyatakan TPS dan sumber sampah lainnya, fasilitas antara untuk menyatakan TPA (yaitu TPA Banjarsari), kendaraan merupakan truk pengangkut sampah.

Pada penelitian ini, didefinisikan tur untuk menyatakan urutan kunjungan dari suatu kendaraan yang berangkat dari depot ke beberapa TPS dan kembali lagi ke depot. Sedangkan rute merupakan urutan kunjungan suatu kendaraan yang berangkat dari depot dan berakhir di suatu fasilitas antara (TPA Banjarasari). Sehingga, suatu tur dapat terdiri dari satu atau lebih rute.

Langkah yang dilakukan pada Analisis ini pencarian metode vehicle routing problem menggunakan metode Clarke and Wright. Perhitungan algoritma ini dibantu dengan aplikasi Microsoft Excle. Jadi langkah pertama yaitu menetapkan jumlah kendaraan pengangkutan. Pengangkutan sampah di Kabupaten Bojonegoro dibagi menjadi 2 yaitu menggunakan arm roll truck dengan kapasitas 10 m<sup>3</sup> dan dump truck dengan kapasitas 6 m<sup>3</sup>.

### **5.2.2.1. Analisis Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kendaraan Arm Roll Truck Menggunakan Metode VRP**

Solusi awal dalam pemecahan masalah ini yaitu penetapan jumlah kendaraan pengangkutan sampah rute eksisting dengan mengacu pada manajemen pengangkutan kendaraan dengan rute eksisting. Setelah didapatkan hasil jumlah kendaraan maka dapat dibandingkan dengan jumlah kendaraan hasil dari VRP. Jumlah kendaraan kali ini di optimalkan dari jumlah awal yaitu 16 kendaraan arm roll truck dengan kapasitas 10 m<sup>3</sup>, dioptimalkan yang awalnya tidak terangkut semua sampah menjadi terangkut semua.

Zona 3, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 43, 44, dan 45 menggunakan arm roll truck dalam pengangkutannya. Jumlah ritasi yang efisien pada perencanaan ini perhitungannya jumlah sampah yang seharusnya terangkut dibagi dengan kapasitas truck (m<sup>3</sup>) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{PSCS} &= V_s / V_b \\ &= 325,82 / 10 \\ &= 33 \text{ ritasi} \end{aligned}$$

Jadi jumlah ritasi yang diperlukan jika semua sampah untuk pengangkutan arm roll truck diperoleh dari jumlah sampah dibagi kapasitas angkut SCS (arm roll truck) minimal 33 ritasi jika semua kendaraan sampah arm roll truck terisi penuh. Jumlah arm roll truck yang diperlukan kondisi rute eksisting menggunakan rumus berikut ini :

$$\begin{aligned} n_t &= t_o / t_b \\ &= 125,78 / 8 \\ &= 16 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

Jadi kendaraan yang dibutuhkan misal menggunakan rute eksisting sebanyak yaitu 16 kendaraan. Jumlah kendaraan ini merupakan perhitungan jika semua

sampah terangkut dengan rute eksisting. Langkah awal untuk memulai perhitungan VRP maka menentukan titik koordinat dari sumber sampah dan diplotkan ke grafik xy. Penetapan koordinat ke 46 zona dapat dilihat pada gambar grafik xy dibawah ini :

Tabel 5.18 Grafik Koordinat XY Lokasi Sumber Sampah

Node	X	Y
0	480602	9244549
1	490208	9251399
2	481737	9248572
3	483395	9246853
4	484192	9248572
5	480632	9247312
6	485973	9247222
7	482106	9246023
...	...	...
46	483444	9247744

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 5.19 Matriks Jarak Antar Zona dengan Kendaraan Pengangkutan Sampah Arm Roll Truck

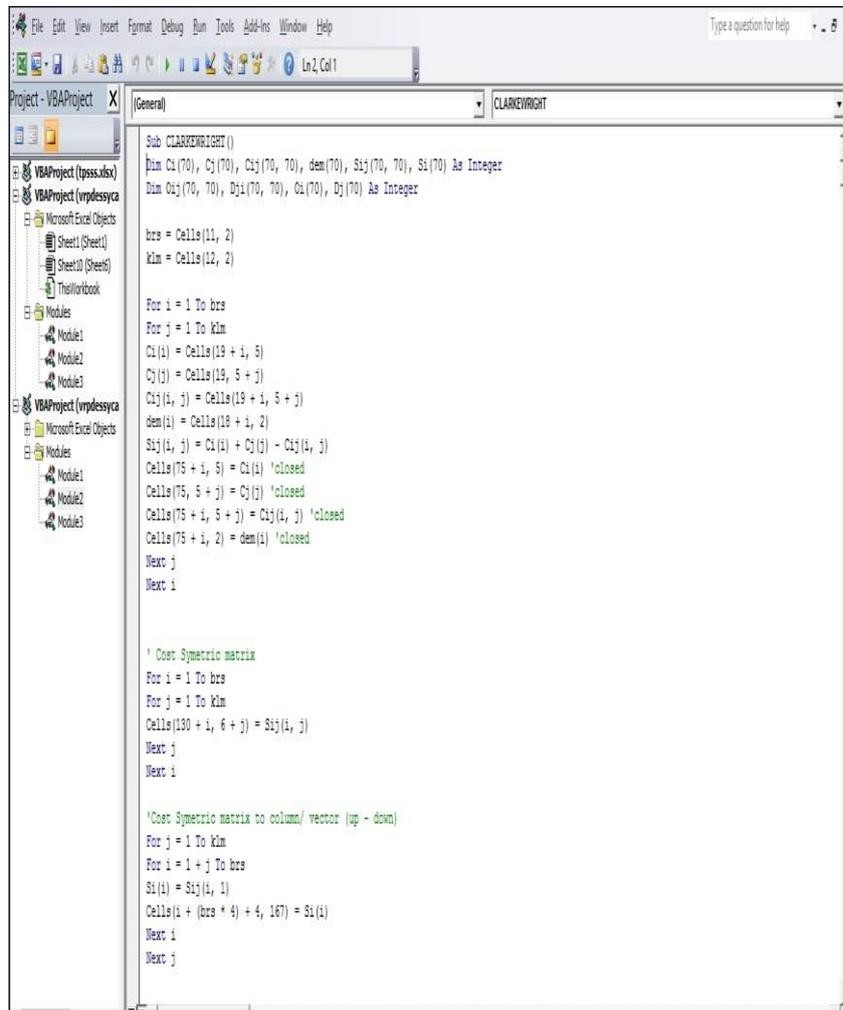
0	0	15	5,3	4,7	6,5	4,8	10,8	2,3	7	8,9	7,5	8,6	12,8	8,5	13,1	3,1	3,2
1	15,1	0	13,4	12,5	10,3	14	8,3	13,2	9,9	18	15,5	8,6	9,2	7,3	8,2	15,4	7,2
2	5	13	0	3,4	4,1	2,1	5,7	3,6	9,9	5,6	4	5,3	6,1	6,1	9,4	3	3,7
3	4,6	11,6	3,4	0	2,5	2,1	3,5	2	4,2	6,9	5,3	6,2	7,1	4,9	6,9	4,2	4,2
4	6	10,3	4,1	3	0	3	3,3	4,3	4,2	7,9	6,3	3	5	2,5	5,7	6,2	7,1
5	4,8	14	2,1	4	4	0	6,9	3,1	5,9	4,6	2,9	7,8	8,5	7,4	9,4	1,4	1,7
6	8,2	8,3	5,7	3,5	3,3	6,9	0	5,9	5,4	10,4	8,7	4,6	6	3	3,7	8,7	9
7	2,3	15,2	3,6	2	4,1	3,1	6,7	0	6,2	11	5,4	7	7,6	7	8,7	3	3,8
8	7	9,9	4	4,2	7,9	5,9	5	5,2	0	8,3	5,7	2,3	3	4,7	8,1	6,4	7,4
9	8,9	18,1	5,1	6,9	8,3	4,6	10	11	8,3	0	2,9	10,4	10,9	10,2	12,3	8,3	7,2
10	7,5	15,5	3,6	5,3	6,3	3	8,2	5,5	6	3	0	7,9	8,5	10,3	10,7	4,3	4
11	8,6	8,6	5,3	6,2	3	7,8	4,6	7	2,3	10,4	7,9	0	1,8	3,3	6,8	8,6	9,4
12	15,8	9,2	6,1	7,1	5	8,5	6	7,7	3	10,9	8,5	1,8	0	1	7,4	9,1	10
13	8,4	7,3	6,1	4,9	2,5	7,3	3	7	4,7	10,5	10,3	10,3	3,3	0	4,4	8,3	9,5
14	10,4	6,3	8,2	7,2	5,7	10	3,7	10	8,1	12,3	10,7	6,8	7,4	4,4	0	10,7	11
15	3,1	15,8	3	6,3	6,2	1,4	8,7	3	6,4	8,3	4,3	8,6	9,1	8,3	10,7	0	1,7
16	3,2	7,2	4	4,2	7,1	1,7	9	3,8	7,4	7,2	4	9,4	10	10	9,5	11	0
17	20	7,2	15,4	13,6	10,2	16,9	10,5	13,2	13	19,7	15,2	11,3	11,9	8,9	9,1	19,3	19,3
18	8,5	7,9	5,5	5,8	3,1	7,5	4	6,6	2,1	10,2	7,7	1	1,8	2,6	6,9	9,3	10,3
19	8,2	8	6,3	6	4,9	3,4	8,5	2,9	6,4	3,1	10,8	8,7	1,7	3	2,5	5,9	10,3
20	6,7	11,5	3,3	1,9	1,2	4,3	3,9	3,2	3,5	6,8	5,2	7	5,8	3,4	5,5	4,6	5,5
21	2,6	13,7	13,1	11,4	2,2	5,4	3	4,6	6,8	4,7	7,5	8,2	8,2	5,9	8,1	2,3	2,5
22	2,7	13,8	13,2	11,5	2,3	5,5	3,1	4,7	6,9	4,8	7,6	8,3	8,3	6	8,2	2,4	2,6
23	3,3	13	12,4	10,7	1,5	4,7	2,3	3,9	6,1	4	6,8	7,5	7,5	5,2	7,4	1,6	1,8
24	2,1	14,2	13,6	11,9	2,7	5,9	3,5	5,1	7,3	5,2	8	8,7	8,7	6,4	8,6	2,8	3
25	2,6	13,9	13,3	11,6	2,4	5,6	3,2	4,8	7	4,9	7,7	8,4	8,4	6,1	8,3	2,5	2,7
26	2,7	13,6	13	11,3	2,1	5,3	2,9	4,5	6,7	4,6	7,4	8,1	8,1	5,8	8	2,2	2,4
27	2,2	17,1	1,2	3,5	5,3	3,6	9,6	1,1	5,8	7,7	6,3	7,4	11,6	7,3	11,9	1,9	2
28	1,3	13,1	5,8	5,2	7	5,3	11,3	2,8	7,5	9,4	8	9,1	13,3	9	13,6	3,6	3,7
29	3,1	12,2	4,8	4,2	6	4,3	10,3	1,8	6,5	8,4	7	8,1	12,3	8	12,6	2,6	2,7
30	4,9	10,9	3,6	2,2	1,5	4,6	4,2	3,5	3,8	7,1	5,5	7,3	6,1	3,7	5,8	4,9	5,8
31	3,6	11,3	2,6	1,2	0,5	3,6	3,2	2,5	2,8	6,1	4,5	6,3	5,1	2,7	4,8	3,9	4,8
32	3,5	11,2	2,5	1,1	0,4	3,5	3,1	2,4	2,7	6	4,4	6,2	5	2,6	4,7	3,8	4,7
33	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
34	6	11,2	2,6	1,2	0,5	3,6	3,2	2,5	2,8	6,1	4,5	6,3	5,1	2,7	4,8	3,9	4,8
35	6,3	11,5	2,9	1,5	0,8	3,9	3,5	2,8	3,1	6,4	4,8	6,6	5,4	3	5,1	4,2	5,1
36	6,5	11,7	3,1	1,7	1	4,1	3,7	3	3,3	6,6	5	6,8	5,6	3,2	5,3	4,4	5,3
37	6,1	10,9	2,7	1,3	0,6	3,7	3,3	2,6	2,9	6,2	4,6	6,4	5,2	2,8	4,9	4	4,9
38	5	10,4	3,6	2,2	1,5	4,6	4,2	3,5	3,8	7,1	5,5	7,3	6,1	3,7	5,8	4,9	5,8
39	4,6	11,5	3,8	2,4	1,7	4,8	4,4	3,7	4	7,3	5,7	7,5	6,3	3,9	6	5,1	6
40	4	10,6	3	1,6	0,9	4	3,6	2,9	3,2	6,5	4,9	6,7	5,5	3,1	5,2	4,3	5,2
41	5	14	3,3	1,9	1,2	4,3	3,9	3,2	3,5	6,8	5,2	7	5,8	3,4	5,5	4	12
42	4,6	11,3	3,5	2,1	1,4	4,5	4,1	3,4	3,7	7	5,4	7,2	6	3,6	5,7	4,5	5,7
43	3,3	14,4	13,8	12,1	2,9	6,1	3,7	5,3	7,5	5,4	8,2	8,9	8,9	6,6	8,8	3	3,2
44	4,1	15,2	14,6	12,9	3,7	6,9	4,5	6,1	8,3	6,2	9	9,7	9,7	7,4	9,6	3,8	4
45	5	16,1	15,5	13,8	4,6	7,8	5,4	7	9,2	7,1	9,9	10,6	10,6	8,3	10,5	4,7	4,9
46	3,8	15	1,1	3	3	1	5,9	2,1	4,9	3,6	1,9	6,8	7,5	6,4	8,4	0,4	0,7

