

**OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH MENGGUNAKAN
METODE *SAVING MATRIX***

(Studi Kasus di TPST RDF Jeruklegi Cilacap)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik (S.T)

pada

Program Studi Teknik Lingkungan



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh

FANDI AKHMAD

NIM.H05218009

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Fandi Akhmad

NIM : H05218009

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiasi dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul “Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Menggunakan Metode Saving Matriks (Studi Kasus TPST RDF Jeruk Legi Cilacap)”. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian yang saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 24 Oktober 2022



(Fandi Akhmad)

NIM. H05218009

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Dokumen Proposal Tugas Akhir Oleh:

Nama : Fandi Akhmad

Nim : H05218009

Judul : Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Menggunakan Metode Saving
Matriks (Studi Kasus : TPST RDF Jeruk Legi Cilacap)

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 14 Oktober 2022

Dosen Pembimbing I



Yusrianti, M.T

NIP : 198210222014032001

Dosen Pembimbing II



Shinfu Wazna Auvaria, M.T

NIP : 198603282015032001

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Fandi Akhmad ini telah dipertahankan
di depan tim penguji tugas akhir
Di Surabaya, 24 Oktober 2022

Mengesahkan,
Dewan Penguji

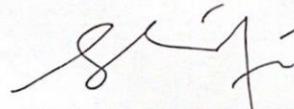
Dosen Penguji I



Yusrianti, M.T

NIP : 198210222014032001

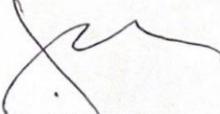
Dosen Penguji II



Shini Wazna Auvaria, M.T

NIP : 198603282015032001

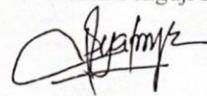
Dosen Penguji III



Arsoyi Pribadi, M.Eng

NIP : 198701032014031001

Dosen Penguji IV



Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T

NIP : 198503222014032003

Mengetahui,

Dehan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



Agung Hamdani, M. Pd

NIP : 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : FANDI AKHMAD
NIM : H05218009
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : fandi.akh27@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

**OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH MENGGUNAKAN METODE
SAVING MATRIKS (STUDI KASUS DI TPST RDF JERUK LEGI CILACAP)**

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 1 November 2022

Penulis

(Fandi Akhmad)

ABSTRAK

OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH MENGGUNAKAN METODE *SAVING MATRIX*

(Studi Kasus TPST RDF Jeruklegi Cilacap)

Tercatat timbulan sampah Kabupaten Cilacap pada tahun 2017 mencapai 312,902 ton dan memiliki presentase pengelolaan sistem kota sebesar 67,43%. Salah satu upaya peningkatan pelayanan sampah adalah ditinjau dari segi pengangkutan sampah. Transportasi sampah merupakan sub-sistem yang membawa sampah menuju tempat pemrosesan akhir yang masih menjadi masalah dan harus diperhatikan karena berhubungan dengan aspek biaya, waktu dan tenaga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui optimalisasi rute pengangkutan sampah di TPST RDF Cilacap menggunakan metode *saving matrix* dan untuk mengetahui efisiensi jarak dan biaya operasional dari perbandingan rute eksisting dengan rute perencanaan. Metode *saving matrix* dipilih untuk perencanaan optimalisasi menentukan rute pengangkutan dari titik pengumpulan menuju ke TPST RDF berdasarkan volume kendaraan yang maksimal. Langkah-langkah metode *saving matrix* dimulai dari mengidentifikasi matrix jarak, menentukan matrix penghematan, dan mengalokasikan rute. Data yang dibutuhkan berupa data primer diantaranya jarak pengangkutan, rute eksisting, dan koordinat TPS sedangkan data sekunder diantaranya jumlah dan volume TPS, jumlah armada pengangkut dan jadwal pengangkutan. Hasil penelitian ini menunjukkan metode *saving matrix* dapat menghemat jarak tempuh yang semula 189,05 km/hari menjadi 181,32 km/hari sehingga dapat menghemat 7,73 km/hari dan dapat menghemat pengeluaran biaya bahan bakar sebesar Rp. 136.666 per bulan atau sebesar 4% dari total biaya awal.

Kata kunci: Sampah, Rute Pengangkutan, *Saving Matrix*, TPST RDF

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF SOLID WASTE TRANSPORTATION ROUTES USING SAVING MATRIX METHOD

(Case Study at MRF of RDF Jeruklegi Cilacap)

Cilacap Regency's solid waste generation in 2017 reached 312,902 tons and has a city system management percentage of 67.43%. One of the efforts to improve solid waste services is in terms of waste transportation. Waste transportation is a sub-system that carries waste to the final processing site which is still a problem and must be considered because it relates to aspects of cost, time and energy. The purpose of this study was to determine the optimization of the waste transportation route at MRF (Material Recovery Facility) of RDF Cilacap using the saving matrix method and to determine the distance efficiency and operational costs from the comparison of the existing route with the planned route. The saving matrix method was chosen for optimization planning to determine the transportation route from the collection point to the MRF of RDF based on the maximum vehicle volume. The steps of the saving matrix method start from identifying the distance matrix, determining the saving matrix, and allocating routes. The data needed are primary data including transportation distances, existing routes, and Shelter coordinates, while secondary data include the number and shelter capacity, number of transport fleets and transportation schedules. The results of this study obtained that the saving matrix method can save mileage from 189.05 km/day to 181.32 km/day so that it can save 7.73 km/day and can save fuel costs of Rp. 136,666 per month or 4% of the total initial cost.

Keywords: Waste, Transportation Route, Saving Matrix, MRF of RDF

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------------------------------|
| LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING | Error! Bookmark not defined. |
| PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR | Error! Bookmark not defined. |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | Error! Bookmark not defined. |
| PEDOMAN TRANSLITERASI | vi |
| HALAMAN MOTTO | viii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ix |
| KATA PENGANTAR | x |
| ABSTRAK | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| DAFTAR ISI | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL | xix |
| DAFTAR LAMPIRAN | xxi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Sampah | 5 |
| 2.2 Teknik Operasional Pengelolaan Sampah | 6 |
| 2.3 Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) | 8 |
| 2.4 Pengangkutan Sampah | 10 |
| 2.4.1 Hauled Container System (HCS) | 12 |
| 2.4.2 Stationary Container System (SCS) | 16 |
| 2.5 Kendaraan Pengangkut Sampah | 18 |
| 2.6 Metode Saving Matrix | 19 |
| 2.7 Integerasi Keislaman | 22 |
| 2.8 Penelitian Terdahulu | 25 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 29 |

| | | |
|--|--|------------|
| 3.1 | Lokasi Penelitian | 29 |
| 3.2 | Waktu Penelitian | 29 |
| 3.3 | Tahapan Penelitian | 32 |
| 3.3.1 | Kerangka Pikir | 32 |
| 3.3.2 | Tahap Penelitian..... | 33 |
| 3.4 | Pengumpulan Data | 34 |
| 3.5 | Metode Penelitian..... | 35 |
| 3.6 | Tahapan Analisa Data | 37 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 39 |
| 4.1 | Pengangkutan Sampah Eksisting Kabupaten Cilacap | 39 |
| 4.1.1 | Sarana Pengangkutan Sampah | 39 |
| 4.1.2 | Operasional dan Maintenance Kendaraan Pengangkut Sampah..... | 40 |
| 4.1.3 | Mekanisme Pengangkutan Sampah..... | 41 |
| 4.1.4 | Data TPS | 43 |
| 4.1.5 | Jarak antar TPS | 48 |
| 4.1.6 | Rute pengangkutan sampah..... | 52 |
| 4.2 | Penerapan Saving Matrix | 53 |
| 4.2.1 | Rute A dan B..... | 53 |
| 4.2.2 | Rute C dan D..... | 80 |
| 4.2.3 | Rute E, F dan G..... | 91 |
| 4.3 | Perbandingan efisiensi rute eksisting dan perencanaan..... | 94 |
| 4.3.1 | Perbandingan Jarak | 94 |
| 4.3.2 | Perbandingan Biaya Pengangkutan Berdasarkan Penggunaan BBM 98 | |
| BAB V PENUTUP | | 102 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 102 |
| 5.2 | Saran | 103 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 104 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|---------------|
| Gambar 2. 1 Diagram Teknik Operasional Pengelolaan Persampahan | Error! |
| Bookmark not defined. | |
| Gambar 2. 2 HCS Pola Pertama | 14 |
| Gambar 2. 3 HCS Pola Kedua | 15 |
| Gambar 2. 4 HCS Pola Ketiga..... | 16 |
| Gambar 2. 5 Pola Pengangkutan SCS secara manual..... | 17 |
| Gambar 3. 1 Peta Kabupaten Cilacap | 30 |
| Gambar 3. 2 Peta Lokasi TPST RDF Cilacap | 31 |
| Gambar 3. 5 Tahap Penelitian | 33 |
| Gambar 3. 6 Langkah-langkan metode saving matrix..... | 36 |
| Gambar 4. 1 Rute Pengangkutan R 8065 XB (1)..... | 56 |
| Gambar 4. 2 Rute Pengangkutan R 8065 XB (2)..... | 57 |
| Gambar 4. 3 Rute Pengangkutan R 9542 AK (1)..... | 58 |
| Gambar 4. 4 Rute Pengangkutan R 9542 AK (2)..... | 59 |
| Gambar 4. 5 Rute Pengangkutan R 8058 XB (1)..... | 60 |
| Gambar 4. 6 Rute Pengangkutan R 8058 XB (2)..... | 61 |
| Gambar 4. 7 Rute Pengangkutan R 9549 AB (1)..... | 62 |
| Gambar 4. 8 Rute Pengangkutan R 9549 AB (2)..... | 63 |
| Gambar 4. 9 Rute Pengangkutan R 8059 XB Ritase 1 | 64 |
| Gambar 4. 10 Rute Pengangkutan R 8059 XB Ritase 2 | 65 |
| Gambar 4. 11 Rute Pengangkutan R 8059 XB Ritase 3 | 66 |
| Gambar 4. 12 Perencanaan Rute Pengangkutan A (1)..... | 80 |
| Gambar 4. 13 Perencanaan Rute Pengangkutan A (2)..... | 81 |
| Gambar 4. 14 Perencanaan Rute Pengangkutan B (1) | 82 |
| Gambar 4. 15 Perencanaan Rute Pengangkutan B (2) | 83 |
| Gambar 4. 16 Perencanaan Rute Pengangkutan C (1) | 92 |
| Gambar 4. 17 Perencanaan Rute Pengangkutan C (2) | 93 |
| Gambar 4. 18 Perencanaan Rute Pengangkutan D (1)..... | 94 |
| Gambar 4. 19 Perencanaan Rute Pengangkutan D (2)..... | 95 |
| Gambar 4. 20 Perencanaan Rute Pengangkutan E | 100 |

Gambar 4. 21 Perencanaan Rute Pengangkutan F101
Gambar 4. 22 Perencanaan Rute Pengangkutan G.....102



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 2. 1 Pola Pengangkutan Sampah sistem transfer depo..... | 14 |
| Tabel 2. 2 Tabel Penelitian Terdahulu | 27 |
| Tabel 3. 2 Data Primer Penelitian | 36 |
| Tabel 3. 3 Data Sekunder Penelitian | 37 |
| Tabel 4. 1 Tabel Sarana Pengangkutan Sampah Kabupaten Cilacap..... | 41 |
| Tabel 4. 2 Kendaraan Armroll Truk DLH Cilacap | 44 |
| Tabel 4. 3 Kendaraan Dump Truk DLH Cilacap | 45 |
| Tabel 4. 4 Data Lokasi Pelayanan TPS dan Pembagian Pelayanan Berdasarkan Truk..... | 46 |
| Tabel 4. 5 Volume Timbulan Sampah TPS Rata-rata Perhari | 47 |
| Tabel 4. 6 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 8065 XB (Km) | 50 |
| Tabel 4. 7 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 9542 AK (Km) | 51 |
| Tabel 4. 8 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 8058 XB (Km) | 52 |
| Tabel 4. 9 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 9549 AB (Km) | 53 |
| Tabel 4. 10 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 8059 XB (Km) Ritase Pertama .53 | |
| Tabel 4. 11 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 8059 XB (Km) Ritase Kedua53 | |
| Tabel 4. 12 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 8059 XB (Km) Ritase Ketiga....54 | |
| Tabel 4. 13 Rute Eksisting Pengangkutan Sampah Kabupaten Cilacap | 54 |
| Tabel 4. 14 Matrix Jarak A dan B | 68 |
| Tabel 4. 15 Saving Matrix Rute A dan B | 70 |
| Tabel 4. 16 Rute Perencanaan A dan B..... | 79 |
| Tabel 4. 17 Matrix Jarak C dan D | 85 |
| Tabel 4. 18 Saving Matrix Rute C dan D..... | 87 |
| Tabel 4. 19 Rute Perencanaan C dan D..... | 91 |
| Tabel 4. 20 Matrix Jarak E,F dan G | 96 |
| Tabel 4. 21 Saving Matrix Rute E,F dan G..... | 97 |
| Tabel 4. 22 Rute Perencanaan E, F dan G..... | 98 |
| Tabel 4. 23 Perbandingan Jarak Tempuh..... | 103 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 4. 24 Perbandingan Jarak Tempuh Per Bulan | 104 |
| Tabel 4. 25 Perbandingan Penggunaan BBM Per Bulan | 105 |
| Tabel 4. 26 Perbandingan Biaya BBM Per Bulan | 106 |



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---------------------------|-------|
| LAMPIRAN | I-1 |
| 1. Lampiran Dokumen | I-1 |
| 2. Dokumentasi | II-1 |
| 3. Perhitungan | III-1 |



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu *Refused Derived Fuel* (TPST RDF) Cilacap yang berlokasi di dalam area Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Jeruklegi Cilacap telah mulai beroperasi sejak tahun 2020. Tercatat timbulan sampah Kabupaten Cilacap pada tahun 2017 mencapai 312,902 ton dan memiliki presentase pengelolaan sistem kota sebesar 67,43 % dan masih belum memenuhi target Jakstrada di tahun 2025 hingga mencapai 70% (Peraturan Bupati Cilacap, 2018). Pada saat ini, keberadaan TPST RDF Cilacap menjadi solusi bagi penanganan sampah di Kabupaten Cilacap. Sampah perkotaan akan diolah menjadi produk RDF untuk dijadikan bahan bakar alternatif pada produksi semen di PT. SBI (Solusi Bangun Indonesia). Terhitung pada bulan Januari 2021, TPST RDF mengalami peningkatan produksi sampah yang semula hanya 120 ton per hari menjadi 140 ton setiap hari dan akan direncanakan hingga mencapai 200 ton perhari (Darmawan, 2021).

Selama kurun tahun 2010-2020 pertumbuhan penduduk Kabupaten Cilacap mengalami kenaikan 1,65 % dengan rasio jenis kelamin laki-laki dan perempuan adalah 101,8. Kepadatan penduduk di Kabupaten Cilacap pada tahun 2020 mencapai 909 jiwa/km² (BPS Kabupaten Cilacap, 2021). Kenaikan jumlah penduduk tersebut akan mengakibatkan kenaikan jumlah timbulan sampah setiap harinya di Kabupaten Cilacap, sehingga pelayanan sampah rumah tangga perlu di tingkatkan.

Salah satu upaya peningkatan pelayanan sampah adalah ditinjau dari segi pengangkutan sampah. Perbaikan sistem pengangkutan sampah merupakan hal yang terpenting dalam merencanakan rute dan jadwal pengangkutan sampah agar lebih efisien. Jarak perjalanan armada pengangkutan ditentukan berdasarkan pemilihan rute kendaraan. Dengan baiknya pelayanan dan pemilihan rute yang optimum dapat mengurangi resiko yang tidak diinginkan dari pencemaran lingkungan karena pengangkutan sampah (Ridha *et al.*, 2016).

Transportasi sampah merupakan sub-sistem yang membawa sampah menuju tempat pemrosesan akhir yang masih menjadi masalah dan harus diperhatikan karena berhubungan dengan aspek biaya, waktu dan tenaga. Oleh karena itu dilakukan optimalisasi pada penelitian ini dengan harapan pengangkutan sampah di TPST RDF Cilacap menjadi lebih efektif dan efisien. Hal ini berkaitan dengan firman Allah pada surat Al Furqan ayat 67 yang berbunyi :

وَالَّذِينَ إِذَا أَنْفَقُوا لَمْ يُسْرِفُوا وَلَمْ يَقْتُرُوا وَكَانَ بَيْنَ ذَلِكَ قَوَامًا ٦٧

Artinya : “ Dan orang-orang yang apabila membelanjakan (harta), mereka tidak berlebih-lebihan dan tidak (pula) kikir, dan adalah (pembelajaan itu) di tengah-tengah antara yang demikian (Q.S Al Furqan : 67).”

Jalur pengangkutan sampah dianggap sebagai salah satu faktor penting untuk dapat melayani pengangkutan sampah. Selain itu juga harus mempertimbangkan mengenai biaya pengangkutan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penjadwalan dan penentuan rute pengangkutan dengan tepat agar rute yang ditempuh dapat lebih efisien dari segi jarak, waktu dan biaya (Pattiasina *et al.*, 2018). Dengan keterbatasan dana dan kurang terjadwalnya proses pengangkutan di Kabupaten Cilacap sehingga proses pengangkutan sampah yang mestinya dapat memaksimalkan volume kendaraan dengan rute yang optimum masih belum dapat dilaksanakan.

Pengangkutan sampah dapat dioptimalisasi dengan cara melakukan evaluasi dan perencanaan rute pengangkutan menggunakan metode *saving matrix*. Metode ini dinilai paling efektif untuk menganalisa rute transportasi kendaraan. Keistimewaan metode *saving matrix* adalah metode ini memperhatikan jumlah kapasitas kendaraan dan volume yang akan didistribusikan (Subhan, 2021). Pada penelitian yang dilakukan oleh (Jannah, 2021) metode *saving matrix* dapat digunakan sebagai penentuan optimasi rute kendaraan pengangkut sampah di Kota Lamongan sehingga dapat mengurangi jarak tempuh yang semula 128,74 km menjadi 120,24 km sehingga dapat menghemat penggunaan bahan bakar hingga sebesar RP. 656.625 per bulan.

Metode *saving matrix* dipilih untuk perencanaan optimalisasi menentukan rute pengangkutan dari titik pengumpulan menuju ke TPST RDF berdasarkan volume kendaraan yang maksimal. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan pendekatan algoritma *nearest neighbor*. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh AlSalibi dkk (2013) metode *nearest neighbor* sangat cocok apabila diterapkan untuk kumpulan data yang kecil dimana biasanya terdapat jumlah kecil kota dan dapat menghasilkan solusi yang optimal. Dengan mempertimbangkan lokasi penelitian yang juga memiliki lingkupan yang tidak terlalu lebar, maka penggunaan algoritma *nearest neighbor* adalah metode yang paling tepat. Hasil perencanaan diharapkan dapat mengoptimalkan dari segi jarak tempuh dan biaya operasional pengangkutan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana mekanisme dan rute pengangkutan sampah eksisting di TPST RDF Cilacap?
2. Bagaimana cara menganalisis dan merencanakan optimalisasi rute pengangkutan sampah berdasarkan penerapan metode *saving matrix* di TPST RDF Cilacap?
3. Bagaimana cara menghitung dan mengetahui efisiensi jarak dan biaya operasional dari perbandingan rute eksisting dengan rute perencanaan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini diantaranya :

1. Mengetahui mekanisme dan rute pengangkutan sampah eksisting di TPST RDF Cilacap.
2. Menganalisis dan merencanakan optimalisasi rute pengangkutan sampah berdasarkan penerapan metode *saving matrix* di TPST RDF Cilacap.
3. Menghitung dan Mengetahui efisiensi jarak dan biaya operasional dari perbandingan rute eksisting dengan rute perencanaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

Menambah pengetahuan dan wawasan mengenai sistem pengangkutan sampah perkotaan yang ada di TPST RDF Cilacap. Dan dapat menganalisis dengan metode saving matrix sebagai upaya optimalisasi rute pengangkutan yang efektif dan efisien.

2. Bagi Pembaca

Menambah wawasan bagi para pembaca mengenai penerapan metode saving matrix sebagai upaya optimalisasi rute pengangkutan.

3. Bagi Instansi /Pemerintah

Hasil Studi dan penelitian yang dilakukan dapat menjadi rekomendasi bagi pemerintah Kabupaten Cilacap khususnya Dinas Lingkungan Hidup Cilacap untuk mengoptimalkan pengelolaan sampah khususnya proses pengangkutan kendaraan pengangkut sampah di TPST RDF Cilacap.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Kendaraan yang diteliti adalah *Dump Truck* dari kendaraan pengangkut sampah DLH Cilacap.
2. Rute yang diteliti yaitu daerah pelayanan TPST RDF Cilacap.
3. Optimalisasi rute yang dilakukan hanya berdasarkan jarak dan biaya bahan bakar.
4. Harga BBM menggunakan harga yang sesuai dengan harga pada saat tahun penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah merupakan material padat dari hasil aktifitas manusia setiap harinya yang sering dibuang karena sudah tidak dapat dimanfaatkan kembali. Aktivitas manusia setiap harinya dapat menimbulkan timbunan sampah yang sering dibuang karena dianggap sudah tidak berguna dan tidak diinginkan. Akan tetapi, tidak sedikit pula dari sampah-sampah tersebut digunakan kembali ataupun dimanfaatkan menjadi sumber daya untuk produksi industri atau pembangkit energi apabila dikelola dengan baik (Kreith & Tchobanoglous, 2002). Menurut UU No.18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, sampah dapat bersumber dari kegiatan penghasil sampah seperti rumah tangga, pasar, taman, penyapuan jalan, tempat komersial atau perdagangan atau tempat umum lainnya, dan kegiatan lain seperti dari industri. Sampah dapat mengandung limbah berbahaya yang biasa digolongkan menjadi sampah B3 (bahan berbahaya beracun) seperti sisa oli, baterai, sisa biosida tanaman, obat nyamuk, dsb (Damanhuri & Padmi, 2010).

Sampah di Indonesia digolongkan menjadi tiga jenis, diantaranya yaitu sampah organik, sampah anorganik dan sampah B3 (Damanhuri & Padmi, 2010).

1. Sampah Organik. Sampah organik atau sering disebut juga dengan sampah basah merupakan sampah yang berasal dari dedaunan, sisa makanan (*foodwaste*) dapat berupa buah maupun sayur, kayu, kertas dan karton, tulang, dan lain sebagainya. Sampah organik tergolong sampah yang memiliki sifat dapat terurai (*biodegradable*).
2. Sampah Anorganik. merupakan sampah yang bersumber dari bahan yang tidak dapat di uraikan, dan akan sulit di dekomposisi baik dengan cara alami maupun menggunakan mikroorganisme. Sampah anorganik tergolong dari plastik, kaleng, botol, maupun minyak bumi.
3. Sampah Berbahaya dan Beracun (B3). Sampah B3 merupakan sampah yang digolongkan sebagai sampah khusus. Sampah B3 adalah sampah yang dapat mencemarkan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Sampah ini dapat membahayakan bagi kelangsungan hidup manusia, kesehatan serta lingkungan. Sampah B3 dapat meliputi baterai, pemutih, detergen, aki, oli, dan lain-lain.

2.2 Teknik Operasional Pengelolaan Sampah

Teknik Operasional Pengelolaan Sampah menurut SNI 19-2454-2002 terdiri dari kegiatan pewadahan hingga pembuangan akhir sampah harus bersifat terpadu dengan melakukan pemilahan sejak dari sumbernya. Pengelolaan sampah dapat dilakukan dengan cara mengurangi (*reduce*), menggunakan kembali (*reuse*), mendaur ulang (*recycle*), dan melibatkan masyarakat (*participation*) dengan dilakukannya pengelolaan sampah diharapkan agar memiliki manfaat ekonomis dan ekologis (Yudiyanto *et al.*, 2019).

Terdapat dua kategori pengolahan sampah yang dapat dilakukan untuk sampah rumah tangga menurut Yudiyanto *et al* (2019) yaitu pengolahan sampah organik dan sampah non organik. Sampah organik yaitu sampah yang berasal dari makhluk hidup dan dapat terurai oleh alam, biasanya pengolahan sampah organik dapat dilakukan dengan cara didaur ulang (dikomposkan) maupun dibiarkan terurai oleh alam dengan sendirinya. Sedangkan sampah anorganik yaitu sampah yang berasal dari hasil olahan yang tidak dapat diuraikan, adapun pengolahan sampah non organik dibedakan menjadi beberapa macam diantaranya:

a. Sampah gelas

Sampah gelas dapat meliputi seperti gelas kaca, botol kaca, toples dan lain-lain. Sampah gelas dapat diolah dengan cara dihancurkan menjadi bahan baku produk baru.

b. Sampah logam

Sampah logam dapat meliputi segala jenis logam yaitu besi maupun kaleng. Sampah logam dapat diolah dengan cara dilelehkan dan dapat di jadikan sebagai bahan baku produk baru.

c. Sampah kertas

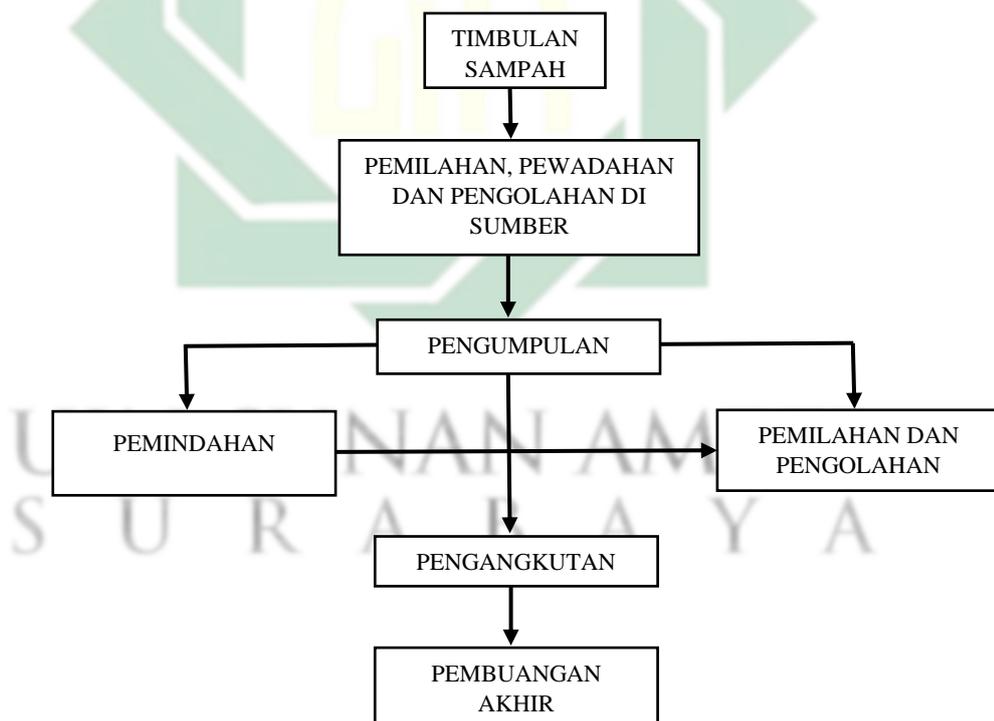
Sampah kertas dapat berupa koran, kardus, majalah dan sebagainya. Sampah ini dapat diolah dengan cara dihancurkan atau biasanya dibuat

menjadi bubur kertas terlebih dahulu sebelum dirubah menjadi kertas kembali.

d. Sampah plastik

Sampah ini dapat berupa botol plastik ataupun kemasan-kemasan yang mengandung plastik. Pengolahan sampah plastik biasanya dilakukan dengan cara dilelehkan untuk dirubah menjadi bijih plastik sehingga dapat dijadikan menjadi bahan dasar untuk membuat plastik kembali.

Teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan harus bersifat terpadu yaitu terdiri dari kegiatan pemilahan, pewadahan dan pengolahan dari sumber kemudian dilakukan pengumpulan, pengangkutan hingga pembuangan akhir. Pada proses pengumpulan, terkadang juga sampah dilakukan pemanfaatan yaitu dengan cara dipindahkan untuk dilakukan pengolahan kembali. Skema teknik operasional pengelolaan sampah dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Diagram Teknik Operasional Pengelolaan Persampahan

Sumber SNI 19-2454-2002

Menurut SNI 19-2454-2002 terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi sistem pengelolaan sampah perkotaan diantaranya sebagai berikut:

1. Kepadatan dan penyebaran penduduk
2. Karakteristik fisik lingkungan dan sosial ekonomi
3. Timbulan dan karakteristik sampah
4. Budaya sikap dan perilaku masyarakat
5. Jarak dan sumber sampah ke tempat pembuangan akhir sampah
6. Rencana tata ruang dan pengembangan kota
7. Sarana pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan akhir sampah
8. Biaya yang tersedia
9. Peraturan daerah setempat.

2.3 Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST)

Tempat pengolahan sampah terpadu atau *Material Recovery Facility* (MRF) dapat menerima material dari sumber yang tercampur maupun yang terpisah dan akan dilakukan pemisahan, pemrosesan dan penyimpanan yang digunakan sebagai bahan baku untuk remanufaktur dan pemrosesan ulang (Dubanowitz, 2000). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga, mendefinisikan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) sebagai tempat untuk melaksanakan kegiatan pengumpulan, pemilihan, penggunaan kembali, proses daur ulang, pengolahan sampah hingga pemrosesan akhir. TPST juga dapat berfungsi untuk mengolah limbah menjadi bahan baku untuk konversi biologis atau menjadi sumber bahan bakar untuk produksi energi. Studi kasus yang terjadi di TPA Jeruklegi Cilacap, terdapat TPST yang mengolah sampah perkotaan atau *municipal solid waste (MSW)* menjadi *refused derifed fuel (RDF)*. TPST RDF Cilacap memiliki kapasitas 120 ton/hari dan produk dari pengolahan sampah tersebut digunakan bahan bakar alternatif di produksi semen (Paramita *et al.*, 2018).

Teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan apabila dilihat berdasarkan SNI 19-2454-2002 adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan. Pengumpulan sampah merupakan sebuah kegiatan penanganan sampah dari pewadahan hingga dilakukan pengangkutan

menuju terminal-terminal yang sudah ditentukan baik itu pengangkutan langsung maupun tidak langsung..