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Matriks jarak atau dalam hal ini Coi dan Coj yang merupakan jarak asal tujuan Depot (o). Jadi Coi merupakan jarak depot ke lokasi i dan Coj jarak. Matriks jarak ini sangat penting karena digunakan untuk penentuan rute yang efektif dilihat dari segi jarak. Matriks ini nantinya digunakan dasar untuk pencarian saving matrix jarak. Matriks jarak antar zona didapat dari hasil survei mengikuti kendaraan angkutan sampah. Saat mengikuti angkutan sampah mencatat jarak dengan menggunakan speedometer dan untuk jarak antar zona yang tak terlewati dicari menggunakan Google Maps yang sesuai dengan jalan yang dapat dilalui oleh truk dan memilih jarak yang terpendek dari semua pilihan rute yang diberikan Google Maps.

Pada perhitungan dari mulai saving matrix antar zona hingga optimasi rute menggunakan bantuan VBA (Visual Basic Editor). Jadi harus memasukkan fungsi tujuan secara matematis diubah menjadi bahasa pemrograman agar bisa dibaca oleh Visual Basic Editor tersebut. Hal yang terpenting dalam Visual Basic Editor ini yaitu cara agar data bisa dibaca oleh program tersebut. VBA ini menggunakan fungsi menu Macros pada Microsoft Excle. Tahapan dalam pembuatan bahasa pemrograman sesuai metode Clarke and Wright sebagai berikut ini :

1. Membuat dimensi data yang akan ditempatkan hasil dengan memberikan jumlah kolom dan baris penempatan data.
2. Membuat Cost Symetric Matrix
3. Buat Proxy Orign / Origin Symetric matrix to column/vector (up- down)
4. Buat Proxy Destination / Destination Symetric matrix to column/vector (up-down)
5. Decending / mengurutkan hasil dari besar ke kecil. Dari yang prioritas.
6. Buat rute dengan manual menggunakan rumus-rumus excle Vlookup, IF. Hasil harus sequence sesuai dengan kendala- kendala dalam fungsi pengangkutan ini.



Sumber : Hasil Analisis, 2022

Gambar 5.8 Visual Basic Editor Arm Roll Truck

Gambar diatas merupakan gambar Visual Basic Editor yang telah dimasukkan data agar bisa dibaca sesuai dengan langkah diatas. Secara lengkap pemasukkan bahasa pemrograman di Visual Basic Editor dimasukkan ke dalam lampiran. Dibawah ini merupakan hasil saving matrix dari hasil Visual Basic Editor yang telah berhasil dibaca. Contoh saving matrix pada Sij 2-1 yaitu saving matrix asal 2 ke 1 :

$$\begin{aligned}
Sij_{2-1} &= C_{oi2} + C_{oj1} - C_{ij_{2-1}} \\
&= 5,3 + 15 - 13 \\
&= 7,3
\end{aligned}$$

Saving matrix merupakan matrix penghematan jarak antar zona. Dikatakan matrix penghematan karena model penghematan ini kendaraan pengangkutan mulai dari asal Depot menuju ke zona 1 maupun asal Depot menuju ke zona 2 lebih jauh jaraknya dibandingkan dengan Depot menuju ke zona 2 lalu diteruskan ke zona 1. Hal ini akan terjadi efisiensi dari segi jarak yang akan berimbas ke biaya bbm yang penggunaannya lebih murah.