2. Pemilahan. Pemilahan merupakan kegiatan memisahkan dan membedakan jenis-jenis sampah yang dilakukan dari sumbernya hingga menuju ke TPA.
3. Penggunaan Ulang. Merupakan kegiatan pemanfaatan kembali sampah yang sekiranya masih layak untuk digunakan.
4. Pendaur Ulang. Yaitu proses pengolahan sampah untuk dijadikannya produk baru.
5. Pengolahan dan Pemrosesan Akhir. Merupakan proses yang dilakukan untuk mengurangi volume sampah dan/atau mengubah suatu bentuk sampah agar menjadi lebih bernilai seperti dilakukannya pengomposan, pengeringan, pemadatan, penghancuran, pembakaran dan pendaur ulangan sampah.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 03 tahun 2013 juga mendefinisikan TPST sebagai tempat pelaksanaan kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendaur ulangan, pengolahan dan pemrosesan akhir. Salah satu syarat yang harus di penuhi untuk TPST yaitu sebagai berikut :

1. TPST memiliki luas kurang lebih dari 20.000 m²
2. Penempatan TPST berada di dalam kota dan/atau di TPA yang berjarak minimal 500 m dari pemukiman.
3. TPST dilengkapi dengan fasilitas pendukungnya seperti ruang pemilahan, instalasi pengolahan sampah, pengendalian pencemaran lingkungan, penanganan residu, dan zona penyangga serta fasilitas penunjang lainnya.

Suatu TPST mempunyai fungsi sebagai tempat untuk pemulihan sampah, pengumpulan, pemilahan, daur ulang, konversi, hingga sampai ke pemrosesan akhir. Fasilitas pengolahan sampah terpadu (TPST) memiliki elemen umum yaitu *material recovery facility* (MRF). Fungsi utama dari MRF yaitu mengambil sampah perkotaan (*Municipal Solid Waste*) dan memisahkannya menjadi komponen pada umumnya yaitu sampah yang dapat

didaur ulang dan sampah residu. Hal tersebut lebih mudah di terapkan di Indonesia karena tidak membutuhkan biaya dan upah tenaga kerja juga lebih rendah (KSDM, 2015).

2.4 Pengangkutan Sampah

Pengangkutan sampah apabila di definisikan sesuai dengan Undang-Undang No 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, merupakan suatu bentuk kegiatan membawa sampah dari sumber dan/atau dari tempat penampungan sampah sementara yaitu TPS atau dari tempat pengolahan sampah terpadu menuju ke tempat pemrosesan akhir (TPA). Pengangkutan sampah dapat dipengaruhi oleh waktu tempuh, pola pengangkutan, jenis kendaraan pengangkut, frekuensi pengangkutan dan tingkat suatu pelayanan (Maryono & Wahyudi, 2007). Keefektifan pengelolaan sampah dapat dilakukan dengan cara melakukan optimalisasi dari segi pengangkutan sampah.

Rute Pengangkutan Sampah merupakan jarak atau arah yang ditempuh oleh kendaraan pengangkut sampah. Pada umumnya, tata letak pengumpulan melewati serangkaian uji coba. Belum ada aturan yang baku yang dapat diterapkan pada semua situasi sehingga perutean kendaraan tetap menjadi proses heuristik (Kreith & Tchobanoglous, 2002).

Terdapat pedoman heuristik yang perlu dipertimbangkan pada saat mengatur rute menurut Keith & Tchobanoglous (2002) yaitu:

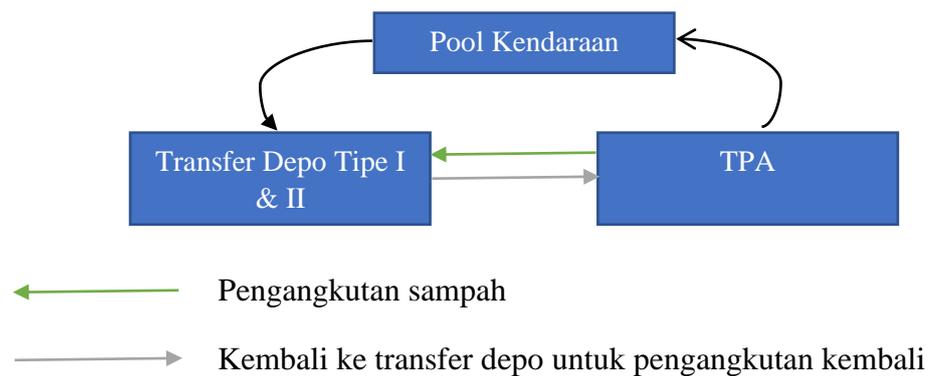
1. Kebijakan dan peraturan yang memiliki kaitannya dengan pengumpulan dan frekuensi pengumpulan yang perlu diidentifikasi.
2. Kondisi eksisting yang ada seperti ukuran dan jenis kendaraan.
3. Sebisa mungkin rute harus ditata sedemikian rupa sehingga mulai dan berakhir di dekat jalan arteri, menggunakan penghalang topografi dan fisis sebagai batas rute
4. Di daerah berbukit, rute harus dimulai dari atas tanjakan dan terus menurun saat kendaraan di muat.
5. Rute harus diatur sehingga wadah yang dikumpulkan paling terakhir terletak dengan lokasi pembuangan.

6. Sampah yang berada di lokasi padat lalu lintas harus dikumpulkan sedini mungkin.
7. Sumber dimana jumlah sampah yang sangat besar dihasilkan harus dilayani selama paruh pertama pada hari itu.
8. Sampah yang tersebar di beberapa tempat penampungan sementara yang memiliki volume sedikit disarankan untuk diangkut dengan satu trip pada saat hari itu juga.

Terdapat beberapa pola pengangkutan sampah yang dapat dilakukan yang telah diatur. SNI 19-2454-2002 menerangkan pola pengangkutan sampah sebagai berikut:

1. Pola pengangkutan sampah *door to door* (sistem pengumpulan individual Langsung). Yaitu kegiatan pengambilan sampah dari rumah ke rumah (*door to door*) dan diangkut secara langsung menuju ke tempat pembuangan akhir tanpa adanya kegiatan pemindahan terlebih dahulu. Pola pengangkutan sampah tersebut dijelaskan sebagai berikut :
 - a. Kendaraan dari pool menuju ke titik sumber yang pertama untuk mengambil sampah.
 - b. Selanjutnya kendaraan mengambil sampah pada titik-titik sumber berikutnya, hingga volume kendaraan terpenuhi.
 - c. Selanjutnya sampah diangkut ke tempat pemrosesan akhir.
 - d. Setelah *unloading* di TPA, kendaraan tersebut menuju ke lokasi sumber sampah yang berikutnya, hal tersebut terus dilakukan sampai ritase terpenuhi.
2. Pola Pengangkutan sampah dengan sistem pemindahan di transfer depo.

Pada sistem ini kendaraan pengangkut sampah dari pool langsung menuju ke lokasi pemindahan di transfer depo untuk mengangkut sampah menuju ke TPA. Dari TPA kendaraan tersebut ke transfer depo untuk pengambilan pada rit berikutnya. Adapun pengangkutan dengan sampah dengan sistem transfer depo dijelaskan pada **Gambar 2.2.**



Gambar 2. 2 Pola Pengumpulann Sampah sistem transfer depo I & II

Sumber : SNI 19-2454-2002

Pengangkutan sampah menggunakan sistem pemindahan transfer depo dapat dilakukan dengan menggunakan *Hauled Container System* atau HCS maupun *Stationary Container System* atau SCS.

2.4.1 Hauled Container System (HCS)

HCS merupakan sistem pengumpulan dimana kontainer yang digunakan untuk penyimpanan limbah diangkut ke TPS atau TPST, tempat pembuangan, dikosongkan, dan dikembalikan ke lokasi semula atau lokasi yang lain (Kreith & Tchobanoglous, 2002). Sedangkan menurut Burhamtoro (2012) Sistem kontainer angkat (HCS) adalah sistem pengumpulan sampah dimana kontainer sampah dengan isinya diangkut ke tempat pembuangan, dikosongkan dan kemudian dikembalikan ke lokasi semula atau ke lokasi pengumpulan sampah berikutnya. Sistem HCS idealnya cocok untuk pembuangan limbah dari sumber dimana tingkat produksinya tinggi karena kontainer yang digunakan relatif besar. Penggunaan kontainer yang besar dapat mempercepat penanganan sampah sekaligus mengurangi pemandangan yang terlihat buruk karena banyaknya kontainer yang kecil. Keuntungan lainnya dari sistem HCS adalah fleksibilitasnya wadah dengan berbagai ukuran dan bentuk sehingga tersedia untuk semua jenis limbah (Kreith & Tchobanoglous, 2002).

Penggunaan kontainer dalam sistem HCS biasanya harus diisi secara manual. Kontainer yang digunakan sering kali menyebabkan

penggunaan volume yang rendah kecuali apabila ada alat bantu pemuatan. Dalam hal ini, pemanfaatan kontainer didefinisikan sebagai bagian dari total volume kontainer yang benar-benar diisi oleh sampah. Dalam hal ekonomi, yang dapat diperhatikan dalam sistem ini yaitu limbah yang kompresibel akan sangat berpengaruh terhadap volume kontainer sendiri dalam hal pengangkutan (Kreith & Tchobanoglous, 2002).

Berdasarkan SNI 19-2454-2002 *Hauled Container System* (HCS) atau Sistem Kontainer Angkat memiliki tiga pola pengangkutan, yaitu:

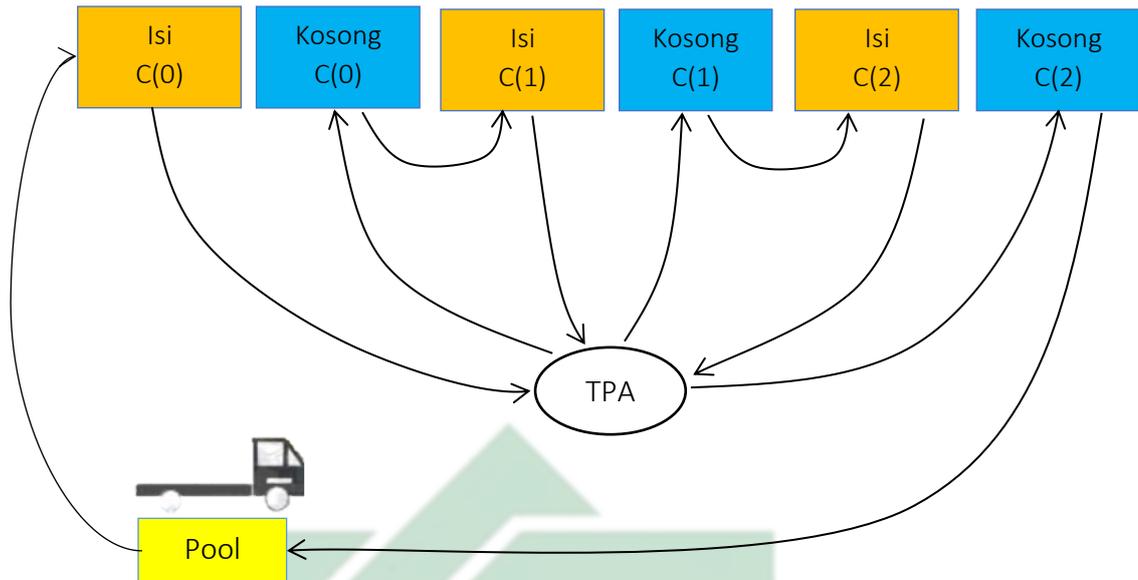
1. HCS Pola pertama

Sistem HCS pola pertama dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Kendaraan dari pool menuju bak kontainer isi pertama untuk mengangkut sampah menuju ke TPA.
- b. Kemudian kendaraan dengan kontainer kosong menaruh kembali ke tempat semula.
- c. Selanjutnya kendaraan pengangkut sampah menuju ke kontainer isi berikutnya untuk diangkut menuju ke TPA
- d. Kendaraan dengan kontainer kosong kembali ke tempat semula untuk menaruh kontainer kosong.
- e. Demikian seterusnya hingga trip akhir.

Berdasarkan penjelasan diatas, pola pengangkutan *Hauled Container System* tipe pertama dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 2. 3 HCS Pola Pertama

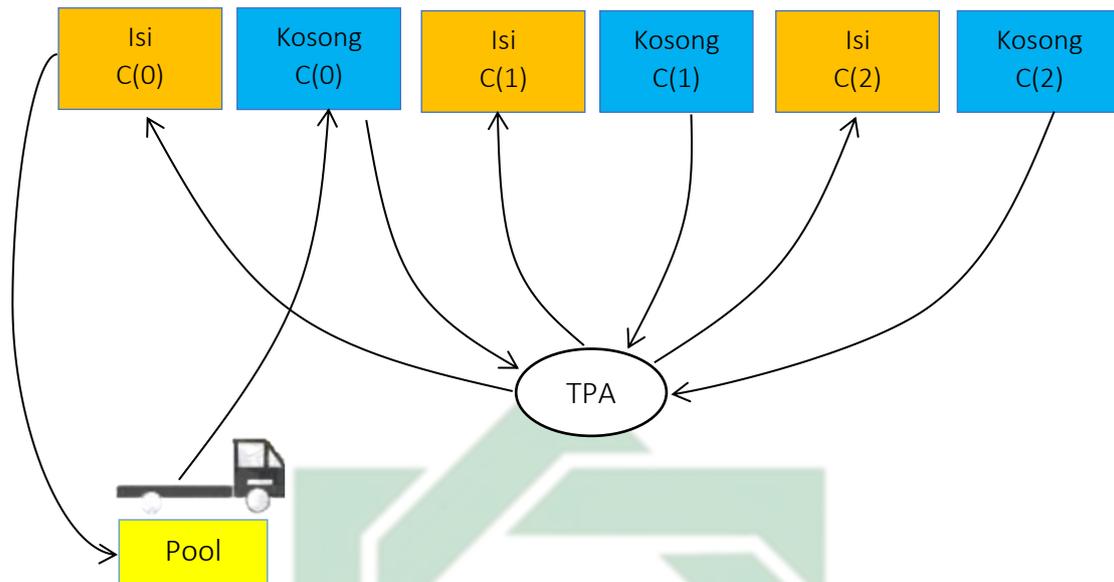
Sumber : SNI 19-2454-2002

2. HCS Pola Kedua

Proses pengangkutan sampah dengan sistem HCS pola kedua adalah sebagai berikut:

- a. Kendaraan berangkat dari pool ke lokasi kontainer pertama untuk mengangkut sampah dan dibawa ke TPA.
- b. Kemudian kendaraan setelah unloading di TPA menuju ke lokasi kontainer dua dengan kontainer kosong, lalu membawa menukar kontainer kosong dengan kontainer isi untuk dibawa ke TPA kembali.
- c. Demikian seterusnya sampai kontainer terakhir
- d. Pada kontainer yang terakhir, kendaraan dengan kontainer kosong dari TPA menuju ke tempat awal mula kontainer pertama di angkut untuk menurunkan kontainer kosong. Selanjutnya kendaraan dengan tanpa kontainer kembali ke pool.

Berdasarkan penjelasan diatas, pola pengangkutan *Hauled Container System* tipe kedua dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2. 4 HCS Pola Kedua

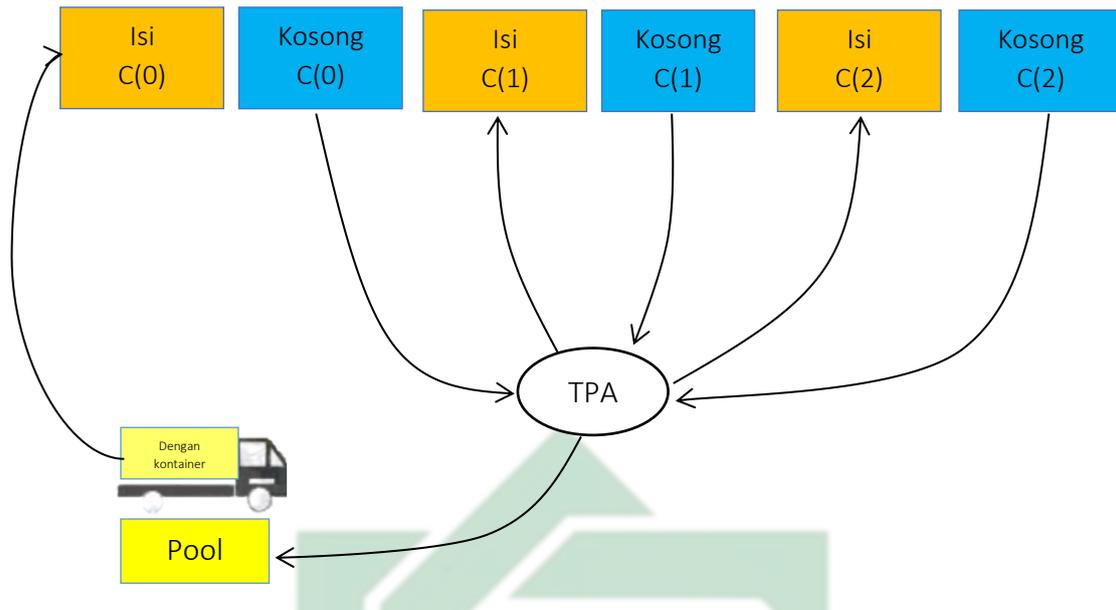
Sumber : SNI 19-2454-2002

3. HCS Pola Ketiga

Proses pengangkutan sampah dengan sistem HCS pola ke tiga adalah sebagai berikut:

- a. Kendaraan berangkat dari pool dengan kontainer kosong menuju ke tempat kontainer isi pertama dan mengganti kontainer kosong dengan kontainer isi yang selanjutnya dibawa menuju ke TPA.
- b. Kendaraan setelah unloading dari TPA menuju ke kontainer sampah isi berikutnya.
- c. Begitu seterusnya sampai kontainer yang terakhir.

Berdasarkan penjelasan diatas, pola pengangkutan *Hauled Container System* tipe ketiga dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2. 5 HCS Pola Ketiga

Sumber : SNI 19-2454-2002

2.4.2 Stationary Container System (SCS)

Stationary Container System (SCS) menggunakan wadah yang digunakan untuk penyimpanan limbah dengan sistem tetap yang berada di titik timbulan kecuali apabila di pindahkan titiknya untuk dikosongkan. Sistem ini dapat digunakan untuk semua pengumpulan jenis sampah. Sistem bervariasi sesuai dengan jenis dan kualitas limbah yang akan ditangani serta jumlah titik timbulan (Kreith & Tchobanoglous, 2002). Sistem SCS biasanya digunakan untuk pola pengangkutan dimana kendaraan memiliki kontainer kecil atau memiliki jenis alat angkut *dump truk*. Sistem SCS yaitu sistem pengangkutan dengan kontainer yang digunakan untuk pengangkutan sampah bersifat tetap / permanen, yaitu tidak dapat dipindah lokasikan kecuali pada saat proses *unloading* (Supit *et al.*, 2015).

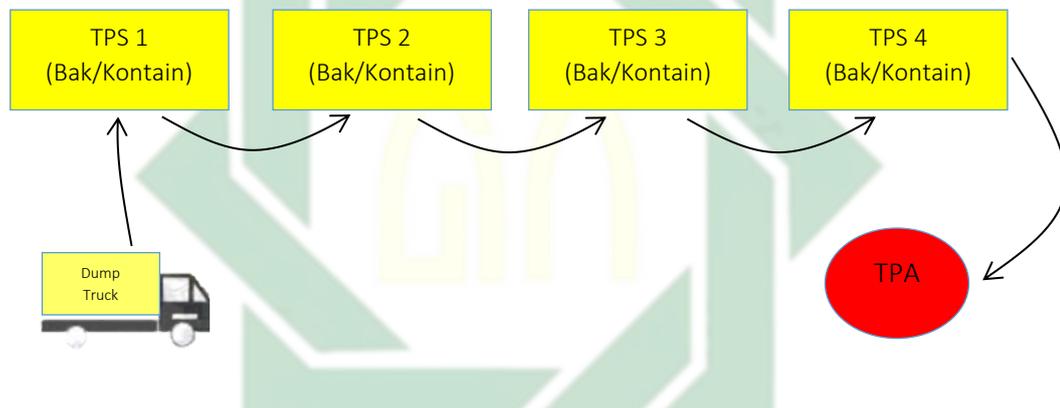
Menurut (Kreith & Tchobanoglous, 2002) sistem SCS memiliki dua tipe, yaitu

1. Menggunakan kendaraan dengan sistem mekanis
2. Menggunakan kendaraan dengan sistem manual

Menggunakan kendaraan dengan sistem mekanis yaitu trip dari tempat pembuangan atau stasiun transfer atau stasiun pengolahan akan

dilakukan setelah isi dari sejumlah kontainer dikumpulkan dan dipadatkan dan / atau kendaraan pengumpul sudah penuh. Untuk sistem ini, penggunaan driver akan membutuhkan lebih banyak dari pada sistem HCS. Sedangkan kendaraan dengan sistem manual akan digunakan di area pemukiman dimana jumlah sampah yang diambil di setiap lokasi sedikit dan waktu pemuatan yang singkat. Selain itu juga, sistem manual digunakan untuk pengumpulan di daerah perumahan karena banyak pengumpulan secara individu yang sulit untuk diakses oleh kendaraan sistem mekanis.

Pola pengangkutan *stationary container system* dijelaskan pada **Gambar 2.6.**



Gambar 2. 8 Pola Pengangkutan SCS Secara Manual

Sumber : : SNI 19-2454-2002

Pola pengangkutan sampah dengan sistem kontainer tetap dijelaskan sebagai berikut:

- a. Kendaraan pengangkut sampah yang berasal dari pool mengangkut sampah yang ada di TPS pertama.
- b. Kemudian kendaraan pengangkut sampah menuju ke TPS berikutnya untuk mengangkut sampah hingga volume sampah terpenuhi kemudian menuju ke TPA.
- c. Demikian seterusnya sampai ritase yang terakhir.

2.5 Kendaraan Pengangkut Sampah

Kendaraan pengangkut sampah merupakan kendaraan yang digunakan untuk mengumpulkan sampah dan mengangkut dari tempat pengumpulan menuju tempat pemrosesan akhir (TPA). Menurut Ketut (2016) kendaraan pengangkut sampah dibedakan menjadi dua yaitu konvensional (tradisional) dan juga modern. Kendaraan tradisional yaitu kendaraan yang digerakan oleh tenaga manusia atau tenaga hewan. Contohnya seperti gerobak sampah atau becak sampah. Sedangkan kendaraan modern merupakan kendaraan yang digerakan oleh mesin atau motor seperti truk arm roll atau kendaraan sejenisnya.

1. Gerobak Sampah

Gerobak sampah merupakan alat pengangkut sampah konvensional yang menggunakan tenaga manusia sebagai penggerakannya. Pada umumnya gerobak terbuat dari bahan plat besi dengan ukuran $0,8 \text{ m}^3$ hingga $1,5 \text{ m}^3$. Gerobak sampah dioperasikan untuk mengangkut sampah dari 200 KK dengan jumlah ritase mencapai 1-4 rit/hari (Ketut, 2016).

2. Mobil Bak Terbuka (*Pick Up*)

Alat angkut sampah dengan menggunakan mobil bak terbuka (*pick up*) tidak dilengkapi dengan peralatan hidraulik sehingga proses unloading dilakukan dengan cara manual. Volume pengangkutan mobil *pick up* mencapai $1,5 \text{ m}^3$ sampai 2 m^3 . Mobil *pick up* lebih sering digunakan oleh jasa alat angkut swasta karena ukuran mobil yang lebih kecil sehingga dapat melalui jalan-jalan yang sempit.

3. Truk Datar

Truk datar yaitu truk yang tidak memiliki peralatan hidraulik, sehingga proses unloading dilakukan dengan cara manual. Truk ini dapat memuat sampah dengan kapasitas 8 m^3 sampai 10 m^3 . Truk datar tidak memiliki penutup oleh karena itu dibutuhkan penutup dengan jaring plastik agar sampah tidak berterbangan pada saat kendaraan melaju.

4. Truk Hidrolik (*Dump Truck*)

Truk hidrolik atau *dump truck* yaitu jenis truk yang memiliki peralatan Hidrolik sehingga pada proses unloading sampah, truk akan dapat

langsung menumpahkan muatannya. Jumlah ritase yang dapat ditempuh oleh *dump truck*, apabila kurang dari 20 km maka dapat melakukan maksimal 4 rit/hari sedangkan untuk jarak 30-40 km dapat melakukan 2-3 rit/hari. Akan tetapi hal tersebut juga harus didasari dengan perhitungan tergantung dengan waktu dan volume pada saat memuat sampah (Ketut, 2016).

5. Truk Lengan Tarik Hidraulik (*Arm-Roll Truck*)

Truk *arm roll* merupakan kendaraan pengangkut sampah yang dilengkapi dengan lengan tarik *hidrolik* yang digunakan untuk mengangkat kontainer. Kontainer yang diangkut memiliki volume 6 m³ dan 8 m³. Truk ini dinilai lebih efektif dan lebih efisien apabila digunakan sebagai kendaraan pengangkut sampah karena waktu membongkar dan memuat lebih efektif dan efisien. Arm roll truk dapat melakukan 6 rit/hari dengan jarak kurang dari 20 km dan dapat melakukan 3-4 rit/hari dengan jarak 30-40 km (Ketut, 2016).

2.6 Metode Saving Matrix

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sarjono (2014) hasil perhitungan optimalisasi rute menggunakan metode saving matrix dapat membantu mengatasi permasalahan rute transportasi pengiriman sehingga jarak yang ditempuh dapat menjadi menjadi lebih dekat dengan cara menggabungkan konsumen hingga sampai batas maksimal kendaraan. Sedangkan menurut (Suparjo, 2017) Metode saving matrix yaitu metode yang biasa digunakan untuk menentukan rute distribusi produk ke wilayah pemasaran dengan cara menentukan rute distribusi yang harus dilalui disertai dengan didasari volume kendaraan agar diperoleh rute yang terpendek dan minimnya biaya transportasi. Untuk menentukan jalur distribusi pelayanan menggunakan saving matrix, beberapa elemen yang diperlukan diantaranya yaitu jarak konsumen, rute existing, titik koordinat, kapasitas kendaraan, dan biaya distribusi (Nasution *et al.*, 2021).

Menurut Nasution (2021) langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk menentukan optimalisasi menggunakan metode saving matrix yaitu:

1. Mengidentifikasi Matrix Jarak

Jarak antar lokasi penelitian sangat diperlukan. Dengan mengetahui koordinat tiap lokasi maka jarak antar lokasi dapat diketahui dengan cara menggunakan persamaan dibawah ini (Chopra & Meindl, 2007):

$$d_n = \sqrt{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2}$$

Namun, apabila jarak kedua koordinat sudah diketahui, perhitungan diatas dapat di abaikan. Jarak dapat diketahui juga dengan menggunakan *software* seperti Google Earth maupun secara manual menggunakan *speedometer* dari kendaraan (Faurozi, 2019). Pada penelitian ini, peneliti akan menggunakan GPS sebagai penentuan jarak dan titik koordinat. Alasan menggunakan GPS dalam penelitian ini karena GPS dapat memberikan ketelitian posisi yang spektrumnya cukup luas sehingga memungkinkan penggunaan GPS bisa menjadi lebih efektif dan efisien. Saat ini penggunaan GPS biasa diterapkan dalam bidang aplikasi seperti geodesi, geodinamika, deformasi, navigasi dan transportasi (BPSDM PU, 2018).

2. Menentukan Matrix Penghematan

Setelah mengetahui jarak keseluruhan, langkah ini mengasumsikan bahwa lokasi tersebut hanya akan dilalui oleh satu kendaraan. Maka akan ada beberapa rute berbeda yang akan dilalui. Sehingga akan terjadi penghematan ketika penggabungan rute yang searah dengan rute lainnya. Matrik penghematan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Sarjono, 2014):

$$S(x,y) = J(d,x) + J(d,y) - J(x,y)$$

Keterangan :

- S (x,y) : Saving Matrix (matrix Penghemat)
- J(d,x) : Jarak dari pengangkutan ke tujuan x
- J(d,y) : Jarak dari pengangkutan ke tujuan y
- J(x,y) : Jarak dari tujuan x ke tujuan y

3. Mengalokasikan Kendaraan dan Rute Berdasarkan Lokasi

Langkah selanjutnya adalah mengalokasikan lokasi kendaraan dan rute berdasarkan lokasi. Artinya, pada langkah ini rute pengangkutan akan ditentukan berdasarkan penggabungan rute pada langkah ke dua diatas. Hasilnya pengangkutan pada lokasi satu dan lokasi dua dapat dilakukan menggunakan satu rute.

4. Pengurutan Lokasi Tujuan dalam Satu Rute

Langkah ini untuk menentukan urutan kunjungan. Ada beberapa metode dalam menentukan urutan kunjungan diantaranya :

a. Metode *Farthers Insertion*

Metode *farthest insertion* yaitu menentukan rute kendaraan ke konsumen yang memiliki jarak terjauh. Metode *farthest insertion* dapat menentukan jarak minimal suatu lokasi melalui koordinat yang diinput pada peta secara geografis. Metode *farthest insertion* sering digunakan untuk memecahkan permasalahan kombinatorial yang memerlukan komputasi yang panjang dengan prosedur yang kompleks sehingga menghasilkan solusi rute yang lebih singkat (Lisnawaty, 2016).

b. Metode *Nearest Neighbor*

Metode *nearest neighbor* pertama diperkenalkan oleh J. G Skellam kemudian diteruskan oleh P.J Clark dan F.C Evans. Metode *nearest neighbor* membandingkan distribusi jarak yang terjadi dari suatu titik data ke ke tetangga terdekatnya dalam suatu kumpulan data tertentu yang terdistribusi secara acak. Metode ini dimulai dengan titik lokasi yang dipilih secara acak kemudian menambahkan titik terdekat lainnya yang belum dikunjungi ke titik terakhir dalam tur hingga semua titik dikunjungi. Algoritma *nearest neighbor* sangat sesuai apabila digunakan untuk kumpulan data yang kecil dimana biasanya mengandung sejumlah kota kecil dan dapat menghasilkan solusi yang optimal (AlSalibi et al., 2013).

Langkah-langkah menggunakan metode *nearest neighbor* menurut (Suryani et al., 2018) adalah sebagai berikut:

1. Menentukan titik depot pusat dan lokasi titik pengambilan

2. Membuat matrix jarak, yang berfungsi untuk menggambarkan letak titik pengambilan yang akan dituju disertai dengan jarak antar titik pengambilan.
3. Mengerjakan dari melihat jarak yang paling pendek. Setiap mencapai titik pengambilan, selanjutnya memilih titik pengambilan lain yang belum dikunjungi dan memiliki jarak yang paling minimum setelahnya
4. Yang terakhir yaitu memperhitungkan nilai optimal dengan menjumlahkan jarak dari awal hingga sampai akhir perjalanan.

2.7 Integerasi Keislaman

Sebagai umat Islam yang bertaqwa kepada Allah swt. Manusia dituntun untuk melaksanakan perintah-perintah Nya dan menjauhi larangan-larangan Nya. dalam Kitab Nya, Allah berfirman pada surat An Nahl ayat 90 yang berbunyi:

إِنَّ اللَّهَ يَأْمُرُ بِالْعَدْلِ وَالْإِحْسَانِ وَإِيتَاءِ ذِي الْقُرْبَىٰ وَيَنْهَىٰ عَنِ الْفَحْشَاءِ وَالْمُنْكَرِ وَالْبَغْيِ
يَعْظُمُ لِعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ٩٠

Yang artinya : “ Sesungguhnya Allah memerintahkan (kamu) untuk berlaku adil dan berbuat kebaikan, memeberi bantuan kepada kerabat, dan dia (Allah) melarang melakukan perbuatan keji, kemungkar, dan permusuhan. Dia (Allah) memberi pengajaran kepadamu agar kamu dapat mengambil pelajaran (Q.S An Nahl : 90).

Dari beberapa larangan Allah swt, perilaku boros atau membuang buang harta merupakan sifat dari setan dan tidak disenangi oleh Allah. Dalam firmanNya pada surah al Isra’ ayat 26-28 yang berbunyi:

وَأْتِ ذَا الْقُرْبَىٰ حَقَّهُ وَالْمِسْكِينَ وَابْنَ السَّبِيلِ وَلَا تُبَذِّرْ تَبْذِيرًا ٢٦ إِنَّ الْمُبْذِرِينَ
كَانُوا إِخْوَانَ الشَّيْطَانِ ۗ وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ كَفُورًا ٢٧ وَإِمَّا تَعْرِضْ عَنْهُمْ أْبْتِغَاءَ رَحْمَةٍ
مِّن رَّبِّكَ تَرْجُوهَا فَقُلْ لَهُمْ قَوْلًا مَّيْسُورًا ٢٨

Artinya : “Dan berikanlah kepada kerabat-kerabat dekat akan haknya, kepada orang miskin dan kepada orang dalam pe rjalanan, dan janganlah kalian menghambur-hamburkan harta (harta kalian) secara boros (26).

Sesungguhnya pemborosan itu adalah saudaranya setan, dan setan itu sangat ingkar kepada Tuhannya (27). Dan jika kamu berpaling dari memperoleh rahmat dari Tuhanmu yang kamu harapkan, maka katakanlah kepada mereka ucapan yang pantas (28) (Q.S Al- Isra' : 26-28)”.

Pada ayat 26 وَلَا تُبْذِرْ تَبْذِيرًا (janganlah kalian menghambur-hamburkan harta secara boros), ayat ini dijelaskan oleh ayat lain pada surat Al Furqan ayat 67 yang berbunyi وَالَّذِينَ إِذَا أَنْفَقُوا لَمْ يُسْرِفُوا وَلَمْ يَقْتُرُوا وَكَانَ بَيْنَ ذَلِكَ قَوَامًا yang artinya “Dan orang-orang yang apabila membelanjakan (harta mereka tidak berlebihan, dan tidak pula kikir, dan adalah (pembelanjaan itu) di tengah-tengah antara demikian.

Pada ayat 27, إِنَّ الْمُبْتَدِرِينَ كَانُوا إِخْوَانَ الشَّيَاطِينِ (sesungguhnya menghambur-hamburkan harta adalah saudara setan. Pada tafsir Ibn Kasir dijelaskan bahwa keduanya (sifat setan dan orang-orang melakukan hal yang boros) memiliki kesamaan. Ibn Mas’ud berkata “Pemborosan tersebut mengacu kepada pengeluaran yang berlebihan terhadap hal yang tidak benar”. Ibn ‘Abbas berkata dari Mujahid berkata “Jika seseorang membelanjakan seluruh kekayaannya untuk hal-hal yang pantas, maka dia bukanlah seorang pemboros.” Dari Qotadah berkata “ Pemborosan berarti menghabiskan uang untuk dosa dalam ketidaktaatan kepada Allah, dan untuk hal-hal yang salah dan rusak.

Hadist yang diriwayatkan Imam Ahmad yang artinya adalah sebagai berikut “Berkata Imam Ahmad : telah diceritakan kepada kami Hasyim ibn Qosyim, telah meriwayatkan kepada kami Lais, dari Khalid ibn Yazid, dari Sa’id ibn Abu Hilal, dari Anas Ibn Malik r.a bahwasannya berkata : Ada seorang laki-laki dari Bani Tamim mendatangi Rasulullah saw kemudian bertanya : Ya Rosulullah, sesungguhnya ada pada diriku harta yang banyak, sudah beristri dan memiliki anak serta memiliki pelayan, maka berikanlah saya petunjuk (kabar) bagaimana cara berinfak dan bagaimana yang cara memberi nafkah?. Maka Rasulullah bersabda : Keluarkanlah zakat dari kepunyaanmu (harta benda). Sesungguhnya zakat dapat mensucikan hartamu dan dirimu, lalu berilah, kerabatmu dan jangan lupa akan hak orang yang meminta-minta, tetangga dan orang miskin. Maka lelaki tersebut bertanya :

Wahai Rasulullahh, persingkatlah ucapanmu. Maka Rasulullah saw membacakan firman-Nya : “Dan berikanlah kepada keluarga-keluarga yang dekat akan haknya kepada orang miskin dan orang dalam perjalanan, dan janganlah menghambur-hamburkan (hartamu) secara boros. Maka laku-laki itu bertanya: cukupkah bagiku wahai Rasulullah apabila aku menunaikan zakat kepada pesuruhmu, dan aku terbebas dari zakat di hadapan Allah dan Rasul-Nya setelahnya? Rasulullah saw bersabda : Ya, apabila kamu menunaikan zakatmu kepada pesuruhku, maka sesungguhnya kamu terbebas dari kewajiban zakat dan kamu mendapatkan pahala-Nya. dan sesungguhnya yang berdosa itu adalah orang yang menyelewengkan Harta zakatnya”.

Masih pada ayat 27, yang berbunyi **وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ كَفُورًا** (dan adapun setan kepada Tuhannya sangat ingkar. Maksudnya adalah keingkaran setan kepada nikmat yang telah di berikan oleh Allah swt kepadanya dan tidak mau patuh kepada Tuhan-Nya. bahkan berbalik untuk bermaksiat dan memberontak.

Pada ayat 28, yang berbunyi **وَإِمَّا تُعْرِضَنَّ عَنْهُمْ أَبْتِغَاءَ رَحْمَةٍ مِّن رَّبِّكَ** (Dan jika kamu berpaling dari memperoleh rahmat dari Tuhanmu), maksudnya jika kerabatmu dan orang-orang yang mengharap pemberianmu, meminta sesuatu dan kamu tidak memiliki apapun untuk diberikan **فَقُلْ لَهُمْ قَوْلًا مَّيْسُورًا** (maka ucapkanlah perkataan yang lembut). Musyahid berpendapat bahwa yang dimaksud dari perkataan yang baik yaitu dengan ucapan yang mengandung janji dan harapan.

Hubungan antara penelitian optimalisasi rute pengangkutan menggunakan metode saving matrix adalah dengan adanya metode tersebut diharapkan agar dapat mengoptimalkan segi jarak transportasi yang juga berpengaruh terhadap biaya operasional sehingga dapat mereduksi biaya yang dikeluarkan. Dengan optimalisasi tersebut, maka harta yang mestinya digunakan sebagai biaya operasional dapat di estimasikan menjadi lebih murah dan menghindari dari sifat boros yang tidak disukai oleh Allah swt.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan optimalisasi rute pengangkutan menggunakan metode saving matrix disampaikan dalam ringkasan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Terdahulu

| No | Judul Penelitian | Metode yang digunakan | Kesimpulan |
|----|---|--|---|
| 1. | Fery Darus Nasution, Ade Momon S & Risma Fitriani (2021) Penentuan Rute Distribusi Pallet Mesh Menggunakan Metode Saving Matrix (Studi Kasus : PT. MMM) | Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan Metode saving matrix dengan pendekatan menggunakan metode nearest neighbor untuk mengetahui penghematan jarak dan biaya transportasi | dengan menggunakan metode saving matrix, dapat menunjukkan pengurangan jarak tempuh pengiriman yang pada sebelumnya mencapai 1.673,6 Km, dapat berkurang menjadi 810,7 km. Sehingga dapat menghemat biaya transportasi hingga mencapa Rp. 802.497 |
| 2. | Edi Supardi, Ruben Chandra Sianturi (2020) Metode Saving Matrix Dalam Penentuan Rute Distribusi Premium di Depot SPBU Bandung | Metode yang digunakan yaitu Metode Saving Matrix dengan menghitung jarak dari depot ke SPBU atau antar SPBU. Kemudian merekomendasikan rute yang dipilih menggunakan metode nearest neighbor | Hasil penelitian ini berhasil mengurangi biaya transportasi dari Rp. 1.127.392 menjadi Rp. 861.733. dan pada mulanya menggunakan 6 truk tanki mampu direduksi menjadi 4 tanki. |
| 3. | Tiara Risa Damayanti, Ade Lita Kusumaningrum, Yulia Dwi Susanty, Sri Susilawati Islam (2020) Route Optimization Using Saving Matrix Method - A Case Study at Public Logistic Company in Indonesia | Metode yang digunakan yaitu dengan metode saving matrix | Hasil analisis menunjukkan pengurangan rute yang semula 18 rute menjadi 9 rute. Dan dapat mengurangi jarak tempuh yang semula 1638.3 km menjadi 886.2 km. sehingga dapat menghemat pengeluaran sebesar Rp. 888,835 / bulan atau sebesar 45.91 %. |

| No | Judul Penelitian | Metode yang digunakan | Kesimpulan |
|----|---|---|--|
| 4. | Wardatul Jannah (2020) Optimasi Rute Pengangkutan Sampah di Kota Lamongan dengan Menggunakan Metode Saving Matrix | metode yang digunakan untuk mengoptimisasi pengangkutan dengan menggunakan metode saving matrix | hasil penelitian ini menunjukkan dengan penggunaan metode saving matrix dari jarak awal yang ditempuh adalah 128,74 km menjadi 120,24 km dan dapat menghemat bahan bakar sebesar Rp. 656.625 per bulan. |
| 5. | Nauvil Al Farozi (2019) Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah TPA Lempeni Kabupaten Lumajang Menggunakan Metode Saving Matrix | Menggunakan metode saving matrix untuk menganalisis rute perencanaan berdasarkan rute eksisting. | Pada penelitian tersebut dihasilkan dengan menggunakan metode saving matrix dapat menunjukkan jarak tempuh yang semula 458,02 km menjadi 427,57 km. dengan demikian jarak yang ditempuh bisa berkurang mencapai 6,64% yaitu 30,45 km. sehingga menghemat biaya bahan bakar yang semula Rp.1.502.422 perhari menjadi Rp. 1.402.539 perhari. |
| 6. | Dr. Rizwanullah and Ms. Nilofer (2018) Optimization of Vehicle Routine Problem of Using Saving Matrix Approach | Metode yang digunakan menggunakan Saving Matrix untuk menghitung rute pengiriman yang tepat dan distribusi yang baik untuk konsumen. Dengan beberapa tahap diantaranya. | Pada penelitian ini terdapat empat rute optimum yang mencakup semua pusat distribusi / pasokan produk, oleh karena itu membutuhkan 4 kendaraan untuk waktu atau biaya yang optimal |

| No | Judul Penelitian | Metode yang digunakan | Kesimpulan |
|----|--|--|---|
| 7. | Khanh Nguyen Trong, Anh Nguyen Thi Ngoc, Doanh Nguyen Ngoc, Van Dinh Thi Hai (2017) Optimization of Municipal Solid Waste Transportation by Integrating GIS Analysis Equation-Based, and Agent-Based Model | Metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan multi-agent model (Equation Based Model & Agent Based Model) dan simulasi dengan dikombinasikan dengan GIS | Hasil menunjukkan dari efisiensi model yang diusulkan dapat dioptimalkan bahwa biaya pengumpulan dapat berkurang 11,3 % |
| 8. | Suparjo (2017) Metode Saving Matrix sebagai Metode Alternatif Untuk Efisiensi Biaya Distribusi | Metode untuk menentukan peramalan permintaan konsumen menggunakan metode Linear Regression. Sedangkan untuk menentukan rute dan penghematan biaya menggunakan metode Saving Matrix | Hasil penelitian tersebut menunjukkan dengan menggunakan metode saving matrix dapat mereduksi rute distribusi yang sebelumnya memiliki 20 rute menjadi 10 rute. Jarak yang dilalui sebelumnya sebesar 3890 km dapat direduksi menjadi 2238 km. sehingga berpengaruh terhadap penurunan biaya bahan bakar yang semula Rp. 22.952.267 turun menjadi 12.835.830. dengan demikian dapat menghemat biaya distribusi sebesar 44.07% |
| 9. | Swapan Das dan Bidyut Kr. Bhattacharyya (2015) Optimization of Municipal Solid Waste Collection and Transportation Routes | Skema yang diusulkan untuk mengoptimalkan pengelolaan MSW dengan menggunakan Travelling Salesman Problem (TSP) | Hasil penelitian menunjukkan bahwa skema yang diusulkan dapat mengurangi lebih dari 30% dari total panjang jalur pengumpulan sampah |

| No | Judul Penelitian | Metode yang digunakan | Kesimpulan |
|-----|---|---|---|
| 10. | Haryadi Sarjono (2014) Determination of Best Route to Minimize Transportation Costs Using Nearest Neighbor Procedure | Metode analisis yang digunakan yaitu saving matrix dengan prosedur Nearest neighbor, Farthest insert dan Nearest insert | Berdasarkan penelitian tersebut, metode saving matrix dapat membantu dalam mengatasi masalah penentuan rute pengiriman sehingga jarak pengiriman dapat lebih dekat. |



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Cilacap. Kabupaten Cilacap terletak pada posisi barat daya Provinsi Jawa Tengah. Terletak diantara 7°30' dan 7°45'20'' lintang selatan dan antara 108°4'30'' dan 109°30'30'' Bujur Timur. Luas Kabupaten Cilacap mencapai hingga 6,48 persen dari luas Provinsi Jawa tengah dan menjadi Kabupaten terluas di Jawa Tengah. Kabupaten Cilacap terbagi menjadi 24 Kecamatan dan 284 desa/ kelurahan serta terdapat Pulau Nusakambangan yang berada di bagian selatan Cilacap dengan luas 115,00 Km² (BPS Kabupaten Cilacap, 2021). Peta lokasi Kabupaten Cilacap dan Lokasi TPST RDF Cilacap tertera pada **Gambar 3.1** dan **Gambar 3.2**.

Adapun batas letak geografis Kabupaten Cilacap sebagai berikut:

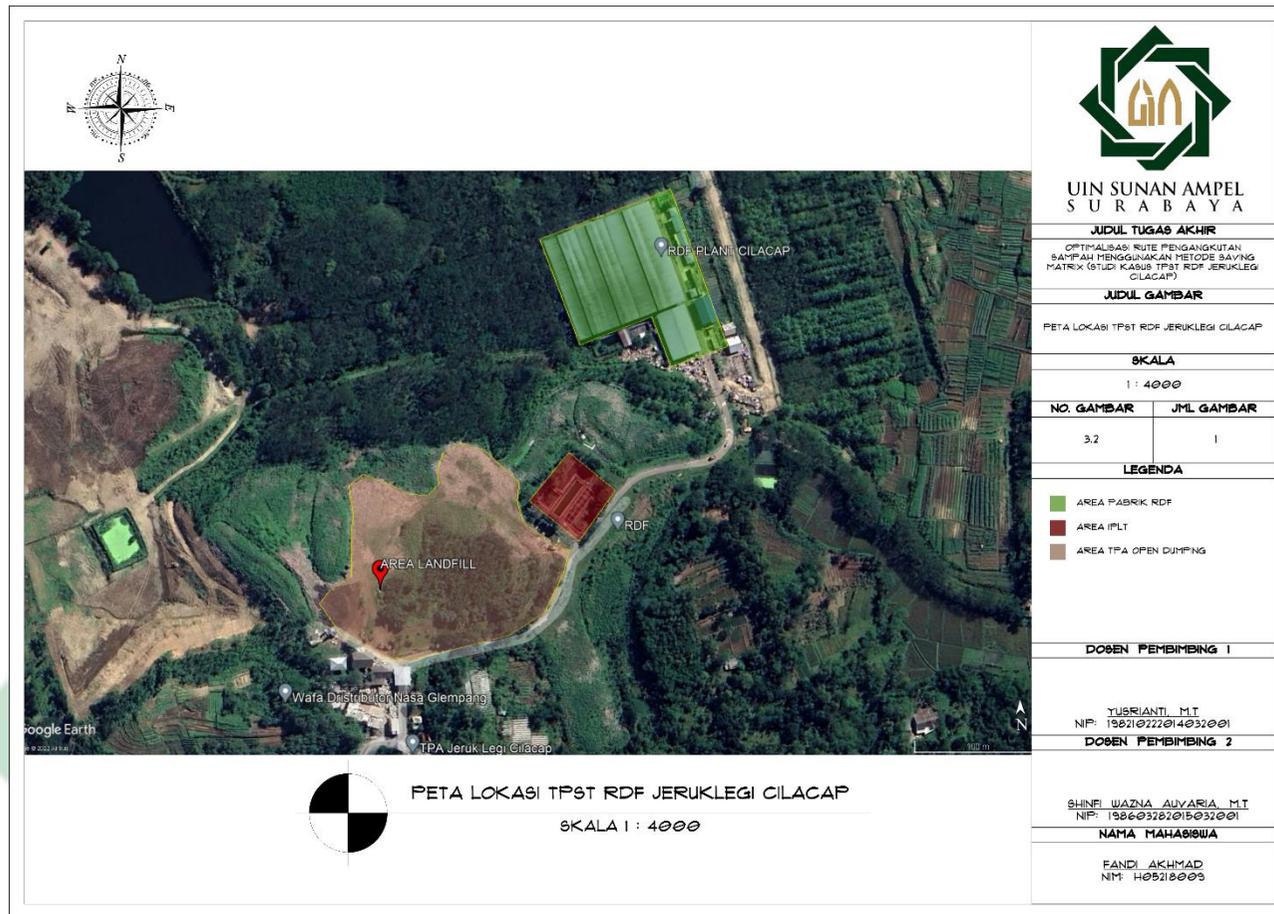
1. Sebelah Utara : Kabupaten Banyumas
2. Sebelah Selatan : Samudera Hindia
3. Sebelah Barat : Provinsi Jawa Barat
4. Sebelah Timur : Kabupaten Kebumen

3.2 Waktu Penelitian

Waktu perencanaan penelitian dimulai pada bulan Maret 2022 hingga bulan Juli 2022 dengan melakukan observasi pengangkutan, pengumpulan data primer, data sekunder hingga pada tahap penyusunan laporan.



Gambar 3. 1 Peta Kabupaten Cilacap
Sumber (Badan Pusat Statistika Kab Cilacap, 2021)



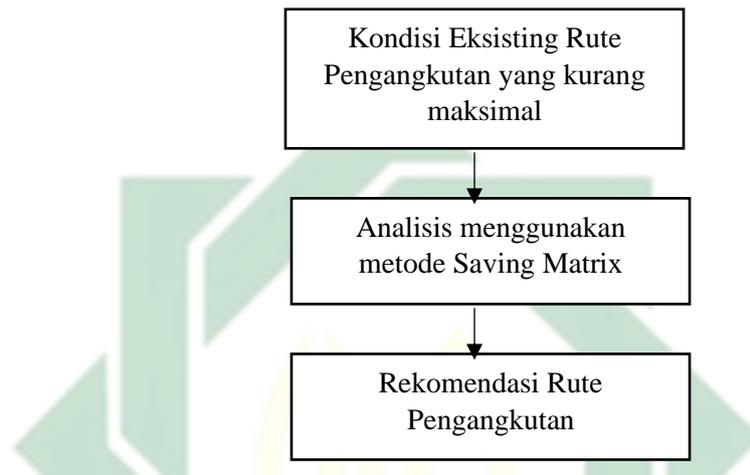
Gambar 3. 2 Peta Lokasi TPST RDF Cilacap

Sumber (Hasil Analisa, 2022)

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Kerangka Pikir

Pada penelitian perlu dilakukan penyusunan suatu kerangka pikir penelitian agar hasil yang diperoleh dapat sesuai dengan tujuan penelitian. Kerangka pikir pada penelitian ini dijelaskan pada **Gambar 3.3**.

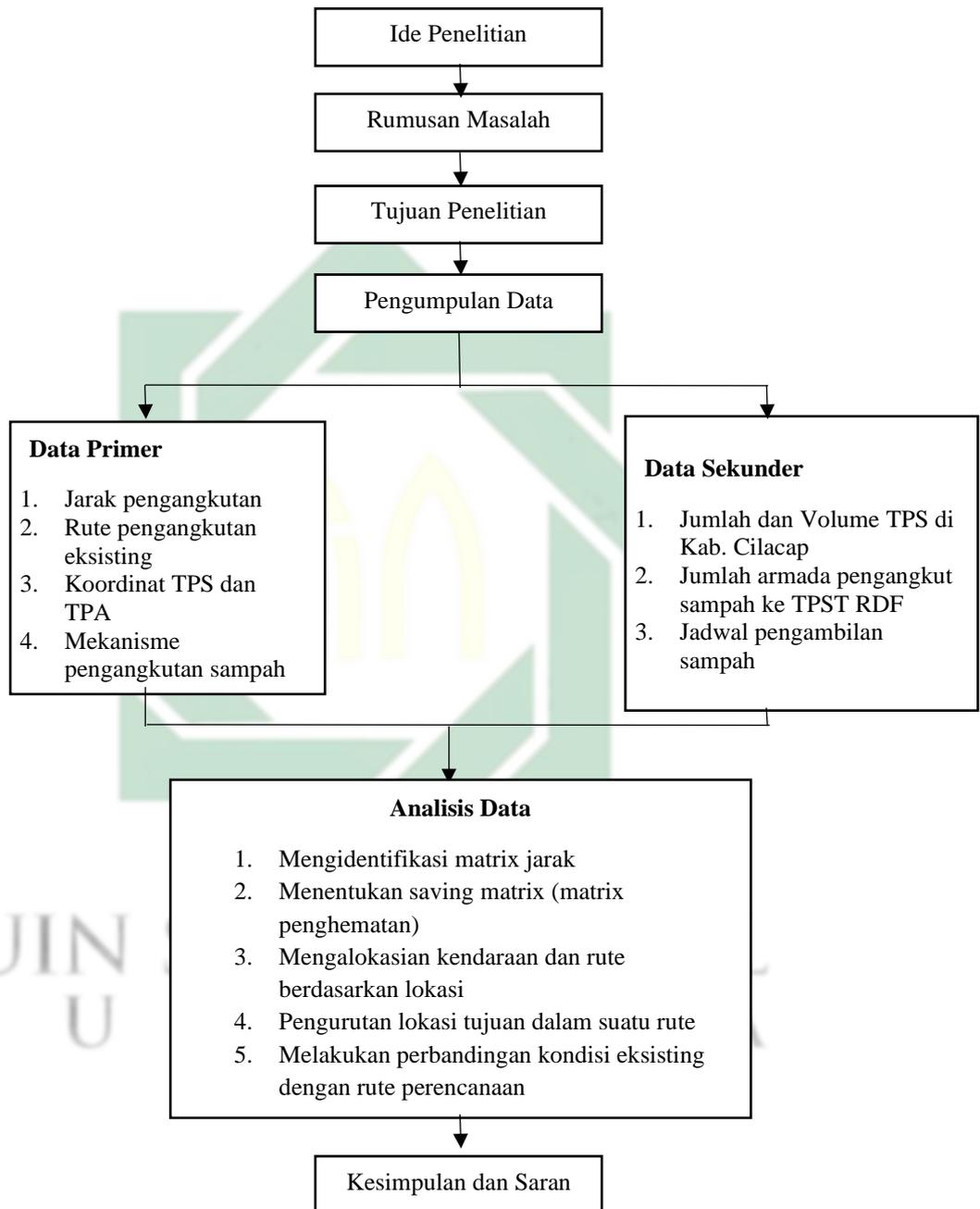


Gambar 3. 3 Kerangka Pikir

Kerangka pikir diawali dengan merencanakan ide penelitian yaitu dengan cara mengoptimalkan rute pengangkutan sampah tepatnya di TPST RDF Cilacap. Sebelum mengoptimalkan rute pengangkutan diperlukan untuk mengetahui terlebih dahulu kondisi rute eksisting yang ada kemudian setelah mengetahui kondisi eksisting maka dapat dianalisis dengan menggunakan metode saving matrix. Hasil dari optimalisasi tersebut dapat menjadi rekomendasi rute pengangkutan selanjutnya.

3.3.2 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian berisi tentang diagram alir awal hingga akhir proses penelitian yang dijelaskan dalam **Gambar 3.4**.



Gambar 3. 4 Tahap Penelitian

3.4 Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan. Data primer dapat berupa observasi, wawancara dan dokumentasi. Adapun data primer yang akan digunakan pada penelitian ini dijelaskan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3. 1 Data Primer Penelitian

| No | Data Primer | Metode | Sumber |
|----|-------------------------------|---|----------------------------|
| 1 | Jarak pengangkutan | Penentuan jarak dapat dilakukan menggunakan bantuan <i>Google Maps</i> untuk membantu penentuan jarak antar lokasi seperti Depot menuju TPS, TPS ke TPS, maupun TPS ke TPST RDF | (Supardi & Sianturi, 2020) |
| 2 | Rute eksisting pengangkutan | Rute pengangkutan dapat di ketahui di lapangan dengan cara menganalisis kondisi eksisting secara langsung | (Faurozi, 2019) |
| 3. | Koordinat TPS & TPA | Koordinat TPS dan TPA dapat diketahui di lapangan dengan cara menitikkan lokasi dengan menggunakan bantuan alat <i>Global Positioning System</i> (GPS). | (Faurozi, 2019) |
| 4. | Mekanisme pengangkutan sampah | Analisis mekanisme pengangkutan dilakukan secara kualitatif berdasarkan SNI 19-2454-2002 dimana mekanisme pengangkutan | SNI 19-2454-2002 |

| No | Data Primer | Metode | Sumber |
|----|-------------|---|--------|
| | | dapat berupa sistem <i>Hauled Container System</i> (HCS) maupun <i>Stationary Container System</i> (SCS). | |

2. Data Sekunder

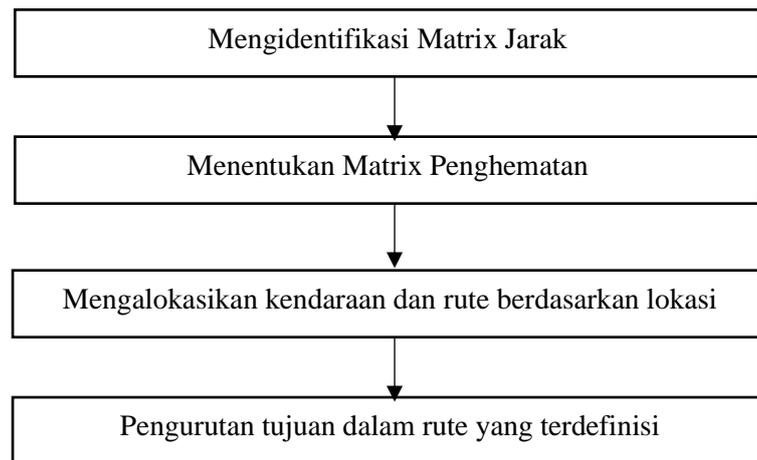
Data sekunder yaitu data yang diambil secara tidak langsung. Data sekunder digunakan sebagai pelengkap dan penunjang data primer. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.2 Data Sekunder Penelitian

| No | Data Sekunder | Sumber Data |
|----|---------------------------------|-------------|
| 1 | Jumlah dan Volume TPS | DLH Cilacap |
| 2 | Jumlah armada pengangkut sampah | DLH Cilacap |
| 3 | Jadwal pengambilan sampah | DLH Cilacap |
| 4 | Biaya bahan bakar eksisting | DLH Cilacap |

3.5 Metode Penelitian

Metode penelitian ini dilakukan dengan cara mengolah data yang sudah diperoleh (primer dan sekunder) dengan berlandaskan teori. Metode saving matrix digunakan sebagai landasan teori peneliti untuk menentukan optimalisasi rute pengangkutan sampah di TPST RDF dengan cara menganalisis data yang sudah didapatkan. Menurut Nasution *et al* (2021) langkah-langkan metode saving dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.5 Langkah-langkan metode saving matrix

Berdasarkan **Gambar 3.5** terdapat empat langkah yang digunakan untuk menggunakan metode saving matrix, maka dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi Matrix Jarak

Jarak antar lokasi penelitian sangat dibutuhkan. Setelah mengetahui titik koordinat tiap lokasi, jarak antar lokasi dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut.

$$d_n = \sqrt{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2}$$

Namun, jika jarak kedua koordinat sudah diketahui, perhitungan menggunakan rumus tidak perlu digunakan. Jarak juga dapat diketahui dengan menggunakan bantuan *software* maupun secara manual dengan melihat *speedometer* kendaraan. Dalam penelitian ini, untuk mengetahui jarak antar lokasi dan koordinat penelitian, akan digunakan menggunakan alat bantu *Global Positioning System* (GPS) untuk menandai koordinat.

2. Menentukan Matrix Penghematan

Selanjutnya, setelah jarak keseluruhan diketahui, pada langkah ini peneliti mengasumsikan lokasi tersebut hanya akan dilalui oleh satu kendaraan, maksudnya adalah akan ada beberapa rute berbeda yang akan dilalui. Sehingga akan terjadi penghematan ketika ada penggabungan

rute yang dinilai satu arah dengan rute lainnya. Untuk mencari matrik penghematan, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$S(x,y) = J(d,x) + J(d,y) - J(x,y)$$

Keterangan :

S (x,y) : Saving Matrix (matrix Penghemat)

J(d,x) : Jarak dari depot ke TPS x

J(d,y) : Jarak dari depot ke TPS y

J(x,y) : Jarak dari TPS x ke TPS y

3. Mengalokasikan Kendaraan dan Rute Berdasarkan Lokasi

Langkah selanjutnya adalah mengalokasikan lokasi kendaraan dan rute berdasarkan lokasi. Artinya, pada langkah ini rute pengangkutan akan ditentukan berdasarkan penggabungan rute pada langkah ke dua diatas. Hasilnya pengangkutan pada lokasi satu dan lokasi dua dapat dilakukan menggunakan satu rute.