Tabel 5.20 Saving Matrix Arm Roll Truck

	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	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46			
1	30,1	7	7,3	11,3	5,9	17,6	4,2	12,2	6	7,1	15,1	18,7	16,3	20	2,8	11,1	27,9	15,1	17,3	8,7	5,3	5,3	6,7	4,3	5,1	5,5	0,2	3,3	6	9,1	8,5	8,5	8,5	9,1	8,5	8,7	8,7	9,7	8,2	8,5	7,1	8,5	5,3	5,3	5,3	7,1			
2	7,3	10,3	6,3	7,4	7,7	10,1	3,7	2,1	8,3	8,5	8,3	11,7	7,4	8,7	5,1	4,5	10	8	7,4	6,8	-5	-5	-3,6	-6	-5,2	-5	6	0,8	3,6	7,2	6,6	6,6	6,6	7,2	6,6	6,8	6,8	6,9	6,3	6,6	6,3	6,6	-5	-5	-5	9,3			
3	8	6,5	9,3	8,6	7,3	11,9	4,9	7,4	6,6	6,8	7	10,3	8,2	10,8	3,5	3,6	13,2	7,3	10,1	7,8	-4,1	-4,1	-2,7	-5,1	-4,3	-4,1	3,4	0,8	3,6	8,2	7,6	7,6	7,6	8,2	7,6	7,8	7,8	7,9	7,3	7,6	7,3	7,6	-4,1	-4,1	-4,1	9,1			
4	10,7	7,2	7,7	12,5	7,8	13,5	4	8,8	7	7,2	11,6	13,8	12	13,4	2,9	2,1	15,8	11,4	13	9,9	6,7	6,7	8,1	5,7	6,5	6,7	3,4	0,8	3,6	8	7,4	7,4	7,4	8	7,4	9,9	9,9	10	9,4	7,4	7,1	7,4	6,7	6,7	6,7	9,6			
5	5,8	8	5,5	7,3	9,6	8,7	4	5,9	9,1	9,4	5,6	9,1	5,9	8,5	6,5	6,3	8,3	5,8	6,7	5,8	2,1	2,1	3,5	1,1	1,9	2,1	3,4	0,8	3,6	6,2	5,6	5,6	5,6	6,2	5,6	5,8	5,8	5,9	5,3	5,6	5,3	5,6	2,1	2,1	2,1	9,4			
6	14,9	7,8	9,4	11,4	6,1	1,9	4,6	9,8	6,7	7	12,2	15	13,7	17,6	2,6	2,4	17,7	12,7	15,7	10,1	8,1	8,1	9,5	7,1	7,9	8,1	3,4	0,8	3,6	10,5	9,9	9,9	9,9	10,5	9,9	10,1	10,1	10,2	9,6	9,9	9,6	9,9	8,1	8,1	8,1	7,9			
7	2,1	4	5	4,7	4	6,4	4,6	3,1	0,2	4,4	3,9	7,5	3,8	6,7	2,4	1,7	9,1	4,2	6,3	2,4	0,6	0,6	2	-0,4	0,4	0,6	3,4	0,8	3,6	2,8	2,2	2,2	2,2	2,8	2,2	2,4	2,4	2,5	1,9	2,2	1,9	2,2	0,6	0,6	0,6	5,8			
8	12,1	8,3	7,5	5,6	5,9	12,8	4,1	14	7,6	8,8	13,3	16,8	10,8	12	3,7	2,8	14	13,4	14,3	8,6	3,6	3,6	5	2,6	3,4	3,6	3,4	0,8	3,6	9	8,4	8,4	8,4	9	8,4	8,6	8,6	8,7	8,1	8,4	8,1	8,4	3,6	3,6	3,6	7,7			
9	5,8	9,1	6,7	7,1	9,1	9,7	0,2	7,6	17,8	13,5	7,1	10,8	7,2	9,7	3,7	4,9	9,8	7,2	8,5	7,2	7,1	7,1	8,5	6,1	6,9	7,1	3,4	0,8	3,6	7,6	7	7	7	7,6	7	7,2	7,2	7,3	6,7	7	6,7	7	7,1	7,1	7,1	10,9			
10	7	9,2	6,9	7,7	9,3	10,1	4,3	8,5	13,4	15	8,2	11,8	5,7	9,9	6,3	6,7	12,3	8,3	9,2	7,4	2,9	2,9	4,3	1,9	2,7	2,9	3,4	0,8	3,6	7,8	7,2	7,2	7,2	7,8	7,2	7,4	7,4	7,5	6,9	7,2	6,9	7,2	2,9	2,9	2,9	11,1			
11	15	8,6	7,1	12,1	5,6	14,8	3,9	13,3	7,1	8,2	17,2	19,6	13,8	14,9	3,1	2,4	17,3	16,1	17,3	6,7	3,3	3,3	4,7	2,3	3,1	3,3	3,4	0,8	3,6	7,1	6,5	6,5	6,5	7,1	6,5	6,7	6,7	6,8	6,2	6,5	6,2	6,5	3,3	3,3	3,3	7,4			
12	21,6	15	13,4	17,3	12,1	20,6	10,4	19,8	13,8	14,8	22,6	28,6	23,3	21,5	9,8	9	23,9	22,5	23,2	15,1	9,5	9,5	10,9	8,5	9,3	9,5	3,4	0,8	3,6	15,5	14,9	14,9	14,9	15,5	14,9	15,1	15,1	15,2	14,6	14,9	14,6	14,9	9,5	9,5	9,5	13,9			
13	16,1	7,6	8,2	12,4	5,9	16,2	3,7	10,7	6,8	5,6	6,7	17,9	16,9	17,1	3,2	2,1	19,5	14,3	16,3	10,1	4,6	4,6	6	3,6	4,4	4,6	3,4	0,8	3,6	10,5	9,9	9,9	9,9	10,5	9,9	10,1	10,1	10,2	9,6	9,9	9,6	9,9	4,6	4,6	4,6	7,7			
14	19,1	7,5	7,9	11,2	5,2	17,5	2,7	9,3	7	7,2	12,2	15,8	14,5	23,5	2,8	2,6	22,3	12	14,9	10,3	4,2	4,2	5,6	3,2	4	4,2	3,4	0,8	3,6	10,7	10,1	10,1	10,1	10,7	10,1	10,3	10,3	10,4	9,8	10,1	9,8	10,1	4,2	4,2	4,2	7,7			
15	2,3	5,4	1,5	3,4	6,5	5,2	2,4	3,7	3,7	6,3	3,1	6,8	3,3	5,5	6,2	4,6	3,8	2,3	3,2	2,1	3,7	3,7	5,1	2,7	3,5	3,7	3,4	0,8	3,6	2,5	1,9	1,9	1,9	2,5	1,9	2,1	2,1	2,2	1,6	1,9	1,6	1,9	3,7	3,7	3,7	8,3			
16	11	4,5	3,7	2,6	6,3	5	1,7	2,8	4,9	6,7	2,4	6	1,7	6,8	-4,7	6,4	3,9	1,4	2,3	-2,7	3,6	3,6	5	2,6	3,4	3,6	3,4	0,8	3,6	-2,3	-2,9	-2,9	-2,9	-2,3	-2,9	-2,7	-2,7	-2,6	-3,2	-2,9	-3,2	-2,9	3,6	3,6	3,6	8,1			
17	27,8	9,9	11,1	16,3	7,9	20,3	9,1	14	9,2	12,3	17,3	20,9	19,6	24	3,8	3,9	40	15,3	17,3	15,1	14,2	14,2	15,6	13,2	14	14,2	3,4	0,8	3,6	15,5	14,9	14,9	14,9	15,5	14,9	15,1	15,1	15,2	14,6	14,9	14,6	14,9	14,2	14,2	14,2	9,7			
18	15,6	8,3	7,4	11,9	5,8	15,3	4,2	13,4	7,2	8,3	16,1	19,5	14,4	14,7	2,3	1,4	15,3	17	17,5	8,6	-5,9	-5,9	-4,5	-6,9	-6,1	-5,9	3,4	0,8	3,6	9	8,4	8,4	8,4	9	8,4	8,6	8,6	8,7	8,1	8,4	8,1	8,4	-5,9	-5,9	-5,9	7,6			
19	15,2	7,2	6,9	9,8	9,6	10,5	7,6	8,8	14	4,9	8,1	19,3	13,7	18,8	5,4	1,1	16,9	15,3	18,6	9,4	3,6	3,6	5	2,6	3,4	3,6	3,4	0,8	3,6	9,8	9,2	9,2	9,2	9,8	9,2	9,4	9,4	9,4	9,5	8,9	9,2	8,9	9,2	3,6	3,6	3,6	11,4		
20	10,2	8,7	9,5	12	7,2	13,6	5,8	10,2	8,8	9	8,3	13,7	11,8	14,3	5,2	4,4	16,7	10,9	13,9	11,8	5,1	5,2	7,7	6,3	6,7	6,8	1,6	1,1	3,4	10,3	7,3	7,3	6,9	10,3	7,3	9,1	10,6	10	9,7	7,3	6,9	7,3	6,9	7,3	6,4	6,5	7	9	
21	3,9	-5,2	-4,1	6,9	2	10,4	0,3	2,8	6,8	2,6	3	7,2	5,2	7,6	3,4	3,3	15,9	-3,4	7,3	4,9	5,5	4,1	5,2	4	4,5	5,1	2,5	1,5	2,4	5	4,8	4,8	4,8	5,4	4,8	4,9	4,9	5	4,4	4,8	3,5	4,8	5,7	5,9	5,9	4			
22	3,9	-5,2	-4,1	6,9	2	10,4	0,3	2,8	6,8	2,6	3	7,2	5,2	7,6	3,4	3,3	15,9	-3,4	7,3	5,5	5,5	5,7	5,5	2,1	5,4	5,5	2,5	1,2	4,6	5,8	5,2	5,2	5,2	5,8	5,2	5,3	5,3	5,4	4,8	5,2	4,9	5,2	5,5	5,5	5,5	5,1			
23	5,3	-3,8	-2,7	8,3	3,4	11,8	1,7	4,2	8,2	4	4,4	8,6	6,6	9	4,8	4,7	17,3	-2	8,7	6,9	5,3	5,3	6,9	3,7	5,2	3,4	3,6	-1,6	4,4	7	6,4	6,4	6,4	7	6,4	6,9	6,9	7	6,4	6,4	6,1	6,4	5,3	5,3	5,3	5,1			
24	2,9	-6,2	-5,1	5,9	1	9,4	-0,7	1,8	5,8	1,6	2	6,2	4,2	6,6	2,4	2,3	14,9	4,4	6,3	5,4	4,1	4,1	4,1	4,1	4,5	4	4,1	0,6	0,2	3,2	5,5	4,9	4,9	4,9	5,5	4,9	5,4	4,4	5,5	4,9	4,9	4,6	4,9	4,1	4,1	4,1	4,7		
25	3,7	-5,4	-4,3	6,7	1,8	10,2	0,1	2,6	6,6	2,4	2,8	7	5	7,4	3,2	3,1	15,7	-3,6	7,1	5,1	5	5	5	4	5,5	5	2,5	1,7	4,7	5,2	4,6	4,6	4,6	5,2	4,6	5,1	5,1	5,2	4,6	4,6	4,3	4,6	5	5	5	5,5			
26	4,1	-5	-3,9	7,1	2,2	10,6	0,5	3	7	2,8	3,2	7,4	5,4	7,8	3,6	3,5	16,1	-3,2	7,5	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	4,1	5	5,7	3,8	1	4,2	5,2	4,6	4,6	4,6	5,2	4,6	5,1	5,1	5,2	4,6	4,6	4,3	4,6	5,1	5,1	5,1	5,5
27	0,1	6,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	2,7	3	3	2,3	2	2,9	4,1	-2,1	0,1	2,1	2,8	2,2	2,2	2,2	2,8	2,2	2,7	2,7	2,8	2,2	2,2	1,9	2,2	3	3	3	4,1		
28	3,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
29	5,9	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	
30	9	6,6	7,4	9,9	5,1	11,5	3,7	8,1	6,7	6,9	6,2	11,6	9,7	12,2	3,1	2,3	14,6	8,8	11,8	5,6	4,6	4,6	6	3,6	4,5	4,4	0,8	1	3,7	9,8	5,1	5,1	5,1	5,7	5,1	5,6	5,6	5,7	5,1	5,1	4,8	5,1	4,6	4,6	4,6	6,7			
31	7,3	6,3	7,1	9,6	4,8	11,2	3,4	7,8	6,4	6,6	5,9	11,3	9,4	11,9	2,8	2	14,3	8,5	11,5	7,8	4,9	2,8	6,3	3,9	4,3	4,7	-0,8	-1,3	1	7,4	7,2	7	4,9	7,4	7,2	7,1	6,9	7,6	7,3	7,2	6,9	7,2	4</						