4. Pengurutan Lokasi Tujuan Berdasarkan Satu Rute

Terdapat beberapa metode untuk menentukan urutan kunjungan, akan tetapi peneliti menggunakan metode Nearest Neighbor. Metode ini menentukan kunjungan dengan memprioritaskan lokasi yang paling dekat dengan lokasi yang terakhir dikunjungi. Metode ini dipilih karena metode yang paling cocok digunakan sesuai dengan kondisi lapangan.

5. Melakukan Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Rute Perencanaan

Pada langkah ini, untuk menjawab tujuan penelitian yang ke tiga, maka dilakukan perbandingan kondisi eksisting dengan rute perencanaan dari segi jarak dan biaya operasional pengangkutan yang dikeluarkan.

3.6 Tahapan Analisa Data

1. Perhitungan Matrix Jarak

Pertama menentukan kapasitas pada setiap alat angkut untuk membawa sampah pada setiap pengangkutan di lokasi TPS. Kedua membuat rute dengan penghematan dan mencari nilai tertinggi pada matrix jarak dengan metode *saving matrix* untuk menjadi rute kendaraan pertama.

Setelah mendapatkan nilai tertinggi di matrix jarak menggunakan metode *saving matrix*, maka akan dihitung kapasitas yang akan diambil dari tiap-tiap volume TPS yang akan diangkut sehingga rute tersebut tidak melebihi kapasitas dari alat angkut truk. Jika pada cabang belum memenuhi kapasitas alat angkut, maka akan dipilih kembali nilai tertinggi selanjutnya untuk digabungkan dengan rute kendaraan pertama sehingga dapat memenuhi dan tidak melebihi kapasitas alat angkut. Apabila sudah terpenuhi, maka rute kendaraan pertama sudah didapatkan. Selanjutnya, menentukan kembali rute kendaraan lain dengan cara yang sama yaitu dengan mencari nilai tertinggi pada matrix jarak menggunakan metode *saving matrix* sehingga memenuhi dan tidak melebihi kapasitas alat angkut.

2. Membuat rute menggunakan metode *Nearest Neighbor*.

Pertama menentukan rute kendaraan ke titik pengambilan (TPS) yang memiliki jarak paling dekat. Setelah mendapatkan rute dari perhitungan kapasitas alat angkut dengan menggunakan metode *saving matrix*, selanjutnya membuat rute yang dipilih menggunakan metode *Nearest Neighbor*. Metode ini hanya akan menggunakan matiks jarak saja. Perhitungan jarak terdekat dimulai dengan jarak 0 dari depot menuju titik pengambilan dengan membandingkan perjalanan dengan jarak yang paling pendek dan memperhatikan kapasitas alat angkut kendaraan.

3. Menghitung perbandingan bahan bakar

Perhitungan ini akan membandingkan pemakaian bahan bakar kendaraan kondisi eksisting yang diperlukan untuk pengangkutan sampah dengan pemakaian bahan bakar berdasarkan rute yang akan direkomendasikan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengangkutan Sampah Eksisting Kabupaten Cilacap

4.1.1 Sarana Pengangkutan Sampah

Sarana pengangkutan sampah yang digunakan di DLH Kabupaten Cilacap menggunakan beberapa jenis kendaraan bermotor diantaranya yaitu : Tossa, Armroll truk, Dump truk, dan Loader. Tossa digunakan untuk pengambilan sampah di jalan yang sempit dimana truk tidak bisa masuk. Armroll truk dan dump truk digunakan untuk melayani pengangkutan sampah di titik tempat pengambilan sampah yang telah ditentukan sedangkan loader hanya digunakan untuk membantu proses memuat sampah kedalam truk pengangkutan sampah di lokasi TPS Kali Donan. Gambar sarana pengangkutan sampah dapat dilihat lebih jelas pada **Gambar 4.1**.

Tabel 4. 1 Tabel Sarana Pengangkutan Sampah Kabupaten Cilacap

| No | Sarana Pengangkutan | Gambar | Jumlah | Kapasitas per unit (m3) |
|----|---------------------|--|--------|-------------------------|
| 1 | Motor Gerobak |  | 1 | 2 |
| 2 | Armroll Truk |  | 6 | 6 |

| | | | |
|-------------|--|----|---|
| 3 Dump Truk |  | 15 | 6 |
| 4 Loader |  | 1 | - |

Sumber DLH Cilacap, 2022

4.1.2 Operasional dan Maintenance Kendaraan Pengangkut Sampah

Dinas Lingkungan Hidup Cilacap memiliki prosedur pemeriksaan dan perawatan yang harus dilakukan oleh driver operator setiap harinya untuk menjaga kelayakan kendaraan sebelum digunakan. Standar prosedur tersebut digunakan sebagai pedoman yang wajib dilakukan sebelum driver berangkat dari depot menuju pengambilan sampah. Standar prosedur pemeriksaan dan perawatan harian pada kendaraan yaitu sebagai berikut:

A. Komponen yang diperiksa sebelum menghidupkan mesin:

1. Minyak pelumas mesin (Oli)
2. Minyak kopling
3. Minyak rem
4. Air pendingin mesin
5. Lampu-lampu
6. Baut roda
7. Tekanan angin ban
8. Tekanan *Air Battery*
9. *Water Separator*

B. Komponen yang diperiksa setelah menghidupkan mesin selama 3 hingga 5 menit:

1. Lampu indikator
2. Fungsi roda *steering*
3. Fungsi rem
4. Fungsi kopling
5. Fungsi persneling
6. Fungsi rem tangan
7. Fungsi sabuk keselamatan

4.1.3 Mekanisme Pengangkutan Sampah

Pelayanan pengangkutan sampah yang ada di Kabupaten Cilacap menggunakan kendaraan armroll truk dan dump truk. Pengangkutan sampah dimulai pada pagi hari jam 06.00 WIB hingga selesai ritase sesuai truk masing masing. Keberangkatan kendaraan pengangkut sampah semuanya dimulai dari depot dimana terletak di kantor DLH Cilacap yang beralamat di Jl MT. Haryono No. 79, Tegalrejo Cilacap. Pengangkutan dilakukan pada hari senin hingga hari sabtu dan memiliki hari libur satu hari di hari minggu. Kedua jenis truk baik armroll dan dumptruk memiliki mekanisme pengangkutan yang berbeda yang akan dijelaskan sebagai berikut.

A. Armroll truk

Mekanisme pengangkutan sampah kendaraan armroll truk DLH Cilacap menggunakan sistem HCS (*Hauled Container System*) pola ketiga. Dimana armroll truk dengan kontainer kosong berangkat dari depot menuju TPS yang pertama untuk menurunkan kontainer kosong dan mengganti dengan kontainer isi. Kemudian kontainer isi dari TPS pertama diangkut menuju TPST RDF Cilacap. Selanjutnya setelah *unloading* sampah dilakukan, Armroll truk dengan kontainer kosong langsung berangkat menuju ke TPS kedua untuk mengganti kontainer kosong dengan kontainer isi selanjutnya dan dilakukan hal yang sama hingga ritase yang terakhir dan

kendaraan kembali lagi menuju depot. Armroll truk menggunakan sistem HCS dimana truk dengan kontainer meninggalkan dari pool ke TPS pertama untuk mengganti kontainer kosong dengan kontainer yang isi dan langsung menuju ke TPA, kemudian dengan kontainer truk yang sudah kosong kembali berangkat menuju TPS kedua untuk mengganti kembali kontainer yang sudah isi kemudian menuju ke TPA dan begitu seterusnya (Putri et al., 2018). Metode HCS biasanya menggunakan kontainer sebagai tempat pengumpulan sampah yang digunakan untuk kawasan komersil atau jenis pemukiman penduduk (Haerani et al., 2019). DLH Cilacap memiliki 6 kendaraan Armroll truk yang dapat dijelaskan pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 2 Kendaraan Armroll Truk DLH Cilacap

| No | Nomor Kendaraan | Driver | Jenis Truk |
|----|-----------------|---------|------------|
| 1 | R 9533 AB | PAJI | ARM ROLL |
| 2 | R 9537 AK | HASAN | ARM ROLL |
| 3 | R 9538 AK | TARIMAN | ARM ROLL |
| 4 | R 9544 AK | SUMAR | ARM ROLL |
| 5 | R 9545 AK | TRIONO | ARM ROLL |
| 6 | R 9592 B | TUMIRAN | ARM ROLL |

Sumber: DLH Cilacap

B. Dump truk

Mekanisme pengangkutan sampah kendaraan dump truk DLH Cilacap menggunakan sistem SCS (*Stationary Container System*). Dump truk dengan sistem SCS yaitu truk berangkat dari pool menuju TPS pertama dan sampah TPS pertama diangkut kedalam kontainer truk secara manual menggunakan tenaga manusia, kemudian truk berangkat menuju TPS kedua hingga seterusnya sampai kapasitas dari kontainer penuh baru kemudian menuju ke TPA. Truk dengan kontainer kosong dari TPA akan menuju ke ritase berikutnya dengan cara yang sama (Putri et al., 2018). Sistem SCS di DLH Cilacap yaitu kendaraan dump truk berangkat dari depot dengan kontainer kosong menuju ke TPS pertama kemudian dilanjut TPS kedua dan

selanjutnya hingga volume kontainer penuh kemudian menuju TPST RDF Cilacap untuk meng-*unload* sampah. Begitu seterusnya hingga ritase yang terakhir dan kendaraan kembali lagi ke depot. Umumnya, kontainer yang digunakan dalam sistem SCS tidak dibawa kedalam kendaraan pengangkut menuju TPA akan tetapi kontainer yang digunakan adalah kontainer yang dapat diangkat atau kontainer yang tetap sehingga diperlukan tenaga manusia (Haerani et al., 2019). DLH Cilacap memiliki 15 kendaraan dumptruk yang beroperasi yang dijelaskan pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4. 3 Kendaraan Dump Truk DLH Cilacap

| No | Nomor Kendaraan | Driver | Jenis Truk |
|----|-----------------------|---------|------------|
| 1 | B 914 XY | NOVI | DUMP TRUCK |
| 2 | R 9530 FB | NASIM | DUMP TRUCK |
| 3 | R 9531 FB | SATIMAN | DUMP TRUCK |
| 4 | R 9534 AK | PARNO | DUMP TRUCK |
| 5 | R 9593 SB | ALIP | DUMP TRUCK |
| 6 | R 9545 AB / R 8062 XB | BIRIN | DUMP TRUCK |
| 7 | R 9546 AB / R 8059 XB | HARTONO | DUMP TRUCK |
| 8 | R 9547 AB / R 8058 XB | TASOR | DUMP TRUCK |
| 9 | R 9540 AK | SARDI | DUMP TRUCK |
| 10 | R 9541 AK | BAWOR | DUMP TRUCK |
| 11 | R 9542 AK | TUSIMAN | DUMP TRUCK |
| 12 | R 9543 AK | EKO | DUMP TRUCK |
| 13 | R 9546 AK | ANTO | DUMP TRUCK |
| 14 | R 9549 AB | MISWAN | DUMP TRUCK |
| 15 | R 9586 HB | JARWO | DUMP TRUCK |

Sumber : DLH Cilacap

4.1.4 Data TPS

A. Data TPS DLH Kabupaten Cilacap

Kendaraan dumptruk yang diteliti berjumlah lima dengan masing masing pelayanan pada TPS yang berbeda. TPS disimbolkan dengan huruf A,B,C,D,E,F dan G. Data TPS berdasarkan truk dijelaskan pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 4 Data Lokasi Pelayanan TPS dan Pembagian Pelayanan Berdasarkan Truk

| No | Nomor dan Tahun Kendaraan | TPS | Kode TPS | Titik Koordinat | |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|
| 1 | R 8065 XB | 2011 | Hotel Atrium | A1 | 07°43'30.0"S 109°00'47.9"E |
| | | | BNI | A2 | 07°44'12.8"S 109°00'36.4"E |
| | | | Kantor Pos | A3 | 07°44'16.7"S 109°00'36.8"E |
| | | | Hotel Anggrek | A4 | 07°43'50.7"S 109°00'47.8"E |
| | | | Permades | A5 | 07°43'37.7"S 109°00'55.3"E |
| | | | SPBU Soetomo | A6 | 07°43'24.8"S 109°01'02.1"E |
| | | | DPMTSP | A7 | 07°43'12.6"S 109°01'07.1"E |
| | | | Perum Pertamina | A8 | 07°42'17.3"S 109°01'34.5"E |
| | | | Percetakan Grafik Indah | A9 | 07°42'22.6"S 109°01'49.6"E |
| | | | SMA 3 Cilacap | A10 | 07°42'22.6"S 109°01'53.8"E |
| | | | Perum Radjiman | A11 | 07°42'11.1"S 109°01'42.4"E |
| | | | Rumah Dinas Pertamina | A12 | 07°42'09.8"S 109°01'50.5"E |
| | | | Pengadilan Agama | A13 | 07°41'51.7"S 109°02'03.8"E |
| | | | Hotel Grand Liana | A14 | 07°41'49.7"S 109°02'04.1"E |
| | | | Bakso Aan | A15 | 07°41'44.3"S 109°02'09.1"E |
| | | | 2 | R 9542 AK | 2018 |
| DPRD | B1 | 07°43'39.7"S 109°00'23.0"E | | | |
| Kantor Bupati | B2 | 07°43'31.9"S 109°00'34.9"E | | | |
| SMPN 8 | B3 | 07°43'40.4"S 109°00'39.0"E | | | |
| Jl Katamso | B4 | 07°43'32.9"S 109°00'40.1"E | | | |
| Jl Perwira | B5 | 07°43'25.8"S 109°00'37.7"E | | | |
| Jl A Yani | B6 | 07°43'44.4"S 109°00'34.0"E | | | |
| N.S Hotel | B7 | 07°43'37.9"S 109°00'31.3"E | | | |
| Rita Pasaraya | B8 | 07°43'54.6"S 109°00'36.8"E | | | |
| SMA Yos Sudarso | B9 | 07°44'02.4"S 109°00'34.2"E | | | |
| SMP Pius | B10 | 07°44'10.3"S 109°00'34.2"E | | | |
| SD Pius | B11 | 07°44'12.0"S 109°00'34.3"E | | | |
| Damri | B12 | 07°44'16.9"S 109°00'33.0"E | | | |
| SMPN 1 | B13 | 07°44'19.4"S 109°00'33.6"E | | | |
| BPS | B14 | 07°43'19.8"S 109°01'05.0"E | | | |
| Citra Cathering | B15 | 07°43'22.0"S 109°00'52.3"E | | | |
| 3 | R 8058 XB | 2015 | Bank Sampah Beo | B16 | 07°43'09.7"S 109°00'34.1"E |
| | | | Warung Ora umum | C1 | 07°43'14.8"S 109°00'37.7"E |
| | | | Bangi Café | C2 | 07°43'31.1"S 109°00'48.3"E |
| | | | Alfamart S. Parman | C3 | 07°43'34.6"S 109°00'48.3"E |
| | | | Upnormal | C4 | 07°43'34.6"S 109°00'48.3"E |

| No | Nomor dan Tahun Kendaraan | TPS | Kode TPS | Titik Koordinat | |
|---------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------------|
| 4 | R 9549 AB | 2018 | Perum Polisi | C5 | 07°43'37.7"S 109°00'47.7"E |
| | | | Rs. Aprilia | C6 | 07°42'45.6"S 109°01'00.7"E |
| | | | Jl Gatot Subroto-Jl Perintis | C7 | 07°41'39.6"S 109°01'54.8"E |
| | | | BCA | C8 | 07°42'18.4"S 109°01'20.4"E |
| | | | Suzuki | C9 | 07°42'21.9"S 109°01'17.1"E |
| | | | Alfamidi | C10 | 07°42'36.7"S 109°01'05.7"E |
| | | | Perum Citandui | C11 | 07°42'39.3"S 109°01'09.0"E |
| | | | Indomart Gasu | C12 | 07°42'42.0"S 109°01'03.1"E |
| | | | Pasar Tanjung Sari | C13 | 07°42'13.1"S 109°01'35.5"E |
| | | | Jl MT Haryono | D1 | 07°43'02.0"S 109°00'20.6"E |
| | | | Lapas | D2 | 07°43'34.4"S 109°00'36.4"E |
| | | | RSUD | D3 | 07°43'02.3"S 109°01'01.6"E |
| | | | Puri Kusuma | D4 | 07°41'53.8"S 109°00'58.2"E |
| Griya Permai | D5 | 07°41'47.1"S 109°01'01.4"E | | | |
| Gumilir Indah | D6 | 07°41'39.3"S 109°01'36.8"E | | | |
| 5 | R 8059 XB | 2011 | E1 & TPS Kali Donan | F1 | 07°43'36.8"S 109°00'24.8"E |
| | | | Perum Bayur | G1 | 07°41'15.6"S 109°02'09.0"E |
| | | | Perum BKD | G2 | 07°41'32.8"S 109°01'46.3"E |

Sumber : Pengumpulan data

B. Volume TPS rata-rata per hari DLH Kabupaten Cilacap

Berdasarkan penelitian langsung sampah rata rata per-hari pada tiap TPS di Kabupaten Cilacap dijelaskan pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4. 5 Volume Timbunan Sampah TPS Rata-rata Perhari

| No | Nomor dan Tahun Kendaraan | TPS | Kode TPS | Volume (m3) | |
|----|---------------------------|------|-------------------------|-------------|------|
| 1 | R 8065 XB | 2011 | Hotel Atrium | A1 | 0,6 |
| | | | BNI | A2 | 0,3 |
| | | | Kantor Pos | A3 | 0,3 |
| | | | Hotel Anggrek | A4 | 0,2 |
| | | | Permades | A5 | 0,2 |
| | | | SPBU Soetomo | A6 | 0,25 |
| | | | DPMTSP | A7 | 0,15 |
| | | | Perum Pertamina | A8 | 0,4 |
| | | | Percetakan Grafik Indah | A9 | 0,05 |
| | | | SMA 3 Cilacap | A10 | 1,2 |

| No | Nomor dan Tahun Kendaraan | TPS | Kode TPS | Volume (m3) | |
|------------------------------|---------------------------|-------|-----------------------|-------------|-------|
| 2 | R 9542 AK | 2018 | Perum Radjiman | A11 | 0,3 |
| | | | Rumah Dinas Pertamina | A12 | 0,3 |
| | | | Pengadilan Agama | A13 | 0,6 |
| | | | Hotel Grand Liana | A14 | 0,3 |
| | | | Bakso Aan | A15 | 0,3 |
| | | | Honda mobil | A16 | 0,3 |
| | | | DPRD | B1 | 0,3 |
| | | | Kantor Bupati | B2 | 0,6 |
| | | | SMPN 8 | B3 | 0,3 |
| | | | Jl Katamso | B4 | 1,2 |
| | | | Jl Perwira | B5 | 0,2 |
| | | | Jl A Yani | B6 | 0,3 |
| | | | N.S Hotel | B7 | 0,3 |
| | | | Rita Pasaraya | B8 | 0,9 |
| | | | SMA Yos Sudarso | B9 | 0,45 |
| | | | 3 | R 8058 XB | 2015 |
| SD Pius | B11 | 0,15 | | | |
| Damri | B12 | 0,3 | | | |
| SMPN 1 | B13 | 0,15 | | | |
| BPS | B14 | 0,15 | | | |
| Citra Cathering | B15 | 0,15 | | | |
| Bank Sampah Beo | B16 | 2 | | | |
| Warung Ora umum | C1 | 0,15 | | | |
| Bangi Café | C2 | 0,15 | | | |
| Alfamart S. Parman | C3 | 0,075 | | | |
| Upnormal | C4 | 0,075 | | | |
| Perum Polisi | C5 | 0,15 | | | |
| Rs. Aprilia | C6 | 0,3 | | | |
| Jl Gatot Subroto-Jl Perintis | C7 | 3,6 | | | |
| BCA | C8 | 0,15 | | | |
| Suzuki | C9 | 0,075 | | | |
| Alfamidi | C10 | 0,075 | | | |
| 4 | R 9549 AB | 2018 | Perum Citandui | C11 | 0,3 |
| | | | Indomart Gasu | C12 | 0,075 |
| | | | Pasar Tanjung Sari | C13 | 1,2 |
| | | | Jl MT Haryono | D1 | 1,5 |
| | | | Lapas | D2 | 1,2 |
| | | | RSUD | D3 | 0,9 |

| No | Nomor dan Tahun Kendaraan | TPS | Kode TPS | Volume (m3) |
|----|---------------------------|----------------|----------|-------------|
| | | Puri Kusuma | D4 | 1,2 |
| | | Griya Permai | D5 | 0,9 |
| | | Gumilir Indah | D6 | 1,8 |
| 5 | R 8059 XB 2011 | TPS Kali Donan | E1 & F1 | 24 |
| | | Perum Bayur | G1 | 1,2 |
| | | Perum BKD | G2 | 4,5 |

Sumber : Pengumpulan data



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

4.1.5 Jarak antar TPS

a. Dumptruck dengan nomor kendaraan R 8065 XB

Tabel 4. 6 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 8065 XB (Km)

| DARI \ KE | Depot | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 | A15 | A16 | RDF |
|-----------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Depot | | 2,3 | 3,26 | 3,4 | 2,92 | 2,91 | 3,35 | 3,79 | 6,05 | 6,05 | 6,37 | 6,01 | 6,18 | 6,89 | 6,92 | 7,17 | 8,23 | 14,03 |
| A1 | | | 1,8 | 1,94 | 1,46 | 0,61 | 1,06 | 1,51 | 3,74 | 3,74 | 4,11 | 3,73 | 3,89 | 4,61 | 4,64 | 4,9 | 5,95 | 11,78 |
| A2 | | | | 0,28 | 1,17 | 1,77 | 2,22 | 2,68 | 4,92 | 4,92 | 5,26 | 4,89 | 5 | 5,78 | 5,81 | 6 | 7,12 | 12,93 |
| A3 | | | | | 1,26 | 1,92 | 2,37 | 2,82 | 5,07 | 5,07 | 5,42 | 5 | 5,21 | 5,92 | 5,95 | 6,21 | 7,26 | 13,07 |
| A4 | | | | | | 0,61 | 1,06 | 1,5 | 3,76 | 3,76 | 4,1 | 3,72 | 3,9 | 4,6 | 4,63 | 4,88 | 5,95 | 11,76 |
| A5 | | | | | | | 0,45 | 0,9 | 3,15 | 3,15 | 3,5 | 3,11 | 3,28 | 4 | 4,03 | 4,28 | 5,33 | 11,14 |
| A6 | | | | | | | | 0,44 | 2,7 | 2,7 | 3,05 | 2,66 | 2,83 | 3,54 | 3,57 | 3,83 | 4,89 | 10,7 |
| A7 | | | | | | | | | 2,38 | 2,38 | 2,73 | 2,35 | 3,52 | 3,23 | 3,26 | 3,51 | 4,58 | 10,39 |
| A8 | | | | | | | | | | 0,58 | 0,94 | 0,55 | 0,71 | 1,43 | 1,47 | 1,72 | 2,78 | 8,58 |
| A9 | | | | | | | | | | | 0,35 | 0,55 | 0,71 | 1,43 | 1,47 | 1,72 | 2,78 | 8,58 |
| A10 | | | | | | | | | | | | 0,9 | 1 | 1,78 | 1,81 | 2 | 3,12 | 8,92 |
| A11 | | | | | | | | | | | | | 0,38 | 1 | 1,12 | 1,38 | 2,43 | 8,23 |
| A12 | | | | | | | | | | | | | | 0,9 | 0,94 | 1,2 | 2,26 | 8,06 |
| A13 | | | | | | | | | | | | | | | 0,22 | 0,49 | 1,55 | 7,35 |
| A14 | | | | | | | | | | | | | | | | 0,35 | 1,43 | 7,23 |
| A15 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,2 | 7 |
| A16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,81 |
| RDF | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sumber : Pengumpulan data

b. Dumptruck dengan nomor kendaraan R 9542 AK

Tabel 4. 7 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 9542 AK (Km)

| DARI \ KE | Depot | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 | B13 | B14 | B15 | B16 | RDF |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Depot | | 1,84 | 2,44 | 2,34 | 2,58 | 2,88 | 2,32 | 2,51 | 2,71 | 2,88 | 3,12 | 3,17 | 3,35 | 3,4 | 3,53 | 3,3 | 1,13 | 12,18 |
| B1 | | | 0,59 | 0,48 | 0,74 | 1 | 0,46 | 0,64 | 0,85 | 1 | 1,26 | 1,31 | 1,5 | 1,55 | 1,68 | 1,45 | 1,69 | 12,74 |
| B2 | | | | 0,39 | 0,6 | 0,95 | 0,39 | 0,58 | 0,78 | 0,95 | 1,19 | 1,25 | 1,43 | 1,48 | 1,6 | 1,37 | 2,76 | 13,81 |
| B3 | | | | | 0,25 | 0,53 | 0,28 | 0,48 | 0,67 | 0,83 | 1 | 1,14 | 1,31 | 1,36 | 1,2 | 0,97 | 2,26 | 13,31 |
| B4 | | | | | | 0,28 | 0,54 | 0,74 | 0,93 | 1 | 1,34 | 1,39 | 1,58 | 1,64 | 1,39 | 1,15 | 2 | 13,05 |
| B5 | | | | | | | 1 | 1,23 | 1,43 | 1,59 | 1,83 | 1,88 | 2 | 2,13 | 2,25 | 2 | 3,79 | 14,84 |
| B6 | | | | | | | | 0,18 | 0,39 | 0,55 | 0,8 | 0,85 | 1 | 1,1 | 1,48 | 1,25 | 2,17 | 13,22 |
| B7 | | | | | | | | | 0,32 | 0,52 | 0,76 | 0,81 | 1 | 1,08 | 1,67 | 1,44 | 2,4 | 13,45 |
| B8 | | | | | | | | | | 0,31 | 0,56 | 0,62 | 0,81 | 0,86 | 1,88 | 1,65 | 2,59 | 13,64 |
| B9 | | | | | | | | | | | 0,24 | 0,29 | 0,48 | 0,54 | 2 | 1,79 | 2,74 | 13,79 |
| B10 | | | | | | | | | | | | 0,05 | 0,24 | 0,32 | 2,28 | 2 | 2,29 | 13,34 |
| B11 | | | | | | | | | | | | | 0,19 | 0,27 | 2,32 | 2 | 3 | 14,05 |
| B12 | | | | | | | | | | | | | | 0,08 | 2,52 | 2,29 | 3,22 | 14,27 |
| B13 | | | | | | | | | | | | | | | 2,43 | 2,33 | 3,27 | 14,32 |
| B14 | | | | | | | | | | | | | | | | 0,95 | 2,45 | 13,5 |
| B15 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 13,05 |
| B16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11,05 |
| RDF | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sumber : Pengumpulan data

c. Dumptruck dengan nomor kendaraan R 8058 XB

Tabel 4. 8 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 8058 XB (Km)

| KE DARI | Depot | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | RDF |
|------------|-------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Depot | | 1,4 | 1,5 | 2,32 | 2,43 | 2,53 | 1,39 | 4,1 | 5,69 | 5,84 | 6,42 | 6,58 | 6,6 | 5,56 | 13,94 |
| C1 | | | 0,1 | 0,92 | 1,03 | 1,13 | 1,29 | 4 | 5,59 | 5,74 | 6,32 | 6,48 | 6,5 | 5,46 | 13,84 |
| C2 | | | | 0,82 | 0,93 | 0,21 | 1,48 | 4,19 | 5,78 | 5,93 | 6,51 | 6,67 | 6,69 | 5,64 | 14,02 |
| C3 | | | | | 0,11 | 0,21 | 1,49 | 4,2 | 5,79 | 5,94 | 6,52 | 6,68 | 6,7 | 5,65 | 14,03 |
| C4 | | | | | | 0,1 | 1,59 | 4,3 | 5,89 | 6,04 | 6,62 | 6,78 | 6,8 | 5,76 | 14,14 |
| C5 | | | | | | | 1,69 | 4,4 | 5,99 | 6,14 | 6,72 | 6,88 | 6,9 | 5,86 | 14,24 |
| C6 | | | | | | | | 2,71 | 4,3 | 4,45 | 5,03 | 5,19 | 5,21 | 4,17 | 12,55 |
| C7 | | | | | | | | | 1,59 | 1,74 | 2,32 | 2,48 | 2,51 | 1,46 | 9,84 |
| C8 | | | | | | | | | | 0,15 | 0,73 | 0,89 | 0,91 | 2,17 | 10,55 |
| C9 | | | | | | | | | | | 0,58 | 0,74 | 0,76 | 2,79 | 11,17 |
| C10 | | | | | | | | | | | | 0,16 | 0,18 | 2,18 | 10,56 |
| C11 | | | | | | | | | | | | | 0,27 | 2 | 10,38 |
| C12 | | | | | | | | | | | | | | 2,61 | 10,99 |
| C13 | | | | | | | | | | | | | | | 8,38 |
| RDF | | | | | | | | | | | | | | | |

Sumber: Pengumpulan data

d. Dumptruck dengan nomor kendaraan R 9549 AB

Tabel 4. 9 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 9549 AB (Km)

| DARI \ KE | Depot | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | RDF |
|-----------|-------|-----|------|------|------|------|------|-------|
| Depot | | 0,6 | 2,15 | 2,54 | 5,37 | 5,37 | 6,59 | 14,69 |
| D1 | | | 1,55 | 1,95 | 4,76 | 4,76 | 6 | 14,1 |
| D2 | | | | 1,64 | 4,5 | 4,5 | 5,73 | 13,83 |
| D3 | | | | | 6,28 | 3,57 | 5,93 | 14,03 |
| D4 | | | | | | 0,58 | 3,12 | 11,22 |
| D5 | | | | | | | 2,87 | 10,97 |
| D6 | | | | | | | | 8,1 |
| RDF | | | | | | | | |

Sumber : Pengumpulan data

e. Dumptruck dengan nomor kendaraan R 8059 XB

Tabel 4. 10 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 8059 XB (Km) Ritase Pertama

| DARI \ KE | Depot | E1 | RDF |
|-----------|-------|------|-------|
| Depot | | 2,02 | 14,92 |
| E1 | | | 12,9 |
| RDF | | | |

Sumber : Pengumpulan Data

Tabel 4. 11 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 8059 XB (Km) Ritase Kedua

| DARI \ KE | RDF | F1 | RDF |
|-----------|-----|-------|-------|
| RDF | | 12,09 | 24,18 |
| F1 | | | 12,09 |
| RDF | | | |

Sumber : Pengumpulan data

Tabel 4. 12 Jarak Antar TPS Rute Kendaraan R 8059 XB (Km) Ritase Ketiga

| DARI \ KE | RDF | G1 | G2 | RDF |
|-----------|-----|------|------|------|
| RDF | | 6,15 | 7,22 | 14,8 |
| G1 | | | 1,07 | 8,65 |
| G2 | | | | 7,58 |
| RDF | | | | |

Sumber : Pengumpulan data

4.1.6 Rute pengangkutan sampah

Rute pengangkutan sampah eksisting Kabupaten Cilacap berdasarkan dump truk yang diteliti dijelaskan pada **Tabel 4.13** sebagai berikut. Adapun rute eksisting apabila di aplikasikan kedalam bentuk peta maka dapat dilihat pada **Gambar 4.1** hingga **Gambar 4.9**.

Tabel 4. 13 Rute Eksisting Pengangkutan Sampah Kabupaten Cilacap

| Dump Truk | Rute | Volume Timbunan sampah terangkut (M3) | Jarak (Km) |
|--------------------------|--|---------------------------------------|------------|
| R 8065 XB | DEPOT-A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16-RDF-DEPOT | 5,75 | 30,31 |
| R 9542 AK | DEPOT-B1-B2-B3-B4-B5-B6-B7-B8-B9-B10-B11-B12-B13-B14-B15-B16-RDF-DEPOT | 7,6 | 32,25 |
| R 8058 XB | DEPOT-C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-RDF-DEPOT | 6,37 | 30,77 |
| R 9549 AB | DEPOT-D1-D2-D3-D4-D5-D6-RDF-DEPOT | 7,5 | 31,72 |
| R 8059 XB (Rit 1) | DEPOT-E1-RDF | 6 | 14,92 |
| R 8059 XB (Rit 2) | RDF-F1-RDF | 6 | 24,18 |

| Dump Truk | Rute | Volume Timbunan sampah terangkut (M3) | Jarak (Km) |
|--------------------------|---------------------|---------------------------------------|------------|
| R 8059 XB (Rit 3) | RDF-G1-G2-RDF-DEPOT | 5,7 | 24,9 |

Sumber : Pengumpulan data

4.2 Penerapan Saving Matrix

4.2.1 Rute A dan B

A. Identifikasi Matrix Jarak

Matrix jarak dapat diidentifikasi setelah mendapatkan data di lapangan yang dibantu dengan menggunakan alat GPS. Penggabungan rute A dan B dilakukan karena memiliki titik koordinat yang berdekatan. Matrix jarak A dan B dijelaskan pada **Tabel 4.14**.

B. Menentukan Saving matrix

Saving matrix dapat ditentukan berdasarkan data matrix jarak yang sudah diketahui. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$S(x,y) = J(d,x) + J(d,y) - J(x,y)$$

Keterangan :

$S(x,y)$: Saving Matrix (matrix Penghemat)

$J(d,x)$: Jarak dari depot ke TPS x

$J(d,y)$: Jarak dari depot ke TPS y

$J(x,y)$: Jarak dari TPS x ke TPS y

Contoh perhitungan Saving matrix yang dihitung dari **Tabel 4.14** sebagai berikut:

Diketahui :

$$J(d,A1) : 2,3 \text{ km}$$

$$J(d,A2) : 3,3 \text{ km}$$

$$J(A1,A2) : 1,8 \text{ km}$$

Ditanyakan : $S(A1,A2)$?

Jawab :

$$S(A1,A2) = J(d,A1) + J(d,A2) - J(A1,A2)$$

$$S(A1,A2) = 2,3 + 3,3 - 1,8$$

$$S(A1,A2) = 3,8 \text{ km}$$

Perhitungan saving matrix rute A dan B dijelaskan pada **Tabel 4.15**

C. Mengalokasikan Kendaraan dan Rute Berdasarkan Lokasi

Setelah mendapatkan nilai saving matrix dari perhitungan matrix diatas maka langkah selanjutnya dengan mengurutkan pasangan TPS dari nilai yang terbesar ke yang terkecil dengan tetap memperhatikan volume kendaraan. Langkah yang demikian biasa disebut dengan Iterasi.

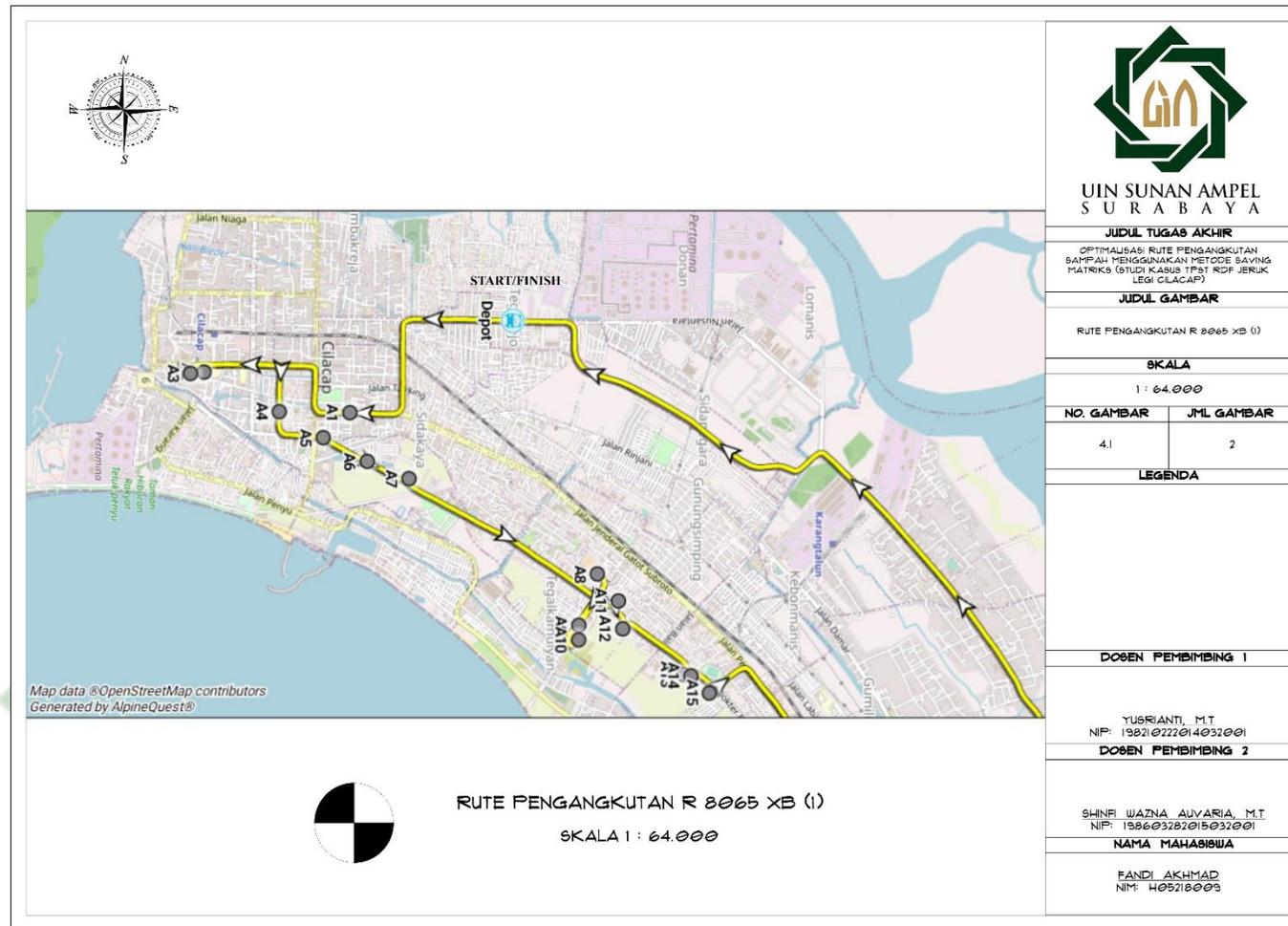
1. Rute A

- Iterasi 1

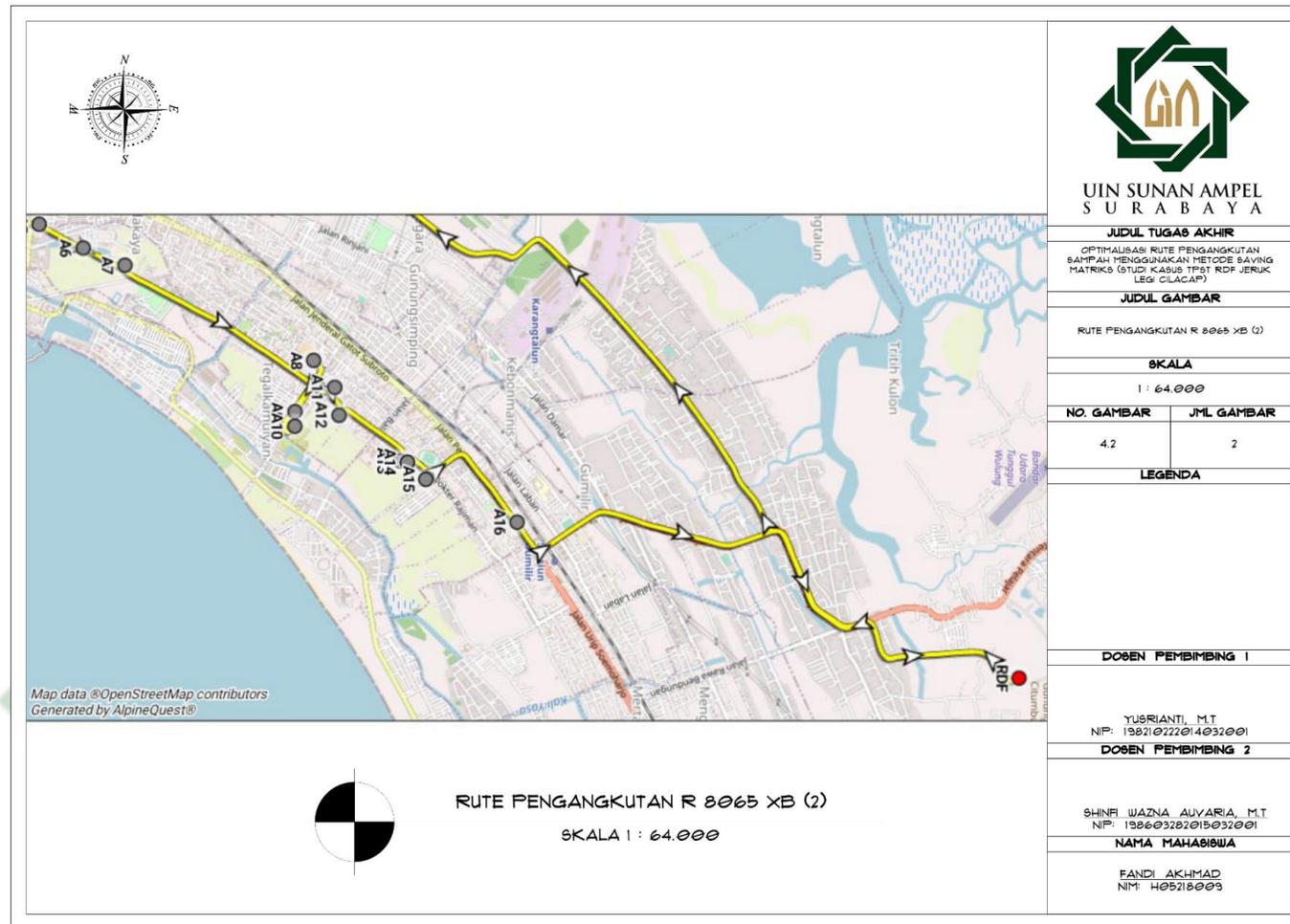
Perhitungan saving matrix yang tertera pada **Tabel 4.15** diketahui bahwa nilai saving terbesar berada pada A15-A16 yaitu 14,2 maka rute yang akan dilakukan menjadi Depot-A15-C16, dan sampah yang diambil berdasarkan volume timbulan sampah $A15 + A15 = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ m}^3$, karena volume truk masih memenuhi maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 2

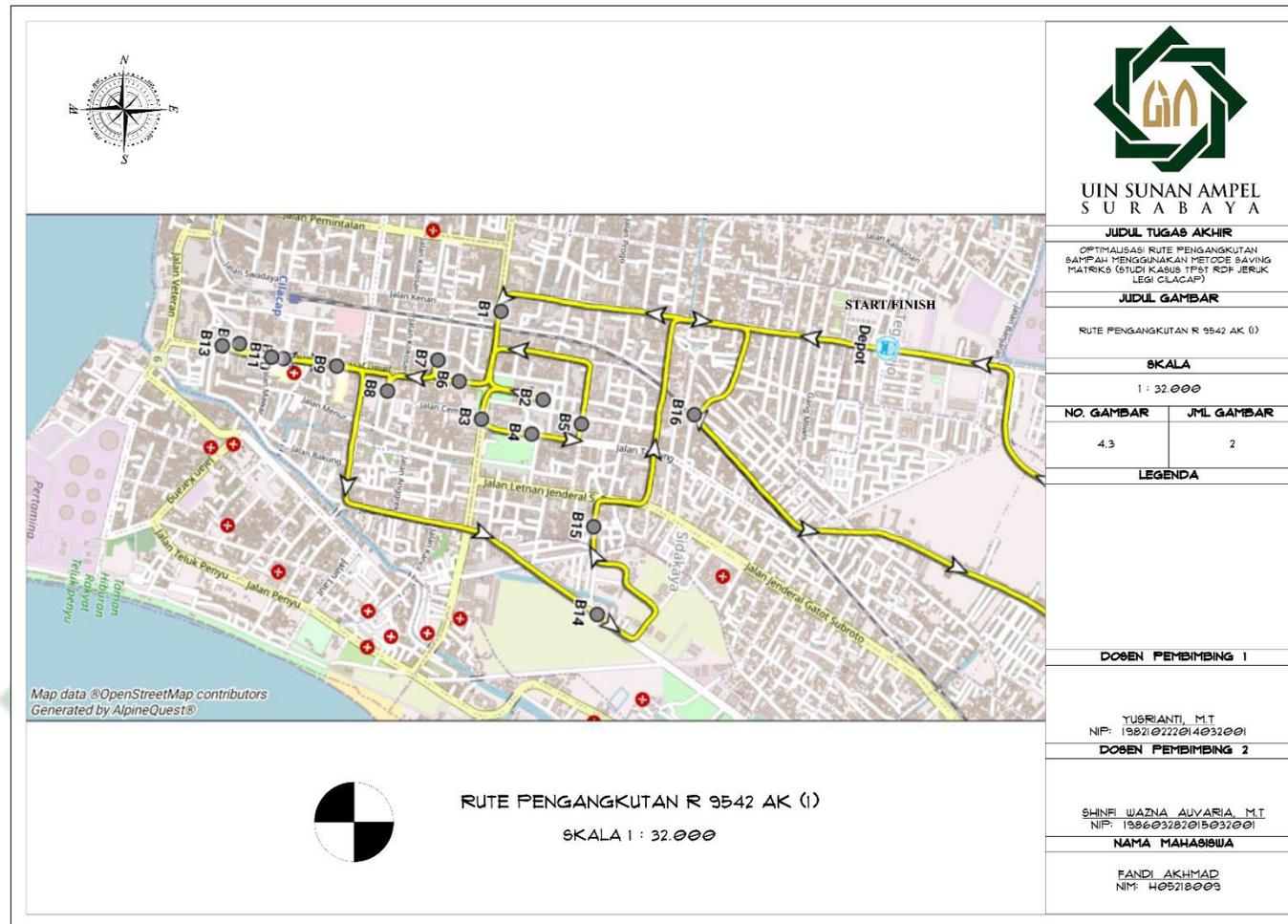
Berdasarkan **Tabel 4. 15** iterasi pertama dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik A14 – C15 dan A 14-A16 yaitu 13,7 maka rute akan menjadi Depot-A14-A15-A16, dan volume timbulan sampah akan menjadi $0,9 \text{ m}^3$. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya pada **Tabel 4.15**.



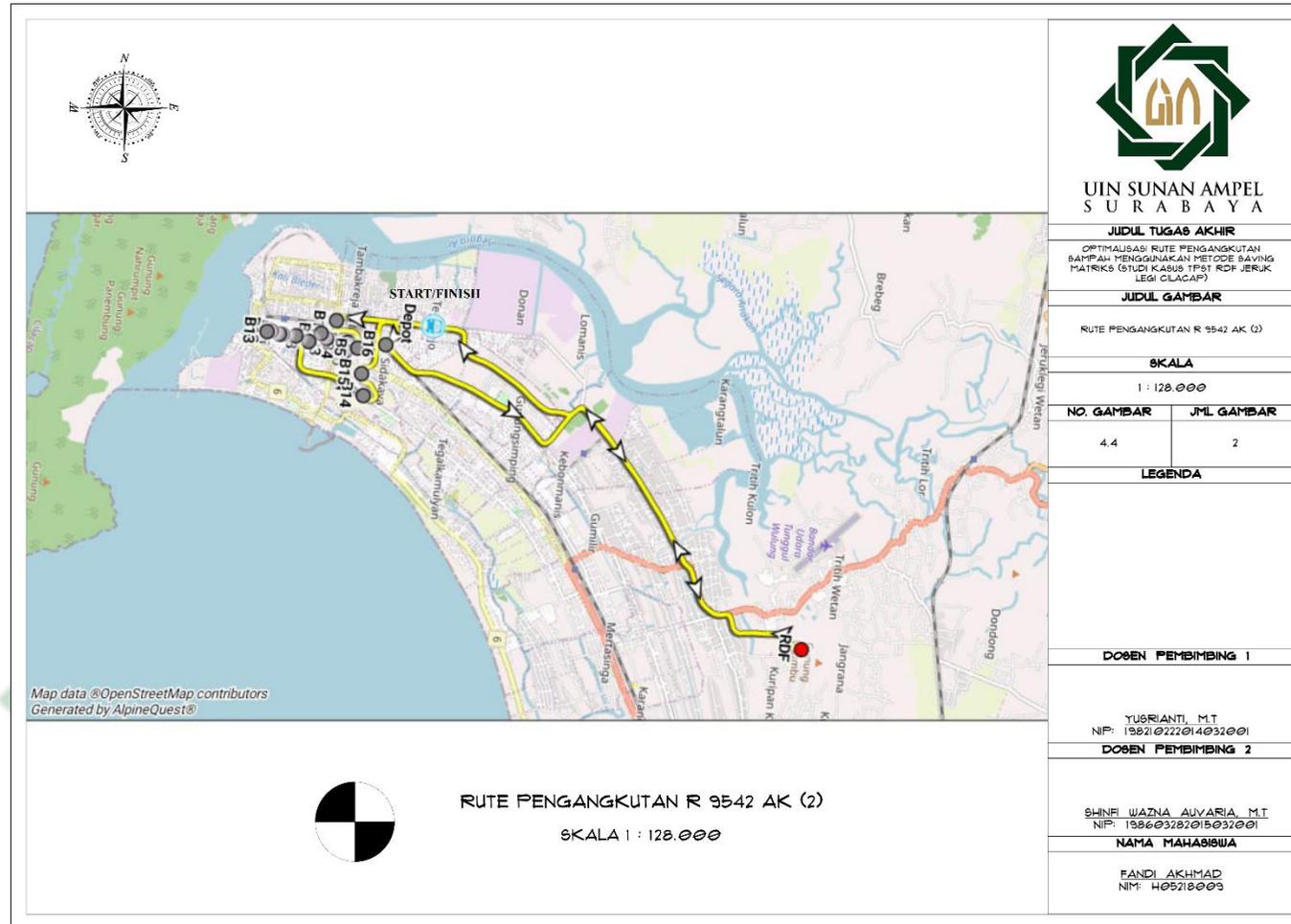
Gambar 4. 1 Rute Pengangkutan R 8065 XB (1)



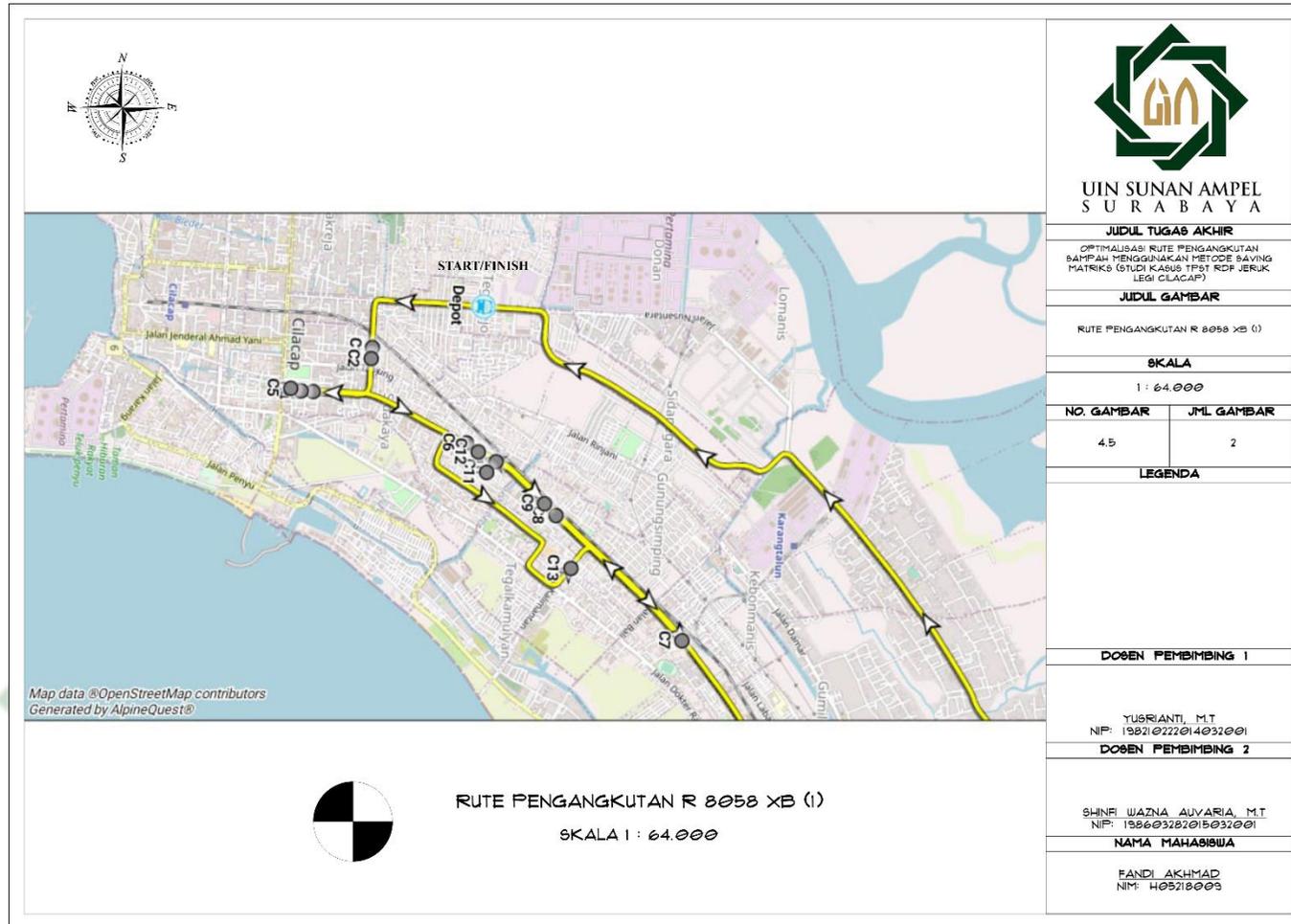
Gambar 4. 2 Rute Pengangkutan R 8065 XB (2)



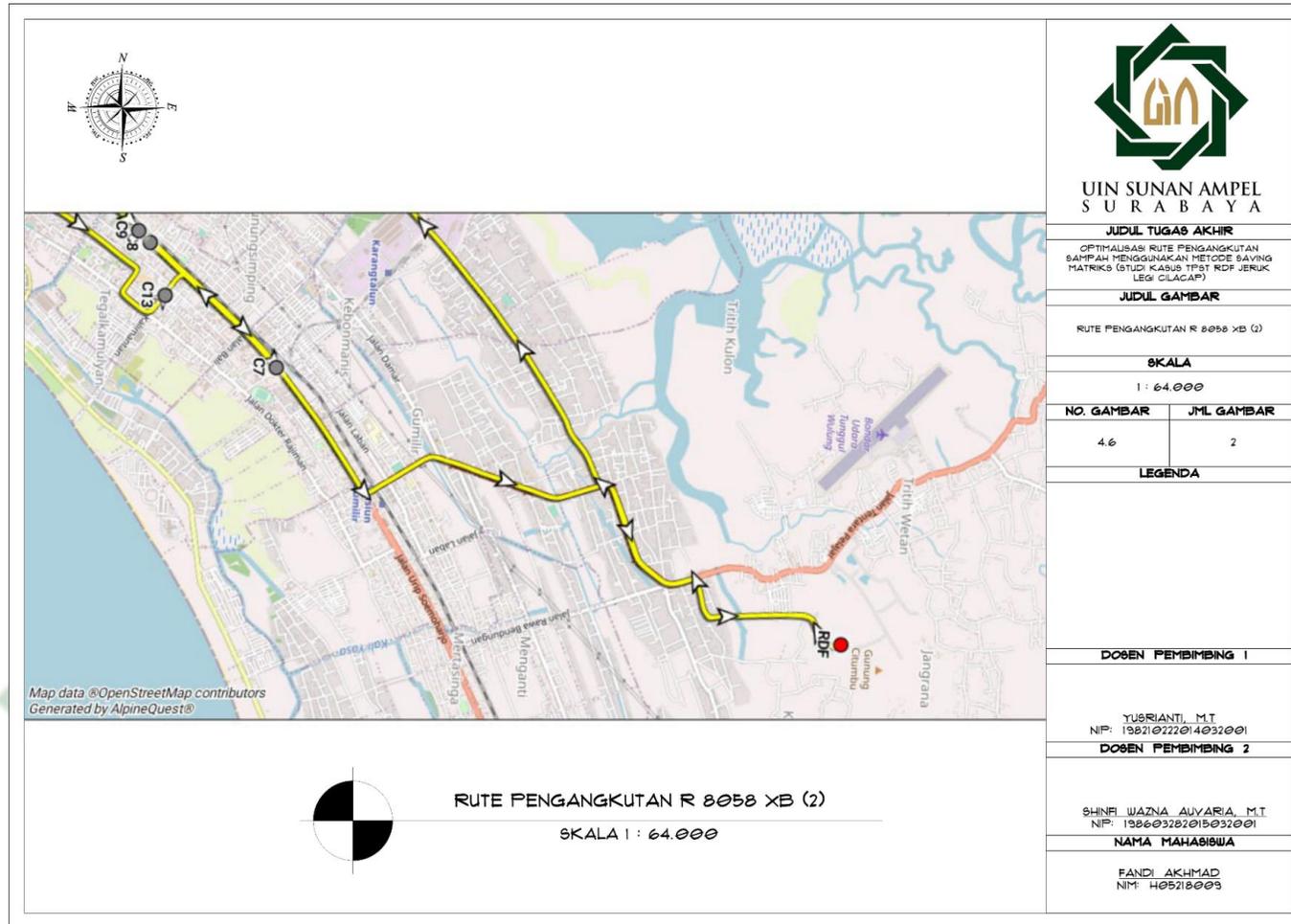
Gambar 4. 3 Rute Pengangkutan R 9542 AK (1)



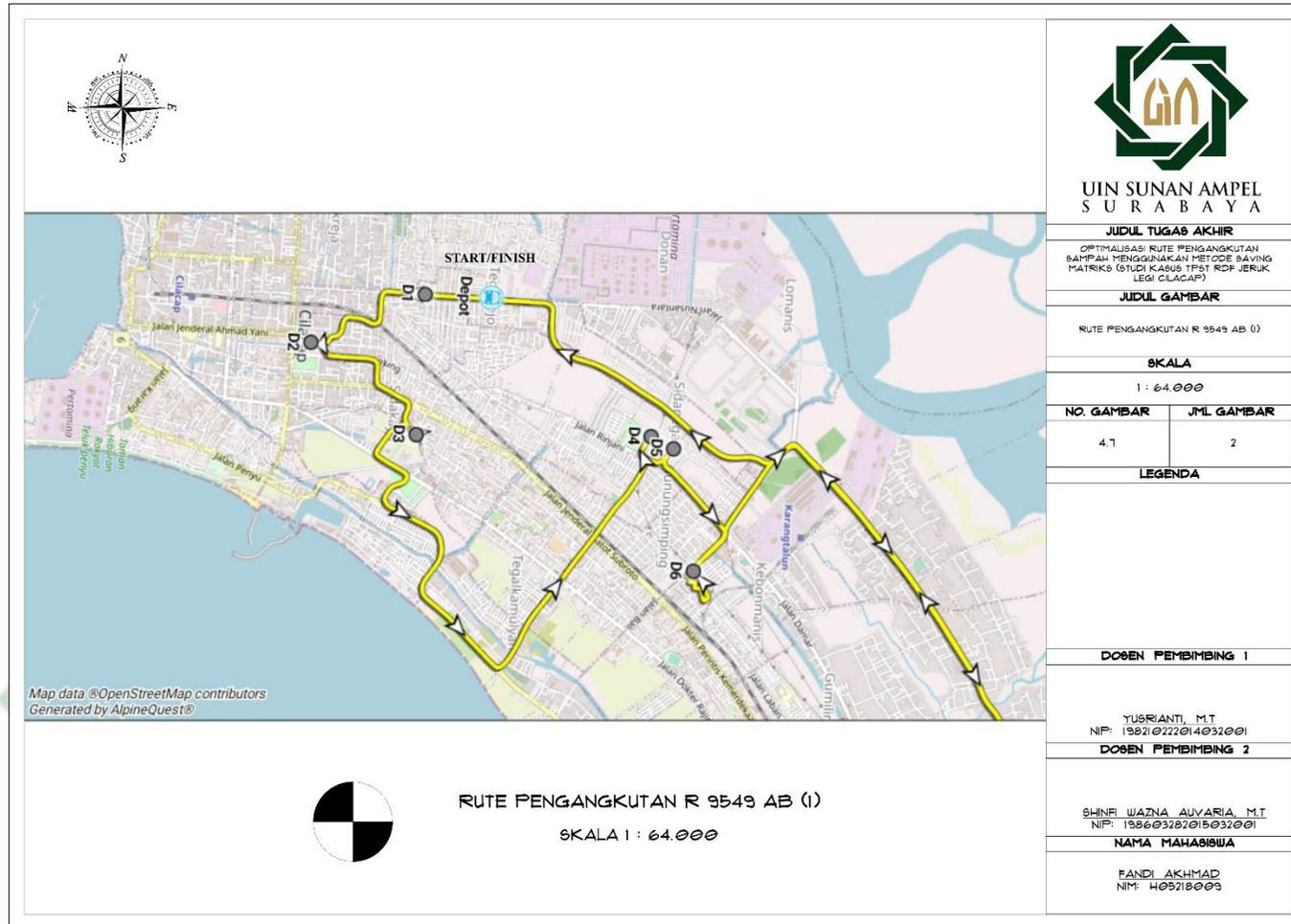
Gambar 4. 4 Rute Pengangkutan R 9542 AK (2)