Hasil yang telah ditampilkan oleh VBA diolah secara manual menggunakan rumus exle Vlookup dan IF. Hasil yang telah terurutkan diterapkan sesuai kapasitas kendaraan yang ada. Hasil dari VRP sebanyak 16 kendaraan.

Manajemen pengangkutan kendaraan arm roll truck dengan menggunakan VRP hasilnya berbeda dengan rute eksisting. Pada pengangkutan hasil VRP semua sampah terangkut. Tabel tersebut dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 5.23 Manajemen Pengangkutan Kendaraan Arm Roll Truck Dengan Menggunakan VRP Ritasi 1

Rute Eksisting Rit 1	Nomor Kendaraan	Jumlah Sampah Terangkut Rit 1 Perkendaraan	Jarak Tempuh (km)	V1 (km/jam)	V0 (km/jam)	Waktu Menaikkan Sampah ( $t_{in}$ dalam jam)	Waktu Menurunkan Sampah ( $t_{out}$ dalam jam)	Waktu Pengangkutan ( $t_a$ dalam jam)
0-2-1	1,2,3	24	18.3	40	30	0.67	0.083	2.28
0-3-1	4,5,6	24	16.3	40	29	0.67	0.083	2.23
0-4-1	7	8	16.8	40	27	0.67	0.083	2.26
0-5-1	8	8	18.8	40	28	0.67	0.083	2.81
0-6-1	9	8	19.1	40	31	0.67	0.083	2.79
0-7-1	10	8	15.5	40	28	0.67	0.083	2.70
0-12-1	11	8	22	40	34	0.67	0.083	2.84
0-19-1	12	8	18.4	40	28	0.67	0.083	2.79
0-20-1	13	8	16.6	40	27	0.67	0.083	2.74
0-21-1	14	8	16.6	40	26	0.67	0.083	2.75
0-22-1	15	8	16.8	40	26	0.67	0.083	2.76
0-27-1	16	8	19.3	40	30	0.67	0.083	2.80
0-29-1	17	8	15.3	40	30	0.67	0.083	2.69
0-32-1	18	8	14.7	40	29	0.67	0.083	2.68
0-47-1	19	8	40.4	40	26	0.67	0.083	3.47
0-9-10-35-1	20	8	27.7	40	30	0.67	0.083	3.05

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 5.24 Manajemen Pengangkutan Kendaraan Arm Roll Truck Dengan Menggunakan VRP Ritasi 2

No	RUTE RENCANA RIT 2	NO KENDARAAN	KAPASITAS (m <sup>3</sup> )	JARAK TEMPUH (km)	V1	Vo	Waktu Menaikkan Sampah ( $t_{in}$ dalam jam)	Waktu Menurunkan Sampah ( $t_{out}$ dalam jam)	Waktu Pengangkutan ( $t_a$ dalam jam)
1	1-3-1	1	8	24.1	40	28	0.67	0.083	2.96
2	1-4-1	2,3,4	24	20.6	40	26	0.67	0.083	2.37
3	1-5-1	5	8	18.8	40	30	0.67	0.083	2.79
4	1-6-1	6,7	16	16.6	40	29	0.67	0.083	2.73
5	1-7-1	8,9,10	24	4.6	40	26	0.06	0.083	1.78
6	1-15-1	11	8	31.2	40	27	0.67	0.083	3.18
7	1-20-1	12,13	16	23	40	27	0.67	0.083	2.94
8	1-50-26-1	14	8	27.5	40	32	0.67	0.083	3.01
9	1-14-17-37-34-1	15	8	37.6	40	30	0.67	0.083	3.32
10	1-11-12-41-1	16	8	15.6	40	32	0.67	0.083	2.68
11	1-19-40-48-1-0	17	8	49.9	40	34	0.67	0.083	3.59
12	1-44-47-45-1-0	18	7.9	47.5	40	31	0.66	0.083	3.57
13	1-38-36-24-27-23-43-42-34-1-0	19	8	54.4	40	34	0.67	0.083	3.72

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Manajemen pengangkutan kendaraan Arm Roll truck dengan menggunakan vrp sehingga jumlah kendaraan menggunakan metode VRP sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t_o \text{ total} &= t_{o1} + t_{o2} \\
 &= 54,13 + 53,57 \\
 &= 107,7
 \end{aligned}$$

Sehingga didapat jumlah kendaraan yaitu 107,7 dibagi dengan 8 jam untuk waktu harian kerja hasilnya dibulatkan menjadi 13 kendaraan. Berikut ini perbandingan antara waktu perjalanan menggunakan rute VRP dan eksisting. Tabel selanjutnya merupakan table waktu operasi tiap kendaraan yang tidak melebihi jam kerja 8 jam :

Tabel 5.25 Perbandingan Antara Waktu Perjalana Menggunakan Rute VRP Dan Eksisting

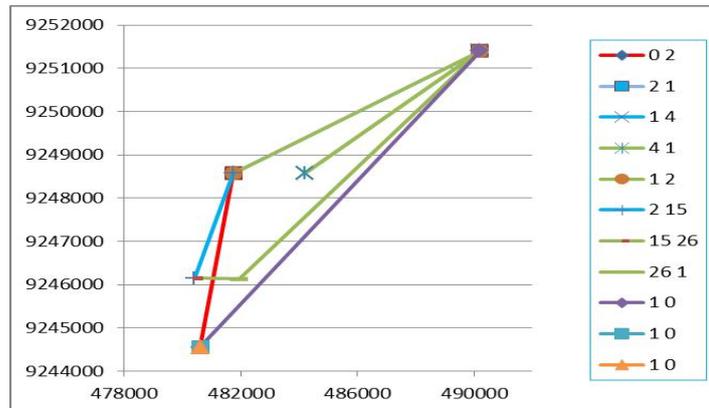
No	Waktu Perjalanan Terangkut (Eksisting)	Waktu Perjalanan Menggunakan VRP (Perencanaan)
1	125,78	107,7

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 5.26 Jumlah Waktu Operasi Menggunakan Rute VRP Dan Eksisting

No	Waktu Operasi Kendaraan (jam)
1	8.01
2	7.82
3	8.0
4	7.77
5	7.5
6	7.99
7	8.06
8	7.95
9	7.93
10	7.69
11	6.03
12	5.72
13	5.68
14	5.76
15	6.07
16	5.48

Sumber : Hasil Analisis, 2022



Sumber : Hasil Analisis, 2022

Gambar 5.9 Rute Arm Roll Truck Menggunakan VRP

### 5.2.2.2. Analisis Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kendaraan Dump Truck Menggunakan Metode VRP

Jumlah kendaraan kali ini di optimalkan dari jumlah awal yaitu 3 kendaraan Dump Truck dengan kapasitas 6 m<sup>3</sup>, dioptimalkan yang awalnya tidak terangkut semua sampah menjadi terangkut semua. Zona 7, 9, 18, 23, 26, 33, 35, 37, 42, dan 47 menggunakan dump truck dalam pengangkutannya. Jumlah ritasi yang efisien pada perencanaan ini perhitungannya jumlah sampah yang seharusnya terangkut dibagi dengan kapasitas truck (m<sup>3</sup>) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{PHCS} &= V_s / V_b \\
 &= 102,18 / 6 \\
 &= 17 \text{ ritasi}
 \end{aligned}$$