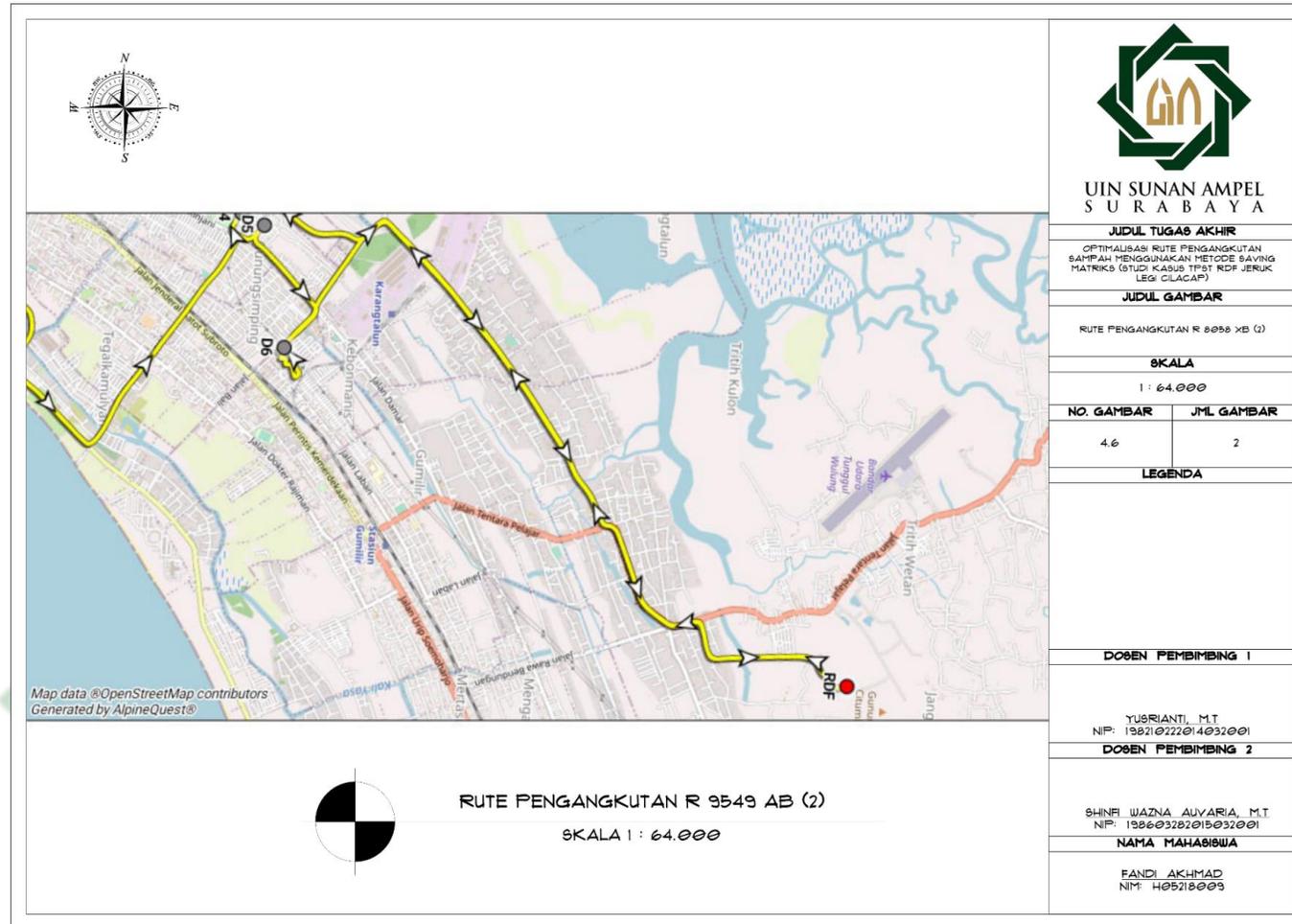
Gambar 4. 5 Rute Pengangkutan R 8058 XB (1)



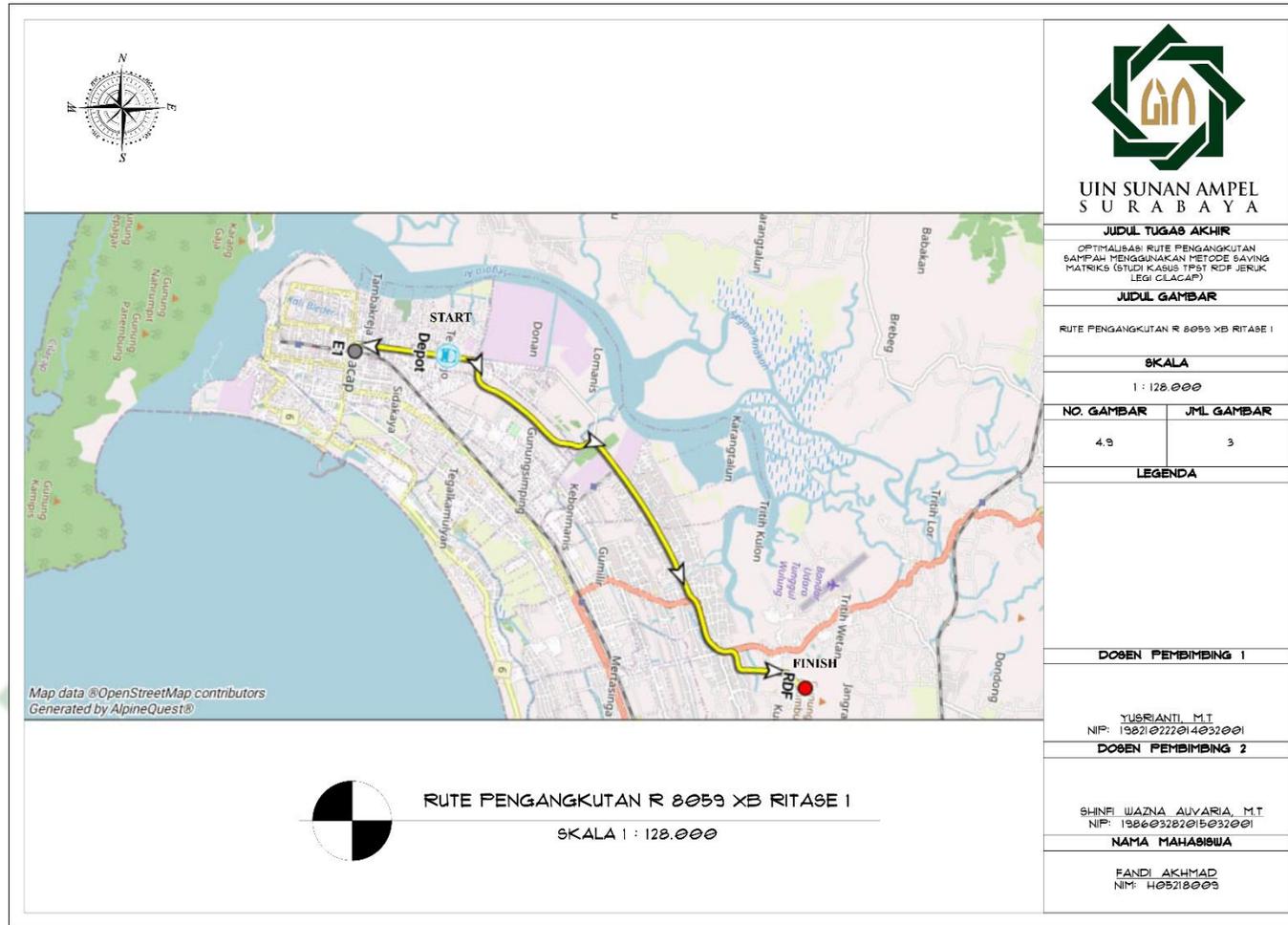
Gambar 4. 6 Rute Pengangkutan R 8058 XB (2)



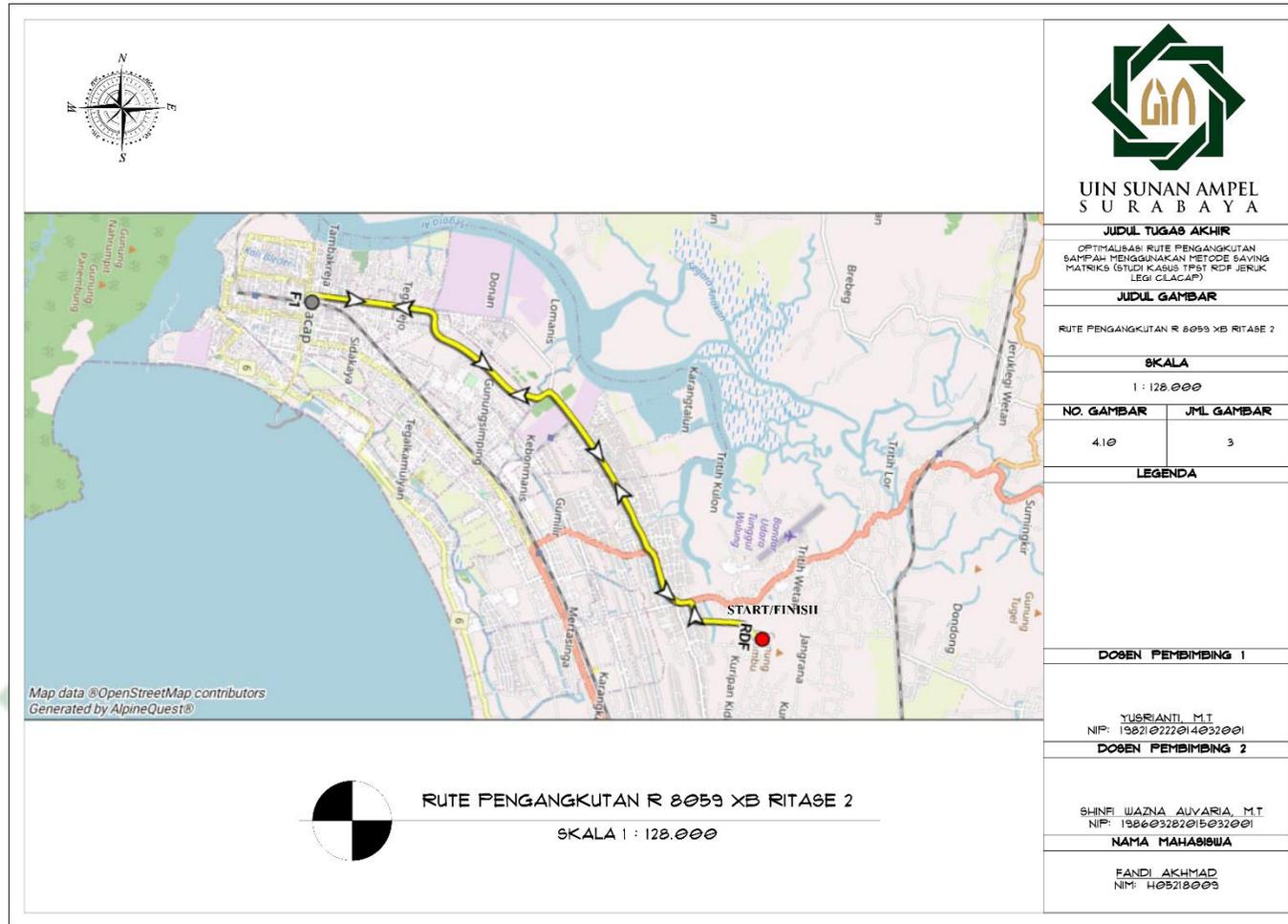
Gambar 4. 7 Rute Pengangkutan R 9549 AB (1)



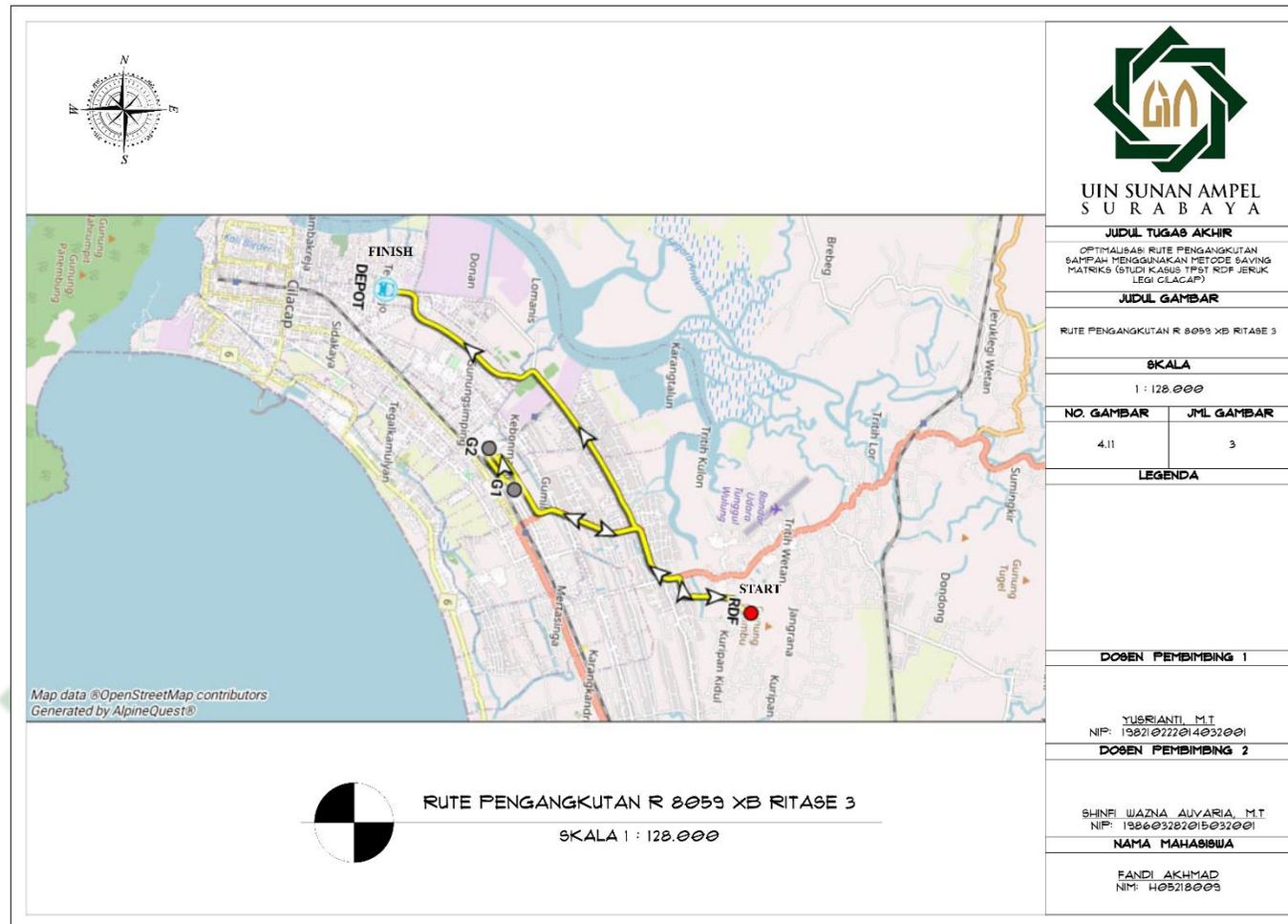
Gambar 4. 8 Rute Pengangkutan R 9549 AB (2)



Gambar 4. 9 Rute Pengangkutan R 8059 XB Ritase 1



Gambar 4. 10 Rute Pengangkutan R 8059 XB Ritase 2



Gambar 4. 11 Rute Pengangkutan R 8059 XB Ritase

Tabel 4. 14 Matrix Jarak A dan B

| KE DARI | | Depot | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 | A15 | A16 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 | B13 | B14 | B15 | B16 | RDF | |
|------------|--|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| | | Depot | 2,3 | 3,3 | 3,4 | 2,9 | 2,9 | 3,4 | 3,8 | 6,1 | 6,1 | 6,4 | 6,0 | 6,2 | 6,9 | 6,9 | 7,2 | 8,2 | 1,8 | 2,4 | 2,3 | 2,6 | 2,9 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 3,2 | 3,4 | 3,4 | 3,5 | 3,3 | 1,1 | 12,2 | |
| A1 | | | 1,8 | 1,9 | 1,5 | 0,6 | 1,1 | 1,5 | 3,7 | 3,7 | 4,1 | 3,7 | 3,9 | 4,6 | 4,6 | 4,9 | 6,0 | 1,1 | 1,0 | 0,6 | 0,7 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 1,3 | 1,4 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 2,0 | 1,2 | 0,4 | 2,2 | 13,2 | | |
| A2 | | | | | 0,3 | 1,2 | 1,8 | 2,2 | 2,7 | 4,9 | 4,9 | 5,3 | 4,9 | 5,0 | 5,8 | 5,8 | 6,0 | 7,1 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 2,4 | 2,2 | 4,0 | 15,0 | |
| A3 | | | | | | 1,3 | 1,9 | 2,4 | 2,8 | 5,1 | 5,1 | 5,4 | 5,0 | 5,2 | 5,9 | 6,0 | 6,2 | 7,3 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,6 | 1,9 | 1,0 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 2,6 | 2,3 | 4,0 | 15,1 | |
| A4 | | | | | | | 0,6 | 1,1 | 1,5 | 3,8 | 3,8 | 4,1 | 3,7 | 3,9 | 4,6 | 4,6 | 4,9 | 6,0 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 3,2 | 14,3 | |
| A5 | | | | | | | | 0,5 | 0,9 | 3,2 | 3,2 | 3,5 | 3,1 | 3,3 | 4,0 | 4,0 | 4,3 | 5,3 | 1,0 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 2,0 | 0,6 | 1,0 | 3,0 | 14,1 | |
| A6 | | | | | | | | | 0,4 | 2,7 | 2,7 | 3,1 | 2,7 | 2,8 | 3,5 | 3,6 | 3,8 | 4,9 | 1,5 | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 0,2 | 0,5 | 2,6 | 13,6 | |
| A7 | | | | | | | | | | 2,4 | 2,4 | 2,7 | 2,4 | 3,5 | 3,2 | 3,3 | 3,5 | 4,6 | 2,2 | 2,0 | 1,7 | 1,9 | 2,2 | 1,9 | 2,2 | 2,3 | 2,5 | 2,8 | 2,8 | 3,0 | 3,0 | 0,3 | 0,7 | 2,4 | 13,4 | |
| A8 | | | | | | | | | | | 0,6 | 0,9 | 0,6 | 0,7 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 2,8 | 4,2 | 4,1 | 3,7 | 3,9 | 4,2 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 4,9 | 5,1 | 5,1 | 2,5 | 3,0 | 5,0 | 16,0 | |
| A9 | | | | | | | | | | | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 2,8 | 4,2 | 4,1 | 3,7 | 3,9 | 4,2 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 4,9 | 5,1 | 5,1 | 2,5 | 3,0 | 5,0 | 16,0 | |
| A10 | | | | | | | | | | | | | 0,9 | 1,0 | 1,8 | 1,8 | 2,0 | 3,1 | 4,6 | 4,5 | 4,1 | 4,3 | 4,6 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 4,9 | 5,2 | 5,2 | 5,4 | 5,5 | 2,9 | 3,3 | 5,3 | 16,4 | |
| A11 | | | | | | | | | | | | | | 0,4 | 1,0 | 1,1 | 1,4 | 2,4 | 4,2 | 4,1 | 3,7 | 3,9 | 4,2 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 4,9 | 5,1 | 5,1 | 2,5 | 3,0 | 5,0 | 16,0 | |
| A12 | | | | | | | | | | | | | | | 0,9 | 0,9 | 1,2 | 2,3 | 4,6 | 4,5 | 4,1 | 4,3 | 4,6 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,2 | 5,4 | 5,5 | 2,9 | 3,3 | 5,4 | 16,4 | |
| A13 | | | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,5 | 1,6 | 5,5 | 5,4 | 5,0 | 5,2 | 5,5 | 5,3 | 5,5 | 5,7 | 5,9 | 6,1 | 6,1 | 6,3 | 6,4 | 3,8 | 4,2 | 6,3 | 17,3 | |
| A14 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,4 | 1,4 | 5,7 | 5,6 | 5,2 | 5,4 | 5,7 | 5,5 | 5,7 | 5,9 | 6,1 | 6,3 | 6,4 | 6,6 | 6,6 | 4,0 | 4,5 | 6,5 | 17,5 | |
| A15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,2 | 6,1 | 6,0 | 5,6 | 5,8 | 6,1 | 5,9 | 6,1 | 6,3 | 6,4 | 6,7 | 6,7 | 6,9 | 7,0 | 4,4 | 4,8 | 6,8 | 17,9 | |
| A16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7,3 | 7,2 | 6,8 | 7,0 | 7,3 | 7,1 | 7,3 | 7,5 | 7,6 | 7,9 | 7,9 | 8,1 | 8,2 | 5,6 | 6,0 | 8,0 | 19,1 | |
| B1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 1,0 | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,5 | 1,7 | 12,7 | |
| B2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,4 | 0,6 | 1,0 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,4 | 2,8 | 13,8 | |
| B3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,2 | 1,0 | 2,3 | 13,3 | |
| B4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 2,0 | 13,1 | |
| B5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,3 | 2,0 | 3,8 | 14,8 | |
| B6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,5 | 1,3 | 2,2 | 13,2 | |
| B7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,7 | 1,4 | 2,4 | 13,5 | |
| B8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,9 | 1,7 | 2,6 | 13,6 | |
| B9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 2,0 | 1,8 | 2,7 | 13,8 | |
| B10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 2,3 | 2,0 | 2,3 | 13,3 | |
| B11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 2,3 | 2,0 | 3,0 | 14,1 | |
| B12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,1 | 2,5 | 2,3 | 3,2 | 14,3 | | |
| B13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,4 | 2,3 | 3,3 | 14,3 | |
| B14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,0 | 2,5 | 13,5 | |
| B15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,0 | 13,1 | |
| B16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11,1 |
| RDF | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 15 Saving Matrix Rute A dan B

| DARI \ KE | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 | A15 | A16 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 | B13 | B14 | B15 | B16 | |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| A1 | | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 3,1 | 3,7 | 4,1 | 4,2 | 4,2 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 4,6 | 5,2 | 1,3 | |
| A2 | | | 6,4 | 5,0 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 3,7 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,6 | 4,9 | 5,3 | 5,8 | 6,2 | 6,3 | 6,4 | 6,4 | 4,4 | 4,4 | 0,4 | |
| A3 | | | | 5,1 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 3,7 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,7 | 4,9 | 5,3 | 5,8 | 6,3 | 6,4 | 6,6 | 6,6 | 4,4 | 4,4 | 0,5 | |
| A4 | | | | | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 3,8 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,6 | 4,9 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,2 | 4,8 | 0,8 | |
| A5 | | | | | | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 3,8 | 4,4 | 4,7 | 4,7 | 4,8 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 5,8 | 5,3 | 1,0 | |
| A6 | | | | | | | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 6,7 | 3,7 | 4,4 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 6,7 | 6,1 | 1,9 | |
| A7 | | | | | | | | 7,5 | 7,5 | 7,4 | 7,5 | 6,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,4 | 3,5 | 4,2 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 7,1 | 6,4 | 2,5 | |
| A8 | | | | | | | | | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 3,7 | 4,4 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,3 | 7,1 | 6,4 | 2,2 | |
| A9 | | | | | | | | | | 12,1 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 3,7 | 4,4 | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,3 | 7,1 | 6,4 | 2,2 | |
| A10 | | | | | | | | | | | 11,5 | 11,6 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 3,6 | 4,3 | 4,6 | 4,7 | 4,7 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 7,1 | 6,4 | 2,2 | |
| A11 | | | | | | | | | | | | 11,8 | 11,9 | 11,8 | 11,8 | 11,8 | 3,6 | 4,3 | 4,6 | 4,7 | 4,7 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 7,0 | 6,4 | 2,2 | |
| A12 | | | | | | | | | | | | | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 3,4 | 4,1 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 6,8 | 6,2 | 1,9 | |
| A13 | | | | | | | | | | | | | | 13,6 | 13,6 | 13,6 | 3,2 | 3,9 | 4,2 | 4,3 | 4,3 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 6,6 | 6,0 | 1,8 | |
| A14 | | | | | | | | | | | | | | | 13,7 | 13,7 | 3,0 | 3,7 | 4,0 | 4,1 | 4,1 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 6,5 | 5,8 | 1,6 | |
| A15 | | | | | | | | | | | | | | | | 14,2 | 2,9 | 3,6 | 3,9 | 4,0 | 4,0 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 6,4 | 5,7 | 1,5 | |
| A16 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,8 | 3,5 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 6,2 | 5,5 | 1,3 | |
| B1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 1,3 | |
| B2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 0,8 | |
| B3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4,7 | 4,7 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,7 | 4,7 | 1,2 | |
| B4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,2 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,3 | 4,7 | 4,7 | 1,7 | |
| B5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 0,2 | |
| B6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4,7 | 4,6 | 4,7 | 4,6 | 4,6 | 4,7 | 4,6 | 4,4 | 4,4 | 1,3 | |
| B7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,8 | 4,4 | 4,4 | 1,2 | |
| B8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 4,4 | 4,4 | 1,3 | |
| B9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,7 | 4,4 | 4,4 | 1,3 | |
| B10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 4,4 | 4,4 | 2,0 | |
| B11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6,3 | 6,3 | 4,4 | 4,5 | 1,3 | |
| B12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6,7 | 4,4 | 4,4 | 1,3 | |
| B13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4,5 | 4,4 | 1,3 | |
| B14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,9 | 2,2 | |
| B15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,4 | |
| B16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sumber: Hasil Perhitungan

- Iterasi 3

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi kedua dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik A13-A14, A13-15, dan A15-A16. Yaitu 13,6. Karena A14, A15, A16 sudah masuk ke rute sebelumnya maka rute hanya akan ditambahkan A13 sehingga akan menjadi Depot-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 1,5 m³, karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 4

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi ketiga dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A12-A13, A12-A14, dan A12-A15 yaitu 12,2. Karena A13, A14, dan A15 sudah masuk ke rute sebelumnya maka rute akan menjadi Depot-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 1,8 m³, karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 5

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi keempat dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A9-A10 yaitu 12,1 maka rute akan menjadi Depot-A9-A10-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 3,05 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 6

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi kelima dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A11-A13 yaitu 11,9 maka rute akan menjadi Depot-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 3,35 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 7

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi keenam dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A11-A12, A11-A14, A11-A15, dan A11-A16 memiliki nilai saving yang sama yaitu 11,8. Akan tetapi titik tersebut sudah masuk kedalam rute sebelumnya, maka dicari nilai saving terbesar selanjutnya yang belum masuk kedalam rute. Titik yang cocok untuk ditambahkan yaitu tertera pada nilai saving titik A8-A9 yaitu 11,5 maka rute akan menjadi Depot-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 3,75 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 8

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi ketujuh dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A7-A8, A7-A9, A7-A13, A7-A14, dan A7-A15 yaitu 7,5 maka rute akan menjadi Depot-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 3,9 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 9

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi kedelapan dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A7-B14, A8-B14, A9-B14, dan A10-B14 dengan nilai saving yang sama yaitu 7,1 maka rute akan menjadi Depot-B14-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume sampah akan menjadi 4,05 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 10

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi kesembilan dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A6-A7 yaitu 6,7 maka rute akan menjadi Depot-B14-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah menjadi 4,3 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 11

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi kesepuluh dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik B12-B13 yaitu 6,7 maka rute akan menjadi Depot-B12-B13-B14-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 4,75 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 12

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi kesebelas dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A2-A3 yaitu 6,4 maka rute

akan menjadi Depot-A2-A3-B12-B13-B14-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 5,35 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 13

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi keduabelas dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A7-B15 yaitu 6,4. Akan tetapi titik B15 memiliki jalur lalu lintas yang sulit apabila digabungkan dengan rute ini sehingga B15 dilewati dan memilih titik saving matrix A3-B11 dimana memiliki nilai saving yaitu 6,4 maka rute akan menjadi Depot-A2-A3-B11-B12-B13-B14-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 5,5 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 14

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi ketigabelas dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A3-B10 yaitu 6,3 maka rute akan menjadi Depot-A2-A3-B10-B11-B12-B13-B14-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 5,65 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 15

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi keempat belas dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A3-B9 yaitu 5,8 maka rute

akan menjadi Depot-A2-A3-B9-B10-B11-B12-B13-B14-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 5,7 m³. Karena volume timbulan sampah masih memenuhi kapasitas maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya pada **Tabel 4.15**.

- Iterasi 16

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi kelimabelas dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving terbesar selanjutnya yaitu tertera pada titik A2-B8 yaitu 5,3 maka rute akan menjadi Depot-A2-A3-B8-B9-B10-B11-B12-B13-B14-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16 dan volume timbulan sampah akan menjadi 6,6 m³. Karena volume sampah sudah memenuhi maka rute selesai di titik A16 dan dilanjutkan ke RDF.

2. Rute B

- Iterasi 1

Melanjutkan dari Rute A yang sebelumnya dianalisis, penentuan rute B dianalisis dari nilai saving matrix yang tertinggi berdasarkan nilai saving yang tidak masuk di rute A. berdasarkan **Tabel 4.15** nilai saving yang tertinggi yaitu tertera pada titik A5-B15 yaitu 5,3 maka rute akan menjadi Depot-A5-B15, dengan volume timbulan sampah yang terakngkut adalah 0,35 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.15**.

- Iterasi 2

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi pertama dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik B4-B5 yaitu 5,2 maka rute akan menjadi Depot-A5-B4-B5-B15, dengan volume timbulan sampah yang terangkut adalah 1,75 m³. Karena

volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.15**.