Jadi jumlah ritasi yang diperlukan jika semua sampah untuk pengangkutan dump truck diperoleh dari jumlah sampah dibagi kapasitas angkut HCS minimal 19 ritasi jika semua kendaraan sampah arm roll truck terisi penuh. Jumlah dump truck yang diperlukan menggunakan rumus berikut ini :

$$\begin{aligned}
 n_t &= t_o / t_b \\
 &= 55,89 / 8 \\
 &= 7 \text{ kendaraan}
 \end{aligned}$$

Jadi kendaraan yang dibutuhkan agar lebih efisien yaitu 7 kendaraan. Jumlah dump truck yang sudah ada berjumlah 3 kendaraan. Penetapan koordinat ke 11 zona dapat dilihat pada gambar grafik xy dibawah ini :

Tabel 5.27 Grafik Koordinat XY Lokasi Sumber Sampah

Node	X	Y
0	480602	9244549
1	490208	9251399
7	489165	9262730
9	491136	9247537
18	477185	9234785
23	482900	9246690
33	488783	9245016
35	485565	9244580
37	486293	9245908
42	479993	9243784
47	480863	9248044

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 5.28 Matriks Jarak Dump Truck

O/D	0	1	7	9	18	23	33	35	37	42	47
0	0	15	21,5	15	12,2	3,5	11	5,8	8,6	1,2	5,2
1	15,1	0	14	20	26,2	12,3	7,3	13	9,4	18,2	14
7	21,5	14	0	18,3	30	24	21	23	21	30	21
9	15	5,1	20	0	11	9,7	5	4,8	16	11	9,2
18	12,2	26,2	30	11,8	0	12	11,1	14	16	11	14
23	3,4	12,3	24	9,9	12	0	7,9	4,2	5,7	4,5	3,2
33	11	7,3	21	5	11,1	7,9	0	4,2	6,2	11,6	10
35	5,8	13	23	4,8	14	3,9	4,2	0	2,5	6,9	7,3
37	8,8	9,4	21	16	16	5,7	6,2	2,5	0	11,3	6,9
42	1,2	18,2	30	11	11	4,5	11,6	5,7	11,3	0	5,8
47	5,2	14	21	9,2	14	3,2	10	7,3	6,9	5,8	0

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Gambar diatas merupakan gambar Visual Basic Editor yang telah dimasukkan data agar bisa dibaca oleh program. Secara lengkap pemasukkan bahasa pemrograman di Visual Basic Editor dimasukkan ke dalam lampiran. Dibawah ini merupakan hasil saving matrix dari hasil Visual Basic Editor yang telah berhasil dibaca. Contoh saving matrix pada Sij 9- 47 yaitu saving matrix asal 9 ke 47 :

$$\begin{aligned}
Sij_{9-47} &= Coi_9 + Coj_{47} - Cij_{9-47} \\
&= 15 + 5,2 - 9,2 \\
&= 11
\end{aligned}$$

Saving matrix merupakan matrix penghematan jarak antar zona. Dikatakan matrix penghematan karena model penghematan ini kendaraan pengangkutan mulai dari asal 0 menuju ke zona 9 maupun asal Depot menuju ke zona 47 lebih jauh jaraknya dibandingkan dengan Depot menuju ke zona 9 lalu diteruskan ke zona 47. Hal ini akan terjadi efisiensi dari segi jarak yang akan berimbas ke biaya bbm yang penggunaannya lebih murah.

Tabel 5.29 Saving Matriks Jarak Dump Truck

Sij	1	7	9	18	23	33	35	37	42	47
1	30,1	22,6	10,1	1,1	6,3	18,8	7,9	14,3	-1,9	6,3
7	22,5	43	18,2	3,7	1	11,5	4,3	9,1	-7,3	5,7
9	24,9	16,5	30	16,2	8,8	21	16	7,6	5,2	11
18	1	3,7	15,4	24,4	3,7	12,1	4	4,8	2,4	3,4
23	6,1	0,9	8,5	3,6	6,9	6,5	5	6,3	0,1	5,4
33	18,7	11,5	21	12,1	6,6	22	12,6	13,4	0,6	6,2
35	7,8	4,3	16	4	5,4	12,6	11,6	11,9	0,1	3,7
37	14,4	9,3	7,8	5	6,6	13,6	12,1	17,4	-1,3	7,1
42	-2	-7,3	5,2	2,4	0,2	0,6	1,3	-1,5	2,4	0,6
47	6,2	5,7	11	3,4	5,5	6,2	3,7	6,9	0,6	10,4

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 5.30 Matriks Proxy Origin

Proxy origin	7	9	18	23	33	35	37	42	47
1	0								
7	1	0							
9	1	51	0						
18	1	51	52	0					
23	1	51	52	53	0				
33	1	51	52	53	54	0			
35	1	51	52	53	54	55	0		
37	1	51	52	53	54	55	56	0	
42	1	51	52	53	54	55	56	57	0
47	1	51	52	53	54	55	56	57	58

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 5.31 Matriks Proxy Destination

Proxy destination	1	7	9	18	23	33	35	37	42	47
1	0									
7	51	0								
9	52	52	0							
18	4	4	4	0						
23	54	54	54	54	0					
33	55	55	55	55	55	0				
35	56	56	56	56	56	56	0			
37	57	57	57	57	57	57	57	0		
42	58	58	58	58	58	58	58	58	0	
47	59	59	59	59	59	59	59	59	59	0

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 5.32 Manajemen Pengangkutan Kendaraan Dump Truck Menggunakan VRP  
Ritasi 1

Rute Eksisting Rit 2	Nomor Kendaraan	Jumlah Sampah Terangkut Rit 1 Perkendaraan	Jarak Tempuh (km)	V1 (km/jam)	V0 (km/jam)	Waktu Menaikkan Sampah ( $t_n$ dalam jam)	Waktu Menurunkan Sampah ( $t_{out}$ dalam jam)	Waktu Pengangkutan ( $t_A$ dalam jam)
0-7-1	1	6	19,4	35	21,8	0,17	0,17	2,52
0-9-1	2	6	15,8	35	22,5	0,17	0,17	2,39
0-18-1	3	6	15,8	35	22,5	0,17	0,17	2,39
0-23-1	4	5,64	15,1	35	22,3	0,17	0,17	2,37
0-26-1	5	6	19,3	35	22,3	0,17	0,17	2,51
0-33-1	6	6	20,1	35	22,3	0,17	0,17	2,54
0-35-1	22	6	18,6	35	22,5	0,17	0,17	2,49
0-37-1	21	6	13,4	35	22,3	0,17	0,17	2,31
0-42-1	22	3,48	36	35	21,8	0,17	0,17	3,11
0-47-1	22	5,88	18,6	35	22,5	0,17	0,17	2,49

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 5.33 Manajemen Pengangkutan Kendaraan Dump Truck Menggunakan VRP  
Ritasi 2

Rute Eksisting Rit 2	Nomor Kendaraan	Jumlah Sampah Terangkut Rit 1 Perkendaraan	Jarak Tempuh (km)	V1 (km/jam)	V0 (km/jam)	Waktu Menaikkan Sampah ( $t_n$ dalam jam)	Waktu Menurunkan Sampah ( $t_{out}$ dalam jam)	Waktu Pengangkutan ( $t_A$ dalam jam)
0-7-23-1	21	6,11	35,5	35	23,6	0,17	0,17	3,05
0-9-18-1	22	6	28	35	22,3	0,17	0,17	2,82
0-35-1	20	6	40	35	22,3	0,17	0,17	3,24
0-37-1	22	5,32	28	35	22,3	0,17	0,17	2,82
0-42-1	21	5,79	14,6	35	23,1	0,17	0,17	2,34

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Manajemen pengangkutan kendaraan dump truk dengan menggunakan VRP sehingga jumlah kendaraan menggunakan metode VRP sebagai berikut :

$$to \text{ total} = to1 + to2 = 25,12 + 25,12 = 39,39$$

Sehingga didapat jumlah kendaraan yaitu 39,39 dibagi dengan 8 jam untuk waktu harian kerja hasilnya dibulatkan menjadi 5 kendaraan. Berikut ini

perbandingan antara waktu perjalanan menggunakan rute VRP dan eksisting. Tabel selanjutnya merupakan table waktu operasi tiap kendaraan yang tidak melebihi jam kerja 8 jam :

Tabel 5.34 Perbandingan Antara Waktu Perjalanan Menggunakan Rute VRP Dan Eksisting

No	Waktu Perjalanan Terangkut (Eksisting)	Waktu Perjalanan Menggunakan VRP (Perencanaan)
1	55,89	39,39

Sumber : Hasil Analisis, 2022

### 5.3. Analisis Prediksi Timbunan Sampah Tahun Rencana 2026

Mencari prediksi timbunan sampah di suatu kota dapat dicari dengan berbagai metode. Metode yang sering dijumpai yaitu dengan dilibatkannya jumlah penduduk. Hal ini mengacu jika jumlah penduduk naik maka jumlah timbunan sampah juga naik. Laju timbunan sampah semakin lama semakin meningkat sesuai dengan bertambahnya jumlah penduduk. Sehingga proyeksi jumlah penduduk dan fasilitas yang ada sangat diperlukan dalam hal perencanaan sistem pengumpulan dan pengangkutan sampah. Selain itu ada pula metode dengan melibatkan diperlukan laju pertumbuhan sektor industri, laju pertumbuhan sektor pertanian, laju peningkatan pendapatan perkapita dan laju pertumbuhan penduduk saat ini yang kemudian di analisis dengan metode geometrik.