- Iterasi 3

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi kedua dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik A4-A5 yaitu 5,2 maka rute akan menjadi Depot-A4-A5-B4-B5-B15, dengan volume timbulan sampah yang terangkut adalah 1,95 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.15**.

- Iterasi 4

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi ketiga dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik A1-B15 yaitu 5,2 maka rute akan menjadi Depot-A1-A4-A5-B4-B5-B15, dengan volume timbulan sampah yang terangkut adalah 2,55 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.15**.

- Iterasi 5

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi keempat dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik A4-B7 yaitu 4,9 maka rute akan menjadi Depot-A1-A4-A5-B4-B5-B7-B15, dengan volume timbulan sampah yang terangkut adalah 2,85 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.15**.

- Iterasi 6

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi kelima dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik B6-B7 yaitu 4,7 maka rute akan menjadi Depot-A1-A4-A5-B4-B5-B6-B7-B15, dengan volume timbulan sampah yang terangkut adalah 3,15 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.15**.

- Iterasi 7

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi keenam dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik B3-B4 yaitu 4,7 maka rute akan menjadi Depot-A1-A4-A5-B3-B4-B5-B6-B7-B15, dengan volume timbulan sampah yang terangkut adalah 3,45 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.15**.

- Iterasi 8

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi ketujuh dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik B2-B3 yaitu 4,4 maka rute akan menjadi Depot-A1-A4-A5-B2-B3-B4-B5-B6-B7-B15, dengan volume timbulan sampah yang terangkut adalah 4,05 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.15**.

- Iterasi 9

Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi kedelapan dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik A5-B1 yaitu 3,8 maka rute akan menjadi Depot-A1-A4-A5-B1-B2-B3-B4-B5-B6-

B7-B15, dengan volume timbulan sampah yang terangkut adalah 4,35 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.15**.

- Iterasi 10

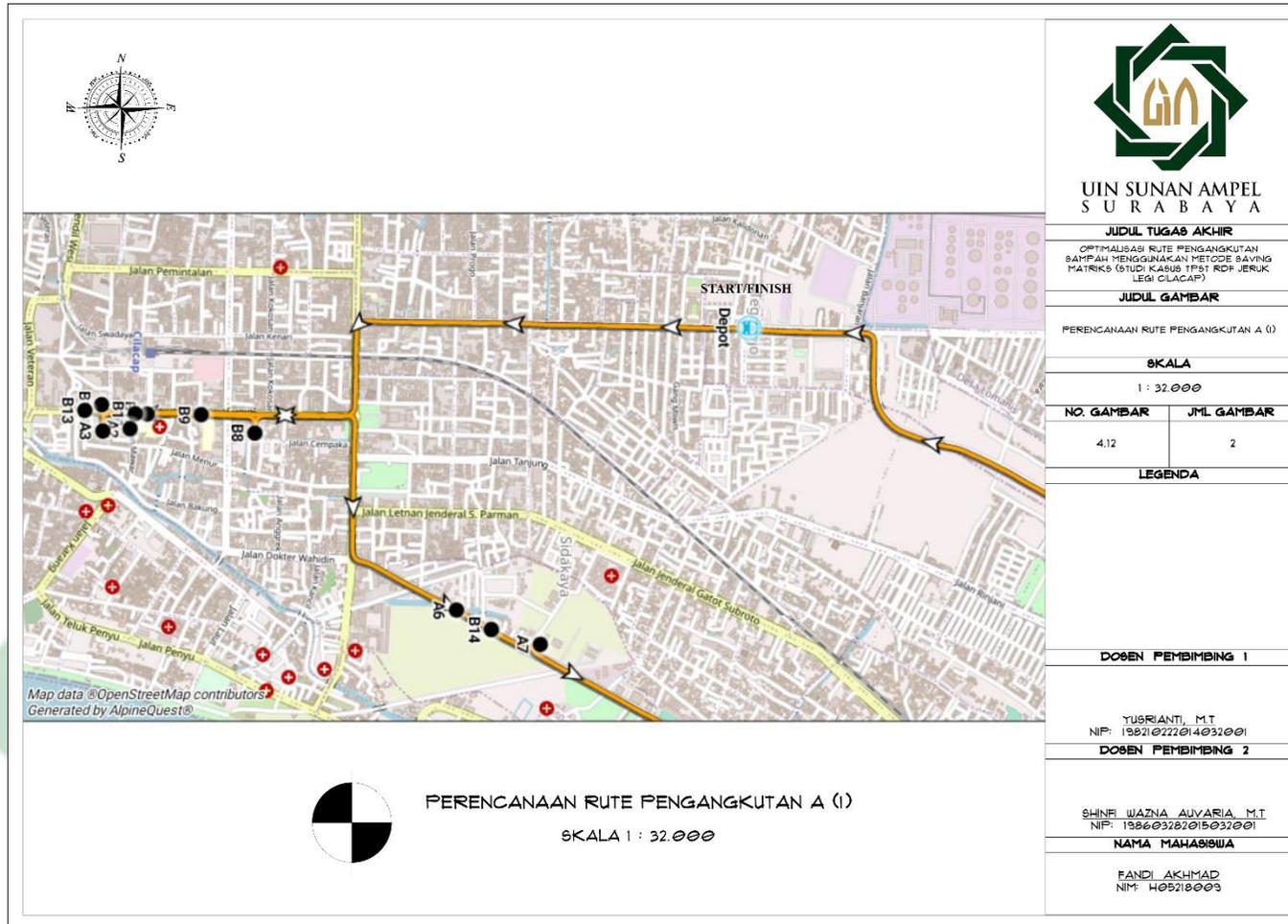
Berdasarkan **Tabel 4.15** iterasi kesembilan dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik B15-B16 yaitu 2,4 maka rute akan menjadi Depot-A1-A4-A5-B1-B2-B3-B4-B5-B6-B7-B15-B16, dengan volume timbulan sampah yang terangkut adalah 6,35 m³. Karena volume sampah sudah memenuhi kapasitas truk maka rute selesai di titik B16 dan dilanjutkan ke RDF.

Hasil dari perhitungan saving matrik penggabungan rute A dan B didapatkan menjadi 2 rute alternatif yang telah direkapitulasi menjadi seperti pada **Tabel 4.18** dan dijelaskan pada **Gambar 4.12, Gambar 4.13, Gambar 4.14, dan Gambar 4.15**.

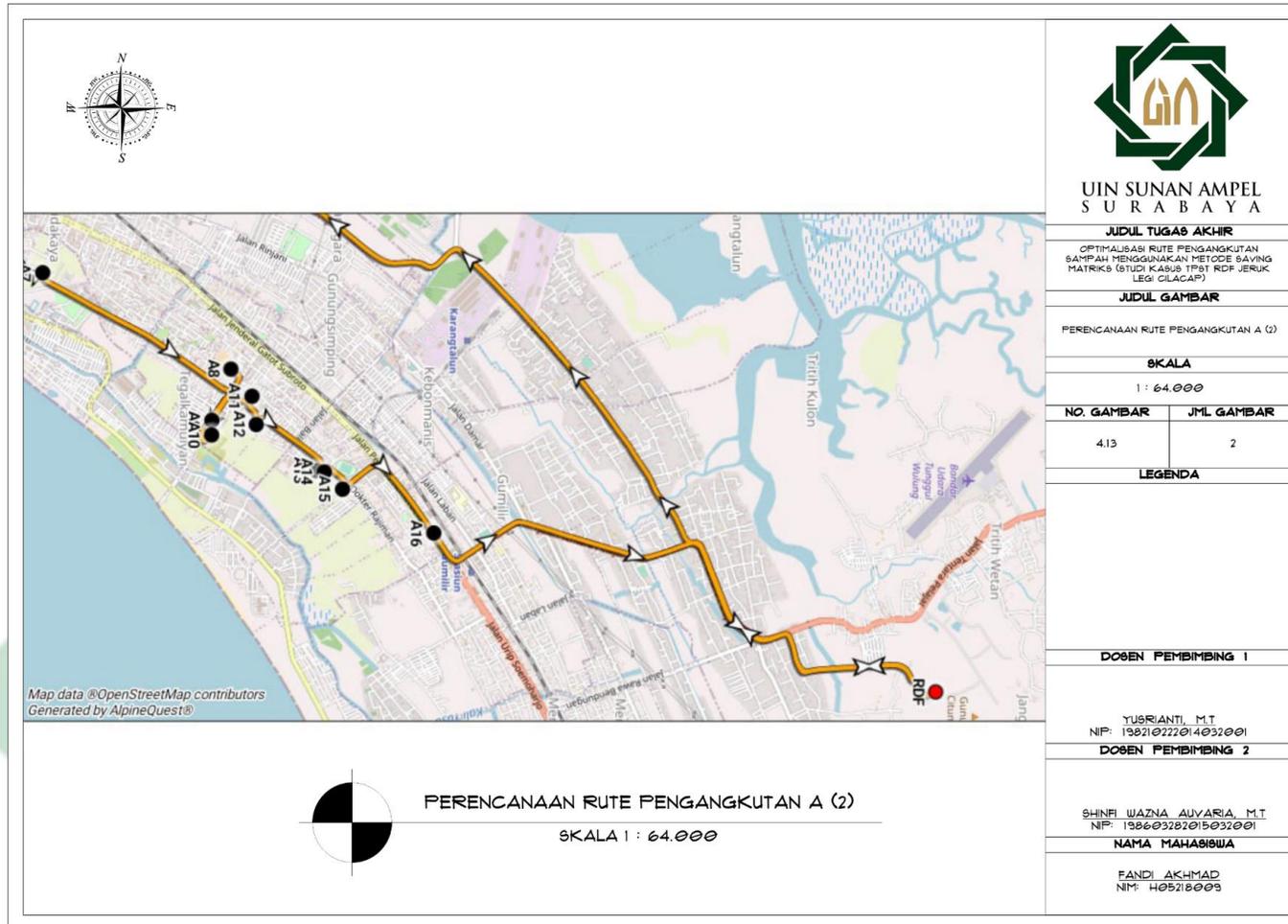
Tabel 4. 16 Rute Perencanaan A dan B

| Kendaraan | Rute | Volume Timbulan Sampah Yang Terangkut m ³ | Jarak km |
|-----------|---|---|-------------|
| A | Depot-B8-B9-B10-B11-A2-A3-B12-B13-A6-B14-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16-RDF | 6,6 | 29,89 |
| B | Depot-B16-B1-B2-B3-B4-B5-B6-B7-A4-A5-A1-B15-RDF | 6,35 | 28,35 |

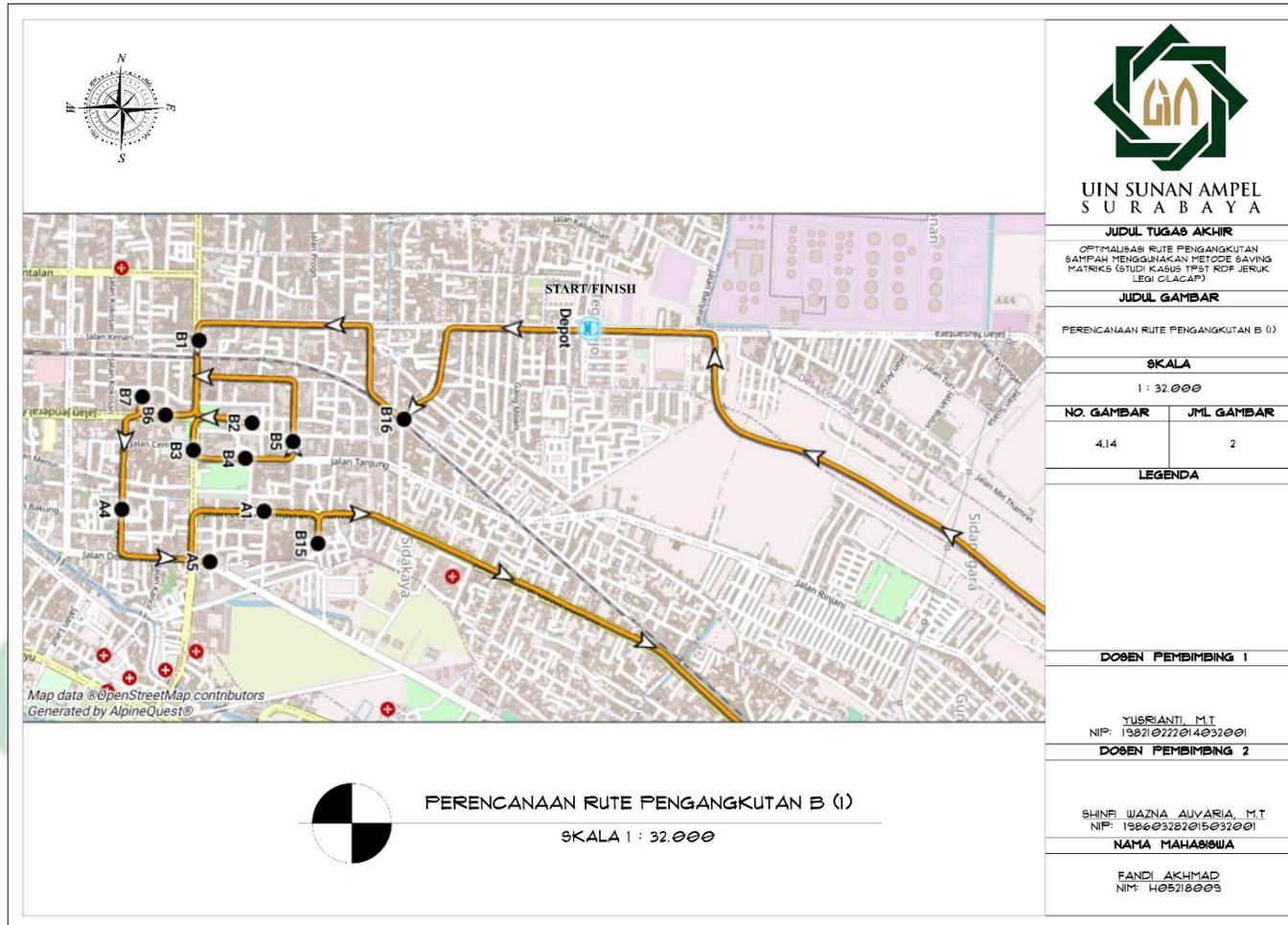
Sumber: Hasil Perhitungan



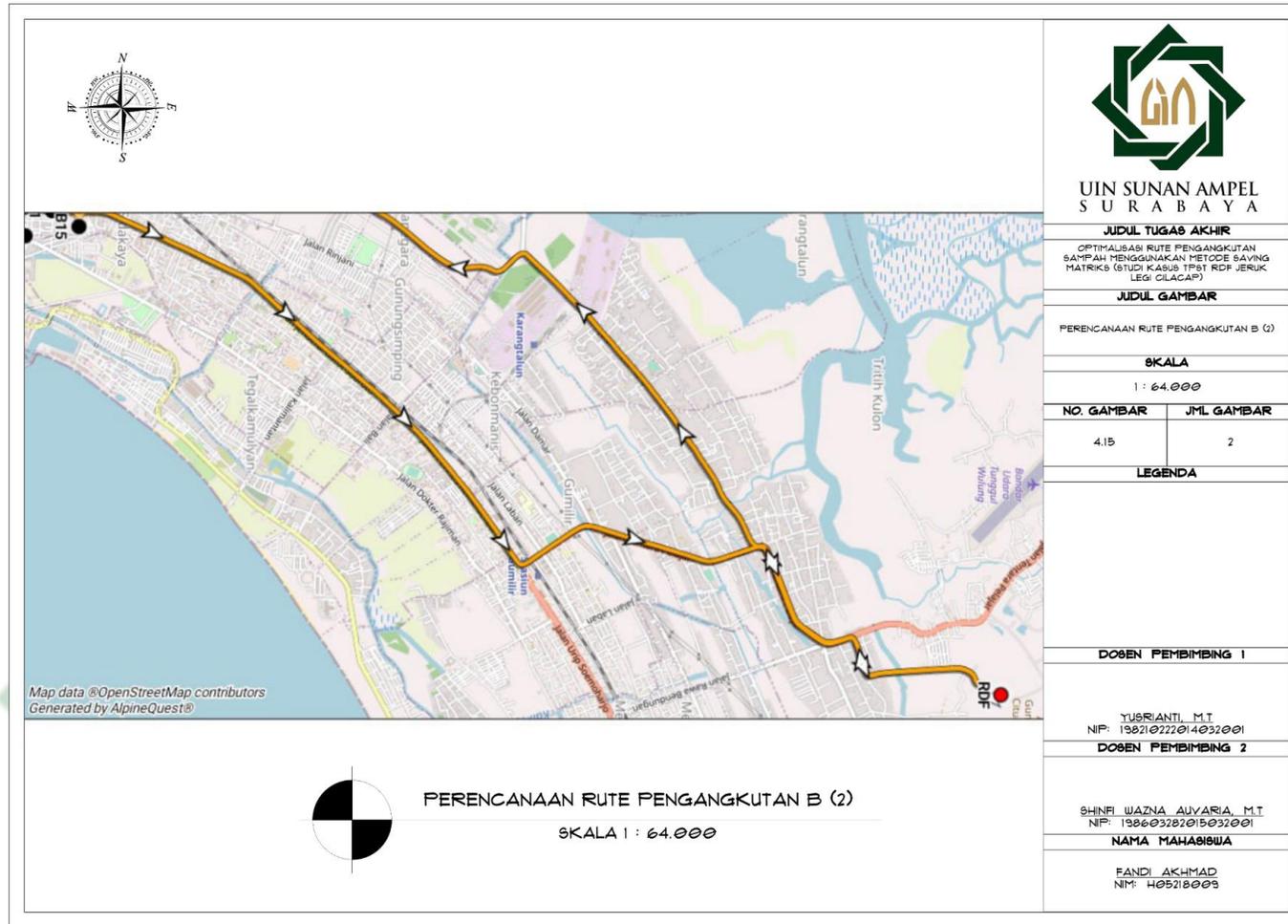
Gambar 4. 12 Perencanaan Rute Pengangkutan A (1)



Gambar 4. 13 Perencanaan Rute Pengangkutan A (2)



Gambar 4. 14 Perencanaan Rute Pengangkutan B (1)



Gambar 4. 15 Perencanaan Rute Pengangkutan B (2)

4.2.2 Rute C dan D

A. Identifikasi Matrix Jarak

Matrix jarak dapat diidentifikasi setelah mendapatkan data di lapangan yang dibantu dengan menggunakan alat GPS. Penggabungan rute C dan D dilakukan karena memiliki titik koordinat yang berdekatan. Matrix jarak C dan D dijelaskan pada **Tabel 4.17**.

B. Menentukan Saving matrix

Saving matrix dapat ditentukan berdasarkan data matrix jarak yang sudah diketahui. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$S(x,y) = J(d,x) + J(d,y) - J(x,y)$$

Keterangan :

$S(x,y)$: Saving Matrix (matrix Penghemat)

$J(d,x)$: Jarak dari depot ke TPS x

$J(d,y)$: Jarak dari depot ke TPS y

$J(x,y)$: Jarak dari TPS x ke TPS y

Contoh perhitungan Saving matrix yang dihitung dari tabel 4.16 sebagai berikut:

Diketahui :

$$J(d,C1) : 1,4 \text{ km}$$

$$J(d,C2) : 1,5 \text{ km}$$

$$J(C1,C2) : 0,1 \text{ km}$$

Ditanyakan : $S(C1,C2)$?

Jawab :

$$S(C1,C2) = J(d,C1) + J(d,C2) - J(C1,C2)$$

$$S(C1,C2) = 1,4 + 1,5 - 0,1$$

$$S(C1,C2) = 2,8 \text{ km}$$

Perhitungan saving matrix rute A dan B dijelaskan pada tabel 4.18

Tabel 4. 17 Matrix Jarak C dan D

| KE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| DARI | Depot | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | RDF |
| Depot | | 1,4 | 1,5 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 1,4 | 4,1 | 5,7 | 5,8 | 6,4 | 6,6 | 6,6 | 5,6 | 0,6 | 2,2 | 2,5 | 5,4 | 5,4 | 6,6 | 14,7 |
| C1 | | | 0,1 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 4,0 | 5,6 | 5,7 | 6,3 | 6,5 | 6,5 | 5,5 | 0,8 | 1,0 | 1,1 | 4,0 | 4,0 | 6,5 | 14,6 |
| C2 | | | | 0,8 | 0,9 | 0,2 | 1,5 | 4,2 | 5,8 | 5,9 | 6,5 | 6,7 | 6,7 | 5,6 | 0,9 | 1,1 | 1,0 | 3,9 | 3,9 | 6,4 | 14,5 |
| C3 | | | | | 0,1 | 0,2 | 1,5 | 4,2 | 5,8 | 5,9 | 6,5 | 6,7 | 6,7 | 5,7 | 1,8 | 1,5 | 1,2 | 4,0 | 4,0 | 6,6 | 14,7 |
| C4 | | | | | | 0,1 | 1,6 | 4,3 | 5,9 | 6,0 | 6,6 | 6,8 | 6,8 | 5,8 | 1,9 | 1,6 | 1,4 | 4,1 | 4,1 | 6,7 | 14,8 |
| C5 | | | | | | | 1,7 | 4,4 | 6,0 | 6,1 | 6,7 | 6,9 | 6,9 | 5,9 | 2,0 | 1,7 | 1,5 | 4,2 | 4,2 | 6,8 | 14,9 |
| C6 | | | | | | | | 2,7 | 4,3 | 4,5 | 5,0 | 5,2 | 5,2 | 4,2 | 2,2 | 1,9 | 1,0 | 2,6 | 2,6 | 5,4 | 13,5 |
| C7 | | | | | | | | | 1,6 | 1,7 | 2,3 | 2,5 | 2,5 | 1,5 | 4,9 | 4,7 | 3,7 | 2,4 | 2,4 | 2,3 | 10,4 |
| C8 | | | | | | | | | | 0,2 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 2,2 | 6,5 | 6,2 | 5,3 | 4,0 | 4,0 | 3,9 | 12,0 |
| C9 | | | | | | | | | | | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 2,8 | 6,7 | 6,4 | 5,5 | 4,1 | 4,1 | 4,0 | 12,1 |
| C10 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 2,2 | 7,2 | 7,0 | 6,0 | 4,7 | 4,7 | 4,6 | 12,7 |
| C11 | | | | | | | | | | | | | 0,3 | 2,0 | 7,4 | 7,1 | 6,2 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 13,0 |
| C12 | | | | | | | | | | | | | | 2,6 | 7,4 | 7,1 | 6,2 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 13,0 |
| C13 | | | | | | | | | | | | | | | 6,4 | 6,1 | 5,2 | 3,9 | 3,9 | 3,7 | 11,8 |
| D1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1,6 | 2,0 | 4,8 | 4,8 | 6,0 | 14,1 |
| D2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,6 | 4,5 | 4,5 | 5,7 | 13,8 |
| D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6,3 | 3,6 | 5,9 | 14,0 |
| D4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 3,1 | 11,2 |
| D5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,9 | 11,0 |
| D6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8,1 |
| RDF | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 18 Saving Matrix Rute C dan D

| KE DARI | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
|------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| C1 | | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,2 | 2,6 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 1,5 |
| C2 | | | 3,0 | 3,0 | 3,8 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,2 | 2,6 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 1,7 |
| C3 | | | | 4,6 | 4,6 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 1,2 | 3,0 | 3,6 | 3,7 | 3,7 | 2,3 |
| C4 | | | | | 4,9 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 1,2 | 3,0 | 3,6 | 3,7 | 3,7 | 2,3 |
| C5 | | | | | | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 1,2 | 3,0 | 3,6 | 3,7 | 3,7 | 2,3 |
| C6 | | | | | | | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | -0,2 | 1,6 | 2,9 | 4,2 | 4,2 | 2,6 |
| C7 | | | | | | | | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | -0,2 | 1,6 | 2,9 | 7,1 | 7,1 | 8,4 |
| C8 | | | | | | | | | 11,4 | 11,4 | 11,4 | 11,4 | 9,1 | -0,2 | 1,6 | 2,9 | 7,1 | 7,1 | 8,4 |
| C9 | | | | | | | | | | 11,7 | 11,7 | 11,7 | 8,6 | -0,2 | 1,6 | 2,9 | 7,1 | 7,1 | 8,4 |
| C10 | | | | | | | | | | | 12,8 | 12,8 | 9,8 | -0,2 | 1,6 | 2,9 | 7,1 | 7,1 | 8,4 |
| C11 | | | | | | | | | | | | 12,9 | 10,1 | -0,2 | 1,6 | 2,9 | 7,1 | 7,1 | 8,3 |
| C12 | | | | | | | | | | | | | 9,6 | -0,2 | 1,6 | 3,0 | 7,1 | 7,1 | 8,3 |
| C13 | | | | | | | | | | | | | | -0,2 | 1,6 | 2,9 | 7,1 | 7,1 | 8,4 |
| D1 | | | | | | | | | | | | | | | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| D2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,1 | 3,0 | 3,0 |
| D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,6 | 4,3 |
| D4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10,2 |
| D5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8,8 |
| D6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9,1 |

Sumber : Hasil Perhitungan

C. Mengalokasikan Kendaraan dan Rute Berdasarkan Lokasi

Setelah mendapatkan nilai saving matrix dari perhitungan matrix diatas maka langkah selanjutnya dengan mengurutkan pasangan TPS dari nilai yang terbesar ke yang terkecil dengan tetap memperhatikan volume kendaraan. Langkah yang demikian biasa disebut dengan Iterasi.

1. Rute C

- Iterasi 1

Perhitungan saving matrix yang tertera pada **Tabel 4.18** diketahui bahwa nilai saving terbesar berada pada C11-C12 yaitu 12,9 maka rute yang akan dilakukan menjadi Depot-C11-C12, dan sampah yang diambil berdasarkan volume sampah $C11 + C12 = 0,08 + 0,3 = 0,38 \text{ m}^3$, karena volume truk masih memenuhi maka selanjutnya memilih rute ke titik yang memiliki nilai terbesar selanjutnya.

- Iterasi 2

Berdasarkan **Tabel 4. 18** iterasi pertama dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik C10 – C11 yaitu 12,8 maka rute akan menjadi Depot-C10-C11-C12, dan volume sampah akan menjadi $0,45 \text{ m}^3$. Karena volume truk masih

memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya.

- Iterasi 3

Berdasarkan **Tabel 4.18** iterasi kedua dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada C9-C10 yaitu 11,7 maka rute akan menjadi Depot-C9-C10-C11-C12, dan volume sampah akan menjadi 0,52 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas selanjutnya akan memilih rute ke titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya.

- Iterasi 4

Berdasarkan **Tabel 4.18** iterasi ketiga dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada C8-C9 yaitu 11,4 maka rute akan menjadi Depot-C8-C9-C10-C11-C12, dan volume sampah akan menjadi 0,67 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi lainnya.

- Iterasi 5

Berdasarkan **Tabel 4.18** iterasi keempat dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada D4-D5 yaitu 10,2 maka rute akan menjadi Depot-C8-C9-C10-C11-C12-D4-D5, dan volume sampah akan menjadi 2,77 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang lebih tinggi lainnya.

- Iterasi 6

Berdasarkan **Tabel 4.18** iterasi kelima dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik C11-C13 yaitu 10,1 maka rute akan menjadi Depot-C8-C9-C10-C11-C12-C13-D4-D5, dan volume sampah akan menjadi 3,97 m³. Karena volume

truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi lainnya.

- Iterasi 7

Berdasarkan **Tabel 4.18** iterasi keenam dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada C12-C13 yaitu 9,6 karena titik tersebut sudah masuk dalam urutan rute, maka dipilih titik yang tertinggi selanjutnya yang belum masuk rute dimana terletak di angka D5-D6, C3-C4, C4-C5, dan C7-D4 dengan angka berturut-turut 9,1, 4,6, 4,9, dan 4,2. Dengan mempertimbangkan kondisi di lapangan karena berhubungan dengan kondisi lalu lintas yang ada, maka titik yang paling cocok digabungkan adalah titik C7-D4 dimana D4 sudah masuk dalam rute, maka rute akan menjadi Depot-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-D4-D5, dan volume sampah akan menjadi 7,58 m³. Karena volume sudah memenuhi kapasitas truk maka rute akan selesai di titik D5 dan dilanjutkan ke RDF.

2. Rute D

- Iterasi 1

Melanjutkan dari Rute C yang sebelumnya dianalisis, penentuan rute D dianalisis dari nilai saving matrix yang tertinggi berdasarkan nilai saving yang tidak masuk di rute C. berdasarkan tabel 4.18 nilai saving yang tertinggi yaitu tertera pada titik C4-C5 yaitu 4,9 maka rute akan menjadi Depot-C4-C5, dengan volume timbulan sampah yang terakngkut adalah 0,22 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.18**.

- Iterasi 2

Berdasarkan **Tabel 4.18** iterasi pertama dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi

selanjutnya yaitu tertera pada titik C3-C4 yaitu 4,6 maka rute akan menjadi Depot-C3-C4-C5, dengan volume timbunan sampah yang terangkut adalah 0,3. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.18**.

- Iterasi 3

Berdasarkan **Tabel 4.18** iterasi kedua dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik C2-C5 yaitu 3,8 maka rute akan menjadi Depot-C2-C3-C4-C5 dan volume sampah akan menjadi 0,45 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute ke titik yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.18**.

- Iterasi 4

Berdasarkan **Tabel 4.18** iterasi ketiga dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik C4-D3 atau C5-D3 yaitu 3,6 adapun keduanya sama sama dapat dijadikan satu rute maka rute akan menjadi Depot-C2-C3-C4-C5-D3 dan volume sampah akan menjadi 1,35 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.18**.

- Iterasi 5

Berdasarkan **Tabel 4.18** iterasi keempat dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik D2-D3 yaitu 3,1 maka rute akan menjadi Depot-C2-C3-C4-C5-D2-D3 dan volume sampah akan menjadi 2,55 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.18**.

- Iterasi 6

Berdasarkan **Tabel 4.18** iterasi kelima dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik C1-C2 maka rute akan menjadi Depot-C1-C2-C3-C4-C5-D2-D3 dan volume timbulan sampah akan menjadi 4,5 m³. Karena volume truk masih memenuhi kapasitas, selanjutnya akan memilih rute yang tertinggi selanjutnya dari **Tabel 4.18**.