Berhubung di Kabupaten Bojonegoro Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman, dan Lingkungan Hidup memiliki data jumlah timbunan sampah 5 tahun yang lalu yaitu mulai tahun 2016 sampai dengan tahun 2021 dan juga pertumbuhan 3R yang ada di Kabupaten Bojonegoro maka analisis prediksi timbunan sampah menggunakan rumus peramalan  $P_t = P_o \times (1+i)^n$ . Dalam 5 tahun terakhir ini tidak ada perubahan terhadap jumlah lokasi sumber sampah dan TPS yang ada.

Tabel 5.35 Timbunan Sampah Tahun 2022-2026

NAMA TEMPAT PEMBUANGAN SEMENTARA	SUMBER SAMPAH	Rata - Rata Timbunan Sampah Perhari (m3) 2022	Rata - Rata Timbunan Sampah Perhari (m3) 2023	Rata - Rata Timbunan Sampah Perhari (m3) 2024	Rata - Rata Timbunan Sampah Perhari (m3) 2025	Rata - Rata Timbunan Sampah Perhari (m3) 2026
TPS BANJAREJO	SAMPAH PEMUKIMAN	26.1	26.9	27.9	30.1	31.6
TPS NGROWO	SAMPAH PEMUKIMAN	42.3	42.5	42.7	42.8	43.9
TPS KECAMATAN KOTA	SAMPAH PEMUKIMAN	41.9	42.3	42.5	44.3	45.8
TPS SUMBANG	SAMPAH PEMUKIMAN	20.7	20.9	21.1	21.2	21.8
TERMINAL RAJEKWESI BOJONEGORO	FASILITAS UMUM	27.2	28.1	28.3	26.7	27.4
TPS LEDOK	SAMPAH PEMUKIMAN	38.7	38.1	39.7	40.9	42
TPS KEPATIHAN	SAMPAH PEMUKIMAN	5.6	5.8	5.9	6.0	6.4
TPS MAKAM KEMBAR	SAMPAH PEMUKIMAN	3.6	3.7	3.8	3.9	4.1
TPS PASAR KOTA	SAMPAH PASAR	4.9	5.1	5.2	5.3	5.4
TPS PACUL	SAMPAH PEMUKIMAN	7.6	7.8	7.8	8.0	8.4
TPS SUKOREJO	SAMPAH PEMUKIMAN	11.6	11.9	12.0	11.4	11.8
TPS WISMA INDAH	SAMPAH PEMUKIMAN	1.7	1.8	1.9	1.9	2
TPS RSUD BOJONEGORO	FASILITAS UMUM	3.4	3.6	3.7	3.8	4
BAKORWIL	FASILITAS UMUM	10.4	10.7	11.0	11.2	11.5
TPS BUYUT DALEM	SAMPAH PEMUKIMAN	2.9	3.0	3.0	3.1	3.2
TPS PASAR HEWAN	SAMPAH PASAR	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3
TPS PUMPUNGAN	SAMPAH PEMUKIMAN	5.7	5.9	6.0	6.7	6.9
TPS PASAR KALITIDU	SAMPAH PASAR	12.1	12.5	12.6	13.0	13.3
TPS SUMENGO	SAMPAH PEMUKIMAN	33.1	33.3	33.5	33.9	34.8
HOTEL BONERO	SAMPAH PEMUKIMAN	18.3	18.5	18.6	18.7	19.2
RSI MUHAMADIYAH	FASILITAS UMUM	13.9	14.1	14.3	14.7	15.1
TPS RSUD PADANGAN	FASILITAS UMUM	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9
TPS PASAR PADANGAN	SAMPAH PASAR	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9
TPS ABU DZARIN	SAMPAH PEMUKIMAN	5.8	6.0	6.3	6.0	6.1
TPS JETAK	SAMPAH PEMUKIMAN	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8
MADEAN PEMUKIMAN	SAMPAH PEMUKIMAN	12.5	12.7	12.9	12.9	13.2
TPS MOJORANUJ	SAMPAH PEMUKIMAN	4.2	4.3	4.5	4.7	4.8
TPS NGRASEH	SAMPAH PEMUKIMAN	9.4	9.4	9.8	10.0	10.3
TPS PASAR DANDER	SAMPAH PASAR	5.6	5.8	6.0	6.1	6.3
TPS PEMANDIAN DANDER	SAMPAH PEMUKIMAN	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9
TPS BANJARSARI	SAMPAH PEMUKIMAN	7.8	8.0	8.1	8.3	8.5
TPS TANJUNGHARJO	SAMPAH PEMUKIMAN	1.9	2.0	2.1	2.1	2.1
TPS DESA SAMBIROTO	SAMPAH PEMUKIMAN	1.9	1.9	2.0	2.2	2.3
TPS MOJODESO	SAMPAH PEMUKIMAN	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9
TPS PASAR KAPAS	SAMPAH PASAR	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9
TPS DESA KALIANYAR	SAMPAH PEMUKIMAN	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
TPS PASAR SUMBEREJO	SAMPAH PASAR	1.1	1.2	1.3	1.5	1.5
PABRIK SEPATU SHOU FUNG	SAMPAH PABRIK	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6
MTS SUMBEREJO	SAMPAH PEMUKIMAN	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6
TPS PASAR SROYO	SAMPAH PASAR	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8
TPS PEKUWON	SAMPAH PEMUKIMAN	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
TPS PASAR SUGIHWARAS	SAMPAH PASAR	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8
TPS PASAR KEDUNGADEM	SAMPAH PASAR	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
RUMAH SAKIT MUHAMMADIYAH	FASILITAS UMUM	17.9	17.6	17.8	17.9	17.8
TPS PASAR KANOR	SAMPAH PASAR	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
TPS PASAR GAYAM	SAMPAH PASAR	1.9	1.6	1.8	1.9	1.8

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Diatas merupakan prediksi timbunan sampah 5 tahun kedepan. Rata – rata pertumbuhan timbunan sampah sebesar 2,21%. Didapat dari rata- rata dari pertumbuhan timbunan sampah 5 tahun yang lalu, tahun 2016 sampai 2021. Maka jumlah timbunan sampah tahun 2026 yaitu 673,5 m<sup>3</sup>.



Sumber : Hasil Analisis, 2022

Gambar 5.10 Volume Sampah Domestik Harian Tahun 2026

Gambar diatas menerangkan bahwa sampah pemukiman masih mendominasi sumber sampah di Kabupaten Bojonegoro sebanyak 49,16 %. Tahun 2021 tingkat pelayanan baru mencapai 38%. Dinas Perumahan, Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup memiliki target setiap tahun melakukan kenaikan tingkat pelayanan sebesar 10% tiap tahunnya karena terkait dengan anggaran, jumlah sarana dan pengajuan pembangunan prasarana sehingga melakukan kenaikan bertahap tiap tahunnya.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil yang dibahas yaitu :

1. Sampah yang ada di Bojonegoro pewartannya secara langsung dan tak langsung. Sedangkan pola pengumpulannya individual langsung yang langsung diangkut menuju TPA dari sumber sampah, individual tidak langsung dan penyapu jalan. Mekanisme pengangkutan sampah di rumah tangga sampah akan diambil petugas yang menggunakan gerobak sampah maupun motor sampah diangkut menuju ke TPS. Dari TPS diangkut menuju ke TPA menggunakan dump truck dan armroll truck. Dimana sarana yang tersedia terdiri dari 3 dump truck, 16 armroll truck, 1 roadsweeper, 2 konvektor, dan 25 tosa. Dengan waktu operasi pada pukul 06.00 WIB sampai 15.00 WIB.
2. Analisis menggunakan VRP untuk zona 2-46 menggunakan *armroll truck* sebanyak 33 ritasi. Perbandingan perhitungan jumlah kendaraan jika 100% sampah akan terangkut sebanyak 16 kendaraan sedangkan menggunakan VRP sebanyak 13 unit. Sedangkan jika menggunakan *dump truck* sebanyak 17 ritasi. Jumlah kendaraan dengan rute eksisting sebanyak 3 kendaraan sedangkan menggunakan VRP 5 kendaraan.
3. Jumlah timbunan sampah tiap jiwa tahun 2021 sebanyak 2,105 liter/jiwa/hari. Rata-rata pertumbuhan timbunan sampah sebesar 2,21%. Didapat dari rata-rata dari pertumbuhan timbunan sampah 5 tahun yang lalu, tahun 2016 sampai 2021. Maka jumlah timbunan sampah tahun 2026 yaitu 673,5 m<sup>3</sup>.

#### 6.2. Saran

1. Kajian mengenai jumlah penambahan TPS di 5 tahun kedepan perlu dikaji lebih mendalam mengenai jumlahnya, lokasi yang tepat hingga analisis ekonominya.

2. Saran kepada bidang operasional instansi Dinas Perumahan Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup mengenai diperlukannya pemindahan lokasi pool yang cukup jauh dari TPA.
3. Kendaraan pengangkutan sampah yang sudah tidak layak pakai harus segera diganti.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggun, Y. 2014. *Optimalisasi Pengangkutan Sampah Di Kabupaten Sleman Menggunakan Metode Saving Matrix*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Anis, S. N. 2013. *Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Kota Bontang Dengan Metode Saving Heuristic (Kecamatan Bontang)*. Universitas Mulawarman.
- Byung-In Kim. 2005. *Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows*. University of Vienna, Austria.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Bojonegoro Dalam Angka 2021*. Badan Pusat Statistik, Kabupaten Bojonegoro.
- Ballou H., Ronald. 1999. *Bissiness Logistic Management*. Prentice-Hall, USA.
- Clifford, Tom. 2008. *Waste Collection Optimisation Tools for Waste Managers*. Indecon Ltd., UK.
- Dana S. A. 2021. *Analisis Operasional Angkutan Sampah Kota Pangkalpinang*. Universitas Bangka Belitung.
- Dewa, K. S. 2009. *Manajemen Pengangkutan Sampah di Kota Amlapura*. Denpasar: Universitas Udayana.
- Direktorat Jenderal Peraturan Perundang-Undangan. 2008. *Undang - undang Nomor 18 tentang Pengelolaan Sampah*.
- Direktorat Jenderal Peraturan Perundang-Undangan. 2009. *Undang - undang Nomor 32 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 1993. *Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 69 tentang Penyelenggaraan Barang Berbahaya dan Beracun*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 2004. *Surat Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor 725/AJ 302/DRJD. Tentang Penyelenggaraan Barang Berbahaya dan Beracun*. Jakarta.
- Eminugroho, Dwi, & Lestari. 2014. *Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah di Kota Yogyakarta Dengan Model Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritma Sequential Insertion*. Jurnal Ilmiah, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

- Enri, Damanhuri, Padmin. 2010. *Pengelolaan Sampah*. ITB, Bandung.
- Enri, Damanhuri. 2009. *Makalah Kebijakan Pengelolaan Sampah di Indonesia*. ITB, Bandung.
- Fisher, M.L. 1995. *Vehicle Routing in Operations Research and Management Science*, Vol.8. Amsterdam, New York, Elsevier.
- Gelbert, M . al, 1996, *Konsep Pendidikan Lingkungan Hidup*. wall chart, Buku Panduan Pendidikan Lingkungan Hidup, PPPGT/VEDC, Malang.
- Habanono, A. E. D. 2018. *Optimalisasi Jalur Pengangkutan Sampah di Kota Kupang*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Kusdarwanto, Heru. 2010. *Optimasi Rute Penerbangan untuk Penjadwalan Kalibrasi Terhadap Alat Bantu Navigasi Udara dengan Metode Algoritma Saving-Ants*. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Jhon, Walkenbach. 2013. *Exle VBA Programming For Dummier*, Wiley Publish. American.
- Joseph, Cristian. 2011. *Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Kota Makasar dengan Metode Penyelesaian Vehicle Routing Problem (VRP) Studi Kasus Kecamatan Mamajang*. Jurnal ilmiah, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Kementerian Dalam Negeri. 2010. *Peraturan Menteri Dalam Negeri no 33 tentang Pedoman Pelayanan Pengangkutan Angkutan Sampah*.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. *Peraturan Menteri PU No 03/PRT/M2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga*.
- Morlok, E. K. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga, Jakarta.
- Mossab, A. A. 2019. *Evaluasi Produktivitas Angkuran Sampah di Kecamatan Lowokwaru*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Peraturan Daerah. 2017. *Peraturan Daerah Kabupaten Bojonegoro Nomor 5 tentang Pengelolaan Sampah*.

- Slamet, Juli Soemirat. 2002. Kesehatan Lingkungan Yogyakarta: Gajah Mahda University Press.
- Tamin, O.Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. ITB, Bandung.
- Toth P, Vigo D. 2002. *An Overview of Vehicle Routing Problems*. Di dalam Toth, P et al., editor. *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: Siam. Hlm 1-26.
- Yuda, S. 2018. *Optimalisasi Rute Angkutan Sampah Dalam Upaya Menurunkan Ongkos Angkut dengan Pendekatan Algoritma Genetika (Studi Kasus : Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Subang)*. Universitas Pasundan.
- Zainuddin, Z. 2019. *Optimasi Rute Menggunakan Algoritma Greedy pada Pengangkutan Sampah di Kota Makassar*. Universitas Hasanuddin.



Tabel 2 Prasarana Sumber Sampah

NO	LOKASI SUMBER SAMPAH	ASAL SAMPAH	DOKUMENTASI
1	TPS BANJAREJO	SAMPAH JALAN PROTOKOL	
2	TPS NGROWO	SAMPAH PEMUKIMAN	
3	TPS SUMBANG	SAMPAH PEMUKIMAN	
4	TERMINAL RAJEKWESI BOJONEGORO	SAMPAH TERMINAL	

NO	LOKASI SUMBER SAMPAH	ASAL SAMPAH	DOKUMENTASI
5	TPS LEDOK	SAMPAH PEMUKIMAN	
6	TPS MAKAM KEMBAR	SAMPAH PEMUKIMAN	
7	TPS PASAR KOTA	SAMPAH PASAR	
8	TPS PACUL	SAMPAH JALAN PROTOKOL	

NO	LOKASI SUMBER SAMPAH	ASAL SAMPAH	DOKUMENTASI
9	TPS SUKOREJO	SAMPAH PEMUKIMAN	
10	TPS WISMA INDAH	SAMPAH PEMUKIMAN	
11	TPS RSUD BOJONEGORO	SAMPAH FASILITAS UMUM	
12	TPS BUYUT DALEM	SAMPAH PEMUKIMAN	

NO	LOKASI SUMBER SAMPAH	ASAL SAMPAH	DOKUMENTASI
13	TPS PASAR HEWAN	SAMPAH PASAR	
14	TPS PUMPUNGAN	SAMPAH PEMUKIMAN	
15	TPS PASAR KALITIDU	SAMPAH PASAR	
16	TPS SUMENGKO	SAMPAH PEMUKIMAN	

NO	LOKASI SUMBER SAMPAH	ASAL SAMPAH	DOKUMENTASI
17	TPS PASAR PADANGAN	SAMPAH PASAR	
18	TPS JETAK	SAMPAH PEMUKIMAN	
19	MADEAN PEMUKIMAN	SAMPAH PEMUKIMAN	
20	TPS MOJORANU	SAMPAH PEMUKIMAN	

NO	LOKASI SUMBER SAMPAH	ASAL SAMPAH	DOKUMENTASI
21	TPS NGRASEH	SAMPAH PEMUKIMAN	
22	TPS PEMANDIAN DANDER	SAMPAH FASILITAS UMUM	
23	TPS PASAR GAYAM	SAMPAH PASAR	
24	TPS BANJARSARI	SAMPAH PEMUKIMAN	

NO	LOKASI SUMBER SAMPAH	ASAL SAMPAH	DOKUMENTASI
25	TPS PASAR KEDUNGADEM	SAMPAH PASAR	
26	TPS PASAR KANOR	SAMPAH PASAR	
27	TPS PASAR SUGIHWARAS	SAMPAH PASAR	
28	TPS PASAR SROYO	SAMPAH PASAR	

NO	LOKASI SUMBER SAMPAH	ASAL SAMPAH	DOKUMENTASI
29	TPS MTS SUMBERREJO	SAMPAH FASILITAS UMUM	
30	TPS PASAR SUMBERREJO	SAMPAH PASAR	
31	TPS KALIANYAR	SAMPAH PEMUKIMAN	
32	TPS PASAR KAPAS	SAMPAH PASAR	

NO	LOKASI SUMBER SAMPAH	ASAL SAMPAH	DOKUMENTASI
33	TPS SAMBIROTO	SAMPAH PEMUKIMAN	 <p>A photograph showing a green waste bin situated under a covered structure with a corrugated metal roof and green pillars. The bin is surrounded by some scattered trash on the ground.</p>
34	TPS TANJUNGHARJO	SAMPAH PEMUKIMAN	 <p>A photograph showing a green waste bin outdoors. The bin is surrounded by a large amount of scattered trash on the ground. In the background, there is a green wall and some tropical vegetation like banana leaves.</p>

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ASRIZAL,ATD.,MT
Notar : 18.01.133	
Prodi : DIV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 27 April 2022
	Asistensi Ke- 1

No	Evaluasi	Revisi
1	Penyampaian judul dan deskripsi singkat mengenai proposal skripsi melalui <i>whatsapp grup</i> dosen pembimbing.	Menyampaikan judul proposal beserta deskripsi singkat terkait alasan pengambilan judul tersebut.

Dosen Pembimbing,

(Asrizal, ATD., MT)

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



**PTDI - STTD**  
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA

## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ASRIZAL,ATD.,MT
Notar : 18.01.133	
Prodi : DIV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 18 Mei 2022
	Asistensi Ke- 2

No	Evaluasi	Revisi
1	Melakukan bimbingan terkait rencana paparan proposal skripsi melalui <i>whatsapp grup</i> dosen pembimbing.	Mengikuti arahan dari dosen pembimbing utama untuk melaksanakan koordinasi dan bimbingan kepada dosen pembimbing pendamping.

Dosen Pembimbing,

(Asrizal, ATD., MT)

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



**PTDI - STTD**  
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA

## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ASRIZAL,ATD.,MT
Notar : 18.01.133	
Prodi : DIV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 27 Mei 2022
	Asistensi Ke- 3

No	Evaluasi	Revisi
1	Penambahan bagan alir pada bab teknik analisis data.	Membuat bagan alir penelitian yang disesuaikan dengan teknik analisis data pada penelitian yang dikaji untuk memberikan penjelasan secara runtut dalam langkah yang diambil pada penyusunan penelitian.

Dosen Pembimbing,

(Asrizal, ATD., MT)

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ASRIZAL,ATD.,MT
Notar : 18.01.133	
Prodi : DIV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 23 Juni 2022
	Asistensi Ke- 4

No	Evaluasi	Revisi
1	Penambahan gambar prasarana eksisting terkait dengan titik lokasi timbunan sampah.	Menambahkan gambar prasarana eksisting terkait dengan titik lokasi timbunan sampah.

Dosen Pembimbing,

(Asrizal, ATD., MT)

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ASRIZAL,ATD.,MT
Notar : 18.01.133	
Prodi : DIV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 24 Juni 2022
	Asistensi Ke- 5

No	Evaluasi	Revisi
1	Pencantuman sumber yang sebaiknya digunakan atau tidak.	Penghapusan penulisan sumber yang sebaiknya tidak dicantumkan.

Dosen Pembimbing,

(Asrizal, ATD., MT)

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ASRIZAL,ATD.,MT
Notar : 18.01.133	
Prodi : DIV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 27 Juni 2022
	Asistensi Ke- 6

No	Evaluasi	Revisi
1	Dalam metode vehicle routing ditambahkan rumus dalam mencari timbunan sampah per jiwa setiap harinya.	Penambahan rumus dalam mencari timbunan sampah per jiwa setiap harinya.

Dosen Pembimbing,

(Asrizal, ATD., MT)

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ASRIZAL,ATD.,MT
Notar : 18.01.133	
Prodi : DIV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 13 Juli 2022
	Asistensi Ke- 7

No	Evaluasi	Revisi
1	Penambahan saran sesuai dengan kondisi eksisting.	Menambahkan saran sesuai dengan arahan arahan dari dosen pembimbing utama.

Dosen Pembimbing,

(Asrizal, ATD., MT)

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



**PTDI - STTD**  
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA

## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ASRIZAL,ATD.,MT
Notar : 18.01.133	
Prodi : DIV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 15 Juli 2022
	Asistensi Ke- 8

No	Evaluasi	Revisi
1	Melakukan bimbingan terkait rencana paparan skripsi.	Mengikuti arahan dari dosen pembimbing utama untuk melaksanakan koordinasi dan bimbingan kepada dosen pembimbing pendamping.

Dosen Pembimbing,

(Asrizal, ATD., MT)

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ASRIZAL,ATD.,MT
Notar : 18.01.133	
Prodi : DIV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 16 Juli 2022
	Asistensi Ke- 9

No	Evaluasi	Revisi
1	Mengirimkan paparan skripsi untuk mendapatkan persetujuan terkait pengumpulan draft dan pelaksanaan sidang akhir. Meminta Persetujuan Dosen Pembimbing untuk melanjutkan ke tahap Sidang Akhir.	Melakukan pelengkapan data yang kurang. Mendapatkan persetujuan dari Dosen Pembimbing terkait pelaksanaan sidang akhir.

Dosen Pembimbing,

(Asrizal, ATD., MT)



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ELI JUMAELI, M.TI
Notar : 18.01.133	
Prodi : D IV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 09 Mei 2022
	Asistensi Ke-1

No	Evaluasi	Revisi
1	Latar belakang diperjelas dan dikerucutkan lagi, langsung ke inti pembahasan	Disesuaikan dengan kondisi yang terjadi di wilayah kajian dan inti permasalahannya
2	Alur fikir diperjelas lagi, bagan/paragraf?	Alur fikir menjadi bagan kerangka pemikiran
3	Kajian pustaka diceritakan saja	Mengubahnya menjadi paragraf yang saling terhubung

Dosen Pembimbing,

ELI JUMAELI, M.TI



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ELI JUMAELI, M.TI
Notar : 18.01.133	
Prodi : D IV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 18 Mei 2022
	Asistensi Ke-2

No	Evaluasi	Revisi
1	Latar belakang dikerucutkan langsung ke inti pembahasan, data yang didapatkan mengenai angkutan sampah dimasukkan saja	Memasukkan data mengenai angkutan sampah di Kabupaten Bojonegoro ke dalam latar belakang agar lebih memperjelas permasalahan yang dihadapi
2	Kerangka pemikiran lebih diperjelas lagi	Kerangka pemikiran diubah menjadi lebih dikerucutkan dan diperjelas
3	Identifikasi masalah belum jelas berada dilatar belakang	Mengemukakan identifikasi masalah dengan dinyatakan atau dinarasikan dalam latar belakang
4	Kajian Pustaka dibuat per sub-sub bab	Mengklasifikasikan kajian pustaka sesuai dengan urutan permasalahan yang dibahas

Dosen Pembimbing,

ELI JUMAELI, M.TI

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ELI JUMAELI, M.TI
Notar : 18.01.133	
Prodi : D IV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 26 Mei 2022
	Asistensi Ke-3

No	Evaluasi	Revisi
1	Kerangka pemikiran lebih diperjelas lagi	Kerangka pemikiran diubah menjadi lebih dikerucutkan agar memperjelas langkah yang diambil dalam melakukan penelitian
2	Daftar pustaka sesuai dengan sistematika penulisan	Sistematika penulisan daftar pustaka sesuai dengan Pedoman Tugas Akhir dan Jurnal Ilmiah 2022
3	Teknik analisis tidak runtut	Merapikan teknik analisis sesuai dengan urutan permasalahan yang dibahas

Dosen Pembimbing,

ELI JUMAELI, M.TI

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ELI JUMAELI, M.TI
Notar : 18.01.133	
Prodi : D IV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 23 Juni 2022
	Asistensi Ke-4

No	Evaluasi	Revisi
1	Teknik analisis tidak runtut	Merapikan teknik analisis sesuai dengan urutan permasalahan yang dibahas

Dosen Pembimbing,



ELI JUMAELI, M.TI

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ELI JUMAELI, M.TI
Notar : 18.01.133	
Prodi : D IV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 24 Juni 2022
	Asistensi Ke-5

No	Evaluasi	Revisi
1	Penulisan sumber tidak sesuai pedoman dan tidak ada tahun	Memperbaiki penulisan sumber sesuai dengan Pedoman Tugas Akhir dan Jurnal Ilmiah 2022 serta menambahkan tahun dibuatnya

Dosen Pembimbing,

ELI JUMAELI, M.TI

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ELI JUMAELI, M.TI
Notar : 18.01.133	
Prodi : D IV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 27 Juni 2022
	Asistensi Ke-6

No	Evaluasi	Revisi
1	Teknik analisisnya lebih diperjelas lagi	Kerangka pemikiran diubah menjadi lebih dikerucutkan dan diperjelas

Dosen Pembimbing,

ELI JUMAELI, M.TI

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ELI JUMAELI, M.TI
Notar : 18.01.133	
Prodi : D IV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 15 Juli 2022
	Asistensi Ke-7

No	Evaluasi	Revisi
1	Daftar pustaka sesuai dengan sistematika penulisan	Sistematika penulisan daftar pustaka sesuai dengan Pedoman Tugas Akhir dan Jurnal Ilmiah 2022

Dosen Pembimbing,



ELI JUMAELI, M.TI

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ELI JUMAELI, M.TI
Notar : 18.01.133	
Prodi : D IV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 16 Juli 2022
	Asistensi Ke-8

No	Evaluasi	Revisi
1	Penulisan kata atau nama instansi yang terkait masih banyak yang tidak sesuai	Memperbaiki penulisan kata atau nama instansi yang terkait sesuai dengan KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia)

Dosen Pembimbing,

ELI JUMAELI, M.TI

# POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA – STTD



## KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Ismy Annisa Anggraeni	Dosen Pembimbing : ELI JUMAELI, M.TI
Notar : 18.01.133	
Prodi : D IV Transportasi Darat	
Judul Skripsi : Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Domestik di Kabupaten Bojonegoro	Tanggal Asistensi : 17 Juli 2022
	Asistensi Ke-9

No	Evaluasi	Revisi
1	Format penulisan sub judul dan sub-sub bab tidak sesuai dengan pedoman	Memperbaiki penulisan sub judul dan sub-sub bab yang sesuai dengan Pedoman Tugas Akhir dan Jurnal Ilmiah 2022

Dosen Pembimbing,

ELI JUMAELI, M.TI