- Iterasi 7

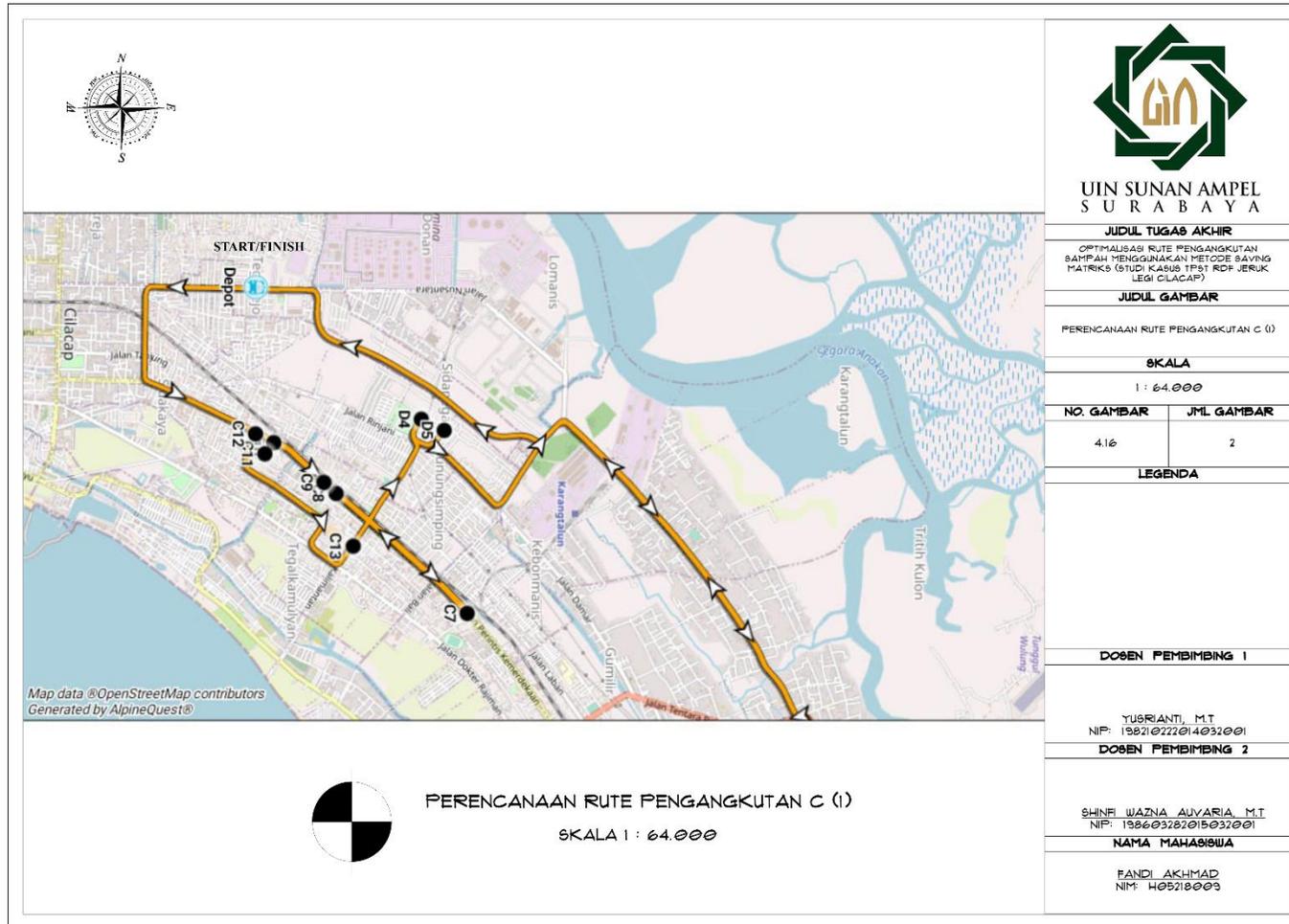
Berdasarkan **Tabel 4.18** iterasi dilanjutkan dengan menentukan titik yang memiliki nilai saving tertinggi selanjutnya yaitu tertera pada titik C6-D6 maka rute akan menjadi Depot-C1-C2-C3-C4-C5-C6-D2-D3-D6 dan volume timbulan sampah akan menjadi 6,3 m³. Karena volume sudah memenuhi kapasitas truk dan tidak ada titik lagi untuk dilayani maka rute akan selesai di titik D6 dan akan dilanjut ke RDF. Rute yang didapatkan berdasarkan kondisi lapangan akan menjadi Depot-D1-C1-C2-D2-C3-C4-C5-D3-C6-D6-RDF.

Hasil dari Perhitungan saving matrik maka didapatkan menjadi 2 rute alternatif yang direkapitulasi menjadi seperti **Tabel 4.19** dan dijelaskan pada **Gambar 4.16**, **Gambar 4.17**, **Gambar 4.18**, dan **Gambar 4.19**.

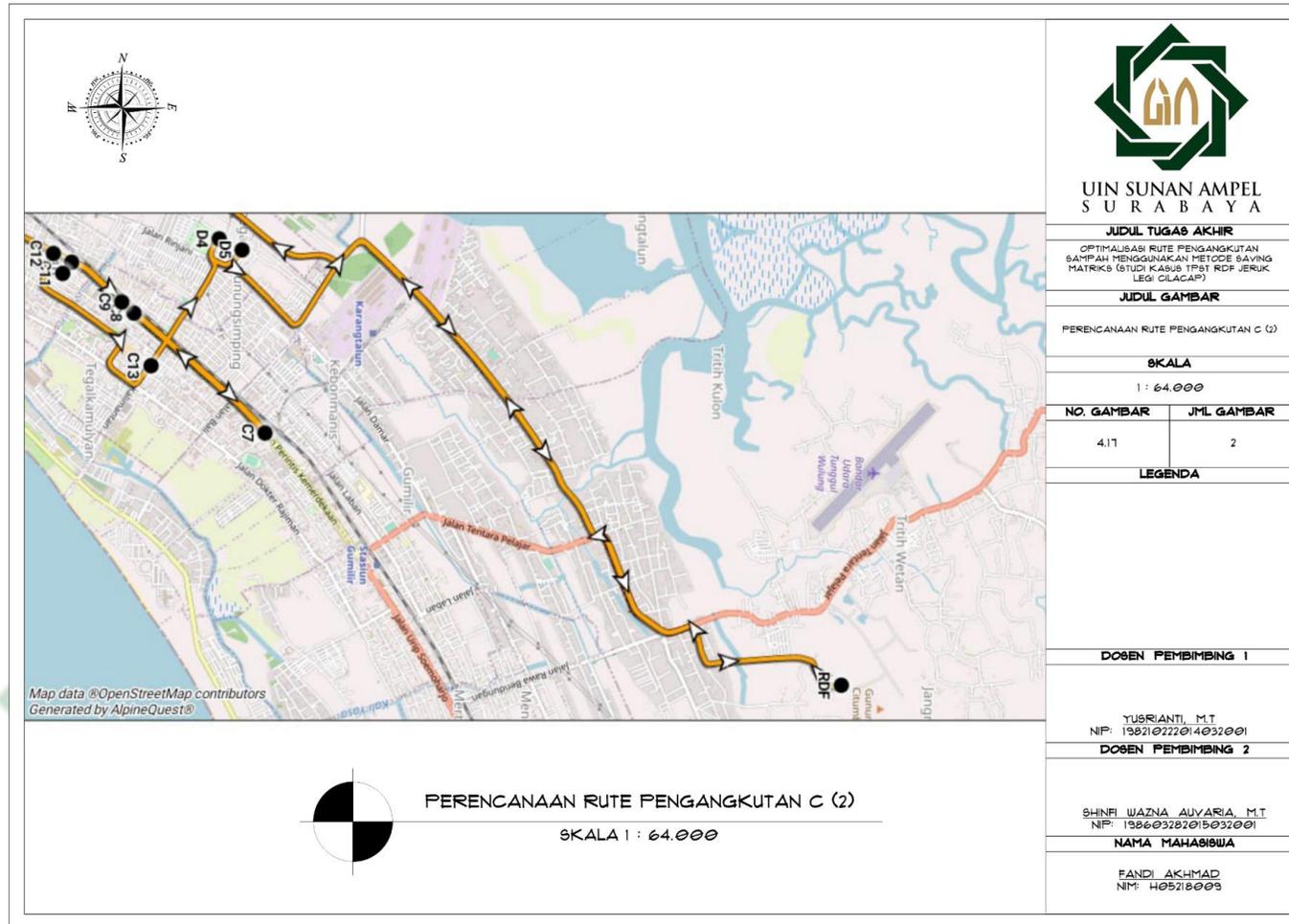
Tabel 4. 19 Rute Perencanaan C dan D

| Kendaraan | Rute | Volume Timbulan Sampah Yang Terangkut | Jarak |
|-----------|--|--|-------|
| | | m ³ | km |
| C | Depot-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-D4-D5-RDF | 7,58 | 31,17 |
| D | Depot-D1-C1-C2-D2-C3-C4-C5-D3-C6-D6-RDF | 6,3 | 27,91 |

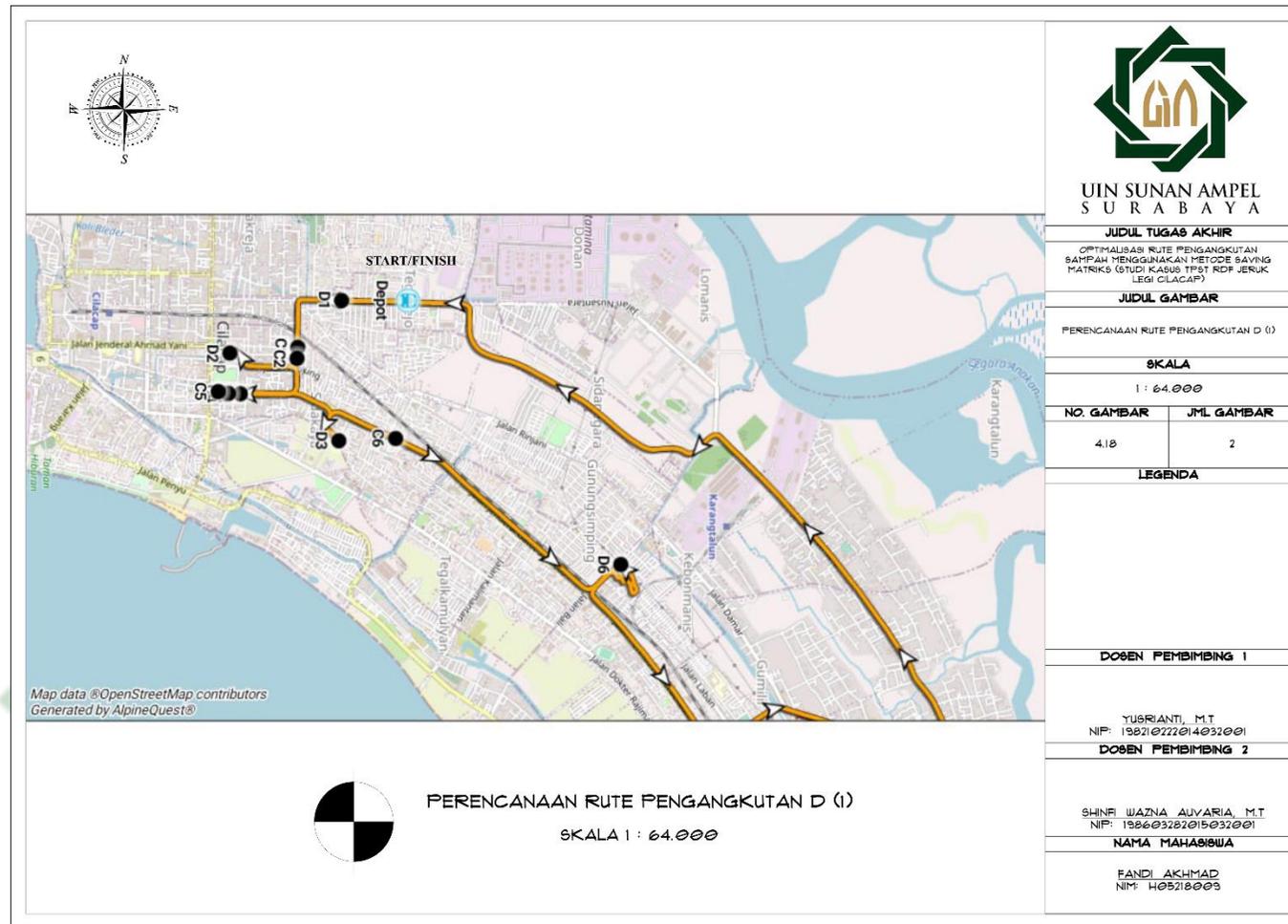
Sumber: Hasil Perhitungan



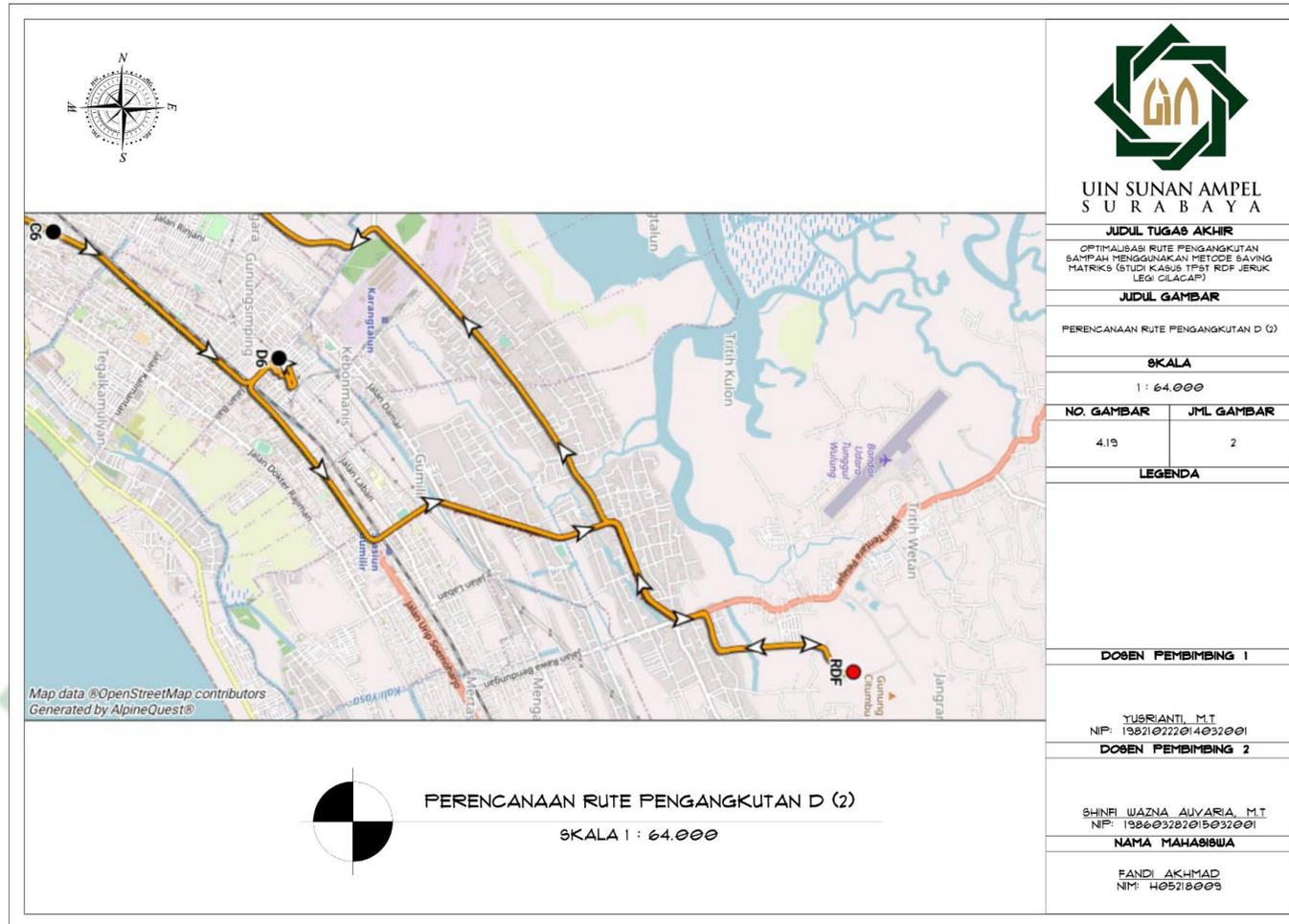
Gambar 4. 16 Perencanaan Rute Pengangkutan C (1)



Gambar 4. 17 Perencanaan Rute Pengangkutan C (2)



Gambar 4. 18 Perencanaan Rute Pengangkutan D (1)



Gambar 4. 19 Perencanaan Rute Pengangkutan D (2)

4.2.3 Rute E, F dan G

A. Identifikasi Matrix Jarak

Matrix jarak dapat diidentifikasi setelah mendapatkan data di lapangan yang dibantu dengan menggunakan alat GPS. Penggabungan rute E, F dan G dilakukan karena memiliki titik koordinat yang berdekatan. Titik E dan F merupakan koordinat TPS yang sama yaitu TPS Kali Donan. TPS tersebut memiliki kapasitas 24 m³ sehingga membutuhkan sekitar 4 kali ritase atau 4 kali bongkar muat armroll truk dengan kapasitas 6 m³. Rute truk yang dilakukan penelitian hanya melakukan 2 kali ritase sedangkan 2 ritase yang lainnya dilakukan oleh truk lain yang tidak diteliti. Matrix jarak E, F dan G dijelaskan pada **Tabel 4.20**.

Tabel 4. 20 Matrix Jarak E,F dan G

| DARI \ KE | Depot | E1 & F1 | G1 | G2 | RDF |
|-----------|-------|---------|-------|-------|-------|
| Depot | | 2,02 | 9,91 | 10,94 | 14,7 |
| E1 & F1 | | | 11,93 | 12,94 | 12,68 |
| G1 | | | | 1,02 | 6,17 |
| G2 | | | | | 7,19 |
| RDF | | | | | |

Sumber : Hasil Perhitungan

B. Menentukan Saving matrix

Saving matrix dapat ditentukan berdasarkan data matrix jarak yang sudah diketahui. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$S(x,y) = J(d,x) + J(d,y) - J(x,y)$$

Keterangan :

S (x,y) : Saving Matrix (matrix Penghemat)

J(d,x) : Jarak dari depot ke TPS x

J(d,y) : Jarak dari depot ke TPS y

J(x,y) : Jarak dari TPS x ke TPS y

Contoh perhitungan Saving matrix yang dihitung dari tabel 4.20 sebagai berikut:

Diketahui :

$$J(d,G1) : 9,91 \text{ km}$$

$$J(d,G2) : 10,94 \text{ km}$$

$$J(G1,G2) : 1,02 \text{ km}$$

Ditanyakan : $S(G1,CG2)$?

Jawab :

$$S(G1,G2) = J(d,G1) + J(d,G2) - J(G1,G2)$$

$$S(G1,G2) = 9,91 + 10,94 - 1,02$$

$$S(G1,G2) = 19,83 \text{ km}$$

Perhitungan saving matrix rute A dan B dijelaskan pada **Tabel 4.21**

Tabel 4. 21 Saving Matrix Rute E,F dan G

| KE \ DARI | KE | E1 & F1 | G1 | G2 |
|-----------|----|---------|----|-------|
| E1 & F1 | | | 0 | 0,02 |
| G1 | | | | 19,83 |
| G2 | | | | |

Sumber : Hasil Perhitungan

C. Mengalokasikan Kendaraan dan Rute Berdasarkan Lokasi

Setelah mendapatkan nilai saving matrix dari perhitungan matrix diatas maka langkah selanjutnya dengan mengurutkan pasangan TPS dari nilai yang terbesar ke yang terkecil dengan tetap memperhatikan volume kendaraan. Langkah yang demikian biasa disebut dengan Iterasi.

3. Rute E

- Iterasi 1

Perhitungan saving matrix yang tertera pada **Tabel 4.21** diketahui bahwa nilai saving terbesar berada pada G1-G2 yaitu 19,83 maka rute yang akan dilakukan menjadi Depot-G1-G2, dan sampah yang diambil berdasarkan volume sampah 5,7 m³. Diketahui volume timbulan sampah E1

maupun F1 adalah 6 m³ maka penggabungan G1-G2 dengan E1 maupun F1 tidak bisa dilakukan karena volume truk yang sudah terpenuhi.

4. Rute F

- Iterasi 1

Perhitungan saving matrix yang tertera pada **Tabel 4.21** diketahui bahwa nilai saving terbesar selanjutnya berada pada E1&F1-G2 yaitu 0,02. Akan tetapi volume timbulan E1 maupun E2 adalah 6 m³ dan volume truk sudah maksimal sehingga G2 tidak dapat digabungkan. Rute yang didapatkan yaitu Depot-E1-RDF.

5. Rute G

- Iterasi 1

Perhitungan saving matrix yang tertera pada **Tabel 4.21** diketahui bahwa nilai saving terbesar selanjutnya berada pada E1&F1-G1 yaitu 0. Akan tetapi volume timbulan E1 maupun E2 adalah 6 m³ dan volume truk sudah maksimal sehingga G1 tidak dapat digabungkan. Rute yang didapatkan yaitu Depot-F1-RDF.

Hasil dari perhitungan saving matrik maka didapatkan menjadi 3 rute. Rute tersebut merupakan rute yang sama dengan rute kondisi pengangkutan sampah existing sehingga tidak ada perubahan rute maupun jarak. Hal ini dikarenakan volume timbulan sampah di TPS yang besar dan tidak bisa digabungkan dengan TPS yang lain. Hasil perhitungan direkapitulasi menjadi seperti **Tabel 4.22** dan dijelaskan pada **Gambar 4.20**, **Gambar 4.21**, dan **Gambar 4.22**.

Tabel 4. 22 Rute Perencanaan E, F dan G

| Kendaraan | Rute | Volume Timbulan Sampah Yang Terangkut | Jarak |
|-----------|--------------|--|-------|
| | | m ³ | km |
| E | Depot-E1-RDF | 6 | 14,92 |
| F | RDF-F1-RDF | 6 | 24,18 |

| Kendaraan | Rute | Volume Timbulan Sampah Yang Terangkut | Jarak |
|-----------|---------------|--|-------|
| | | m ³ | km |
| G | RDF-G1-G2-RDF | 5,7 | 24,9 |

Sumber: Hasil Perhitungan

4.3 Perbandingan efisiensi rute eksisting dan perencanaan

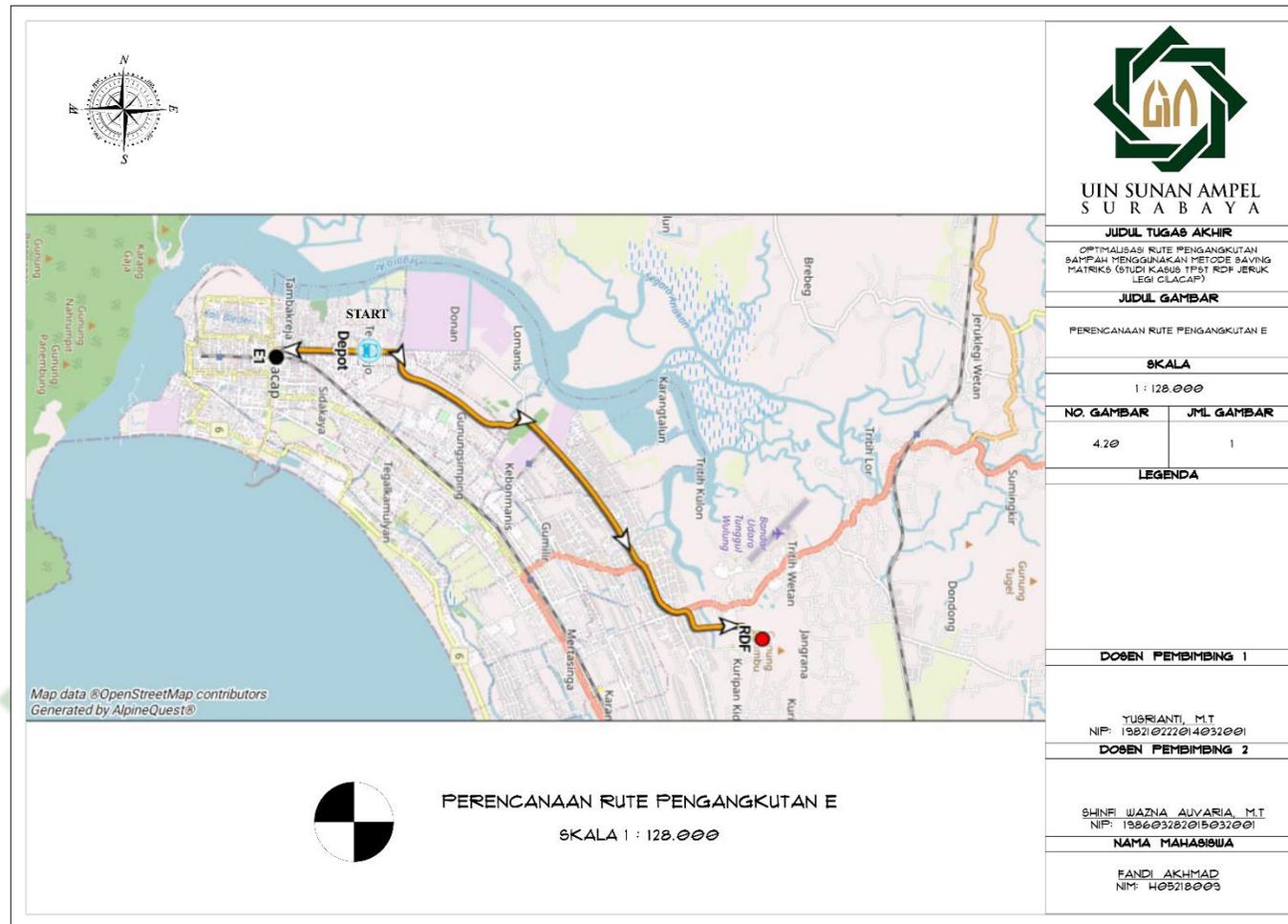
4.3.1 Perbandingan Jarak

Optimalisasi menggunakan metode saving matrix dengan menghitung jarak dari awal hingga antar TPS menghasilkan perbandingan seperti yang di jelaskan pada **Tabel 4. 23**. Perhitungan menggunakan metode saving matrix menunjukkan bahwa metode tersebut dapat digunakan untuk mengoptimalisasi rute perencanaan sehingga jarak pengangkutan dapat diminimalisir.

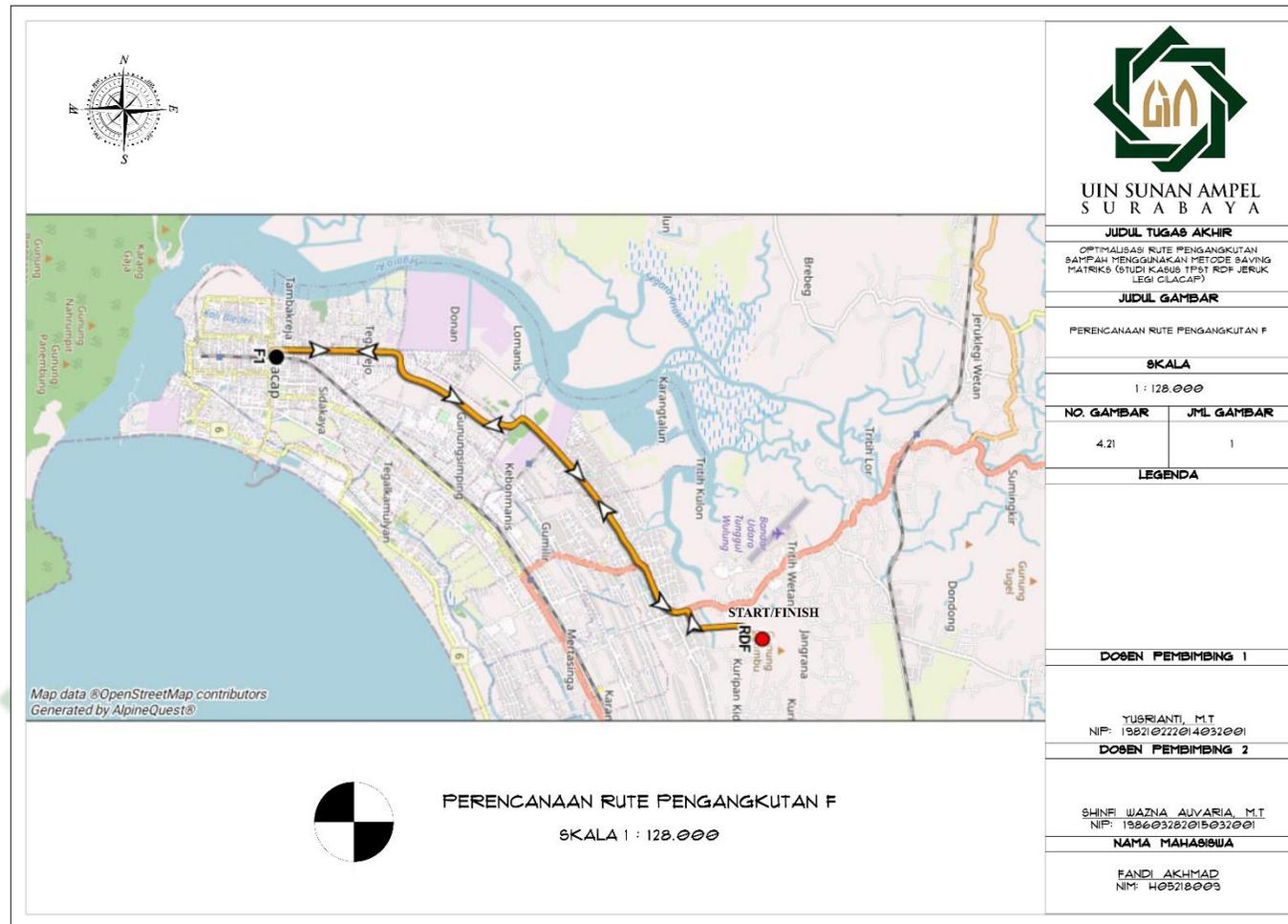
Tabel 4. 23 Perbandingan Jarak Tempuh

| No | Rute | Total Jarak Tempuh (Km) | |
|--------------|------|-------------------------|---------------|
| | | Eksisting | Saving Matrix |
| 1 | A | 30,31 | 29,89 |
| 2 | B | 32,25 | 28,35 |
| 3 | C | 30,77 | 31,17 |
| 4 | D | 31,72 | 27,91 |
| 5 | E | 14,92 | 14,92 |
| 6 | F | 24,18 | 24,18 |
| 7 | G | 24,9 | 24,9 |
| Total | | 189,05 | 181,32 |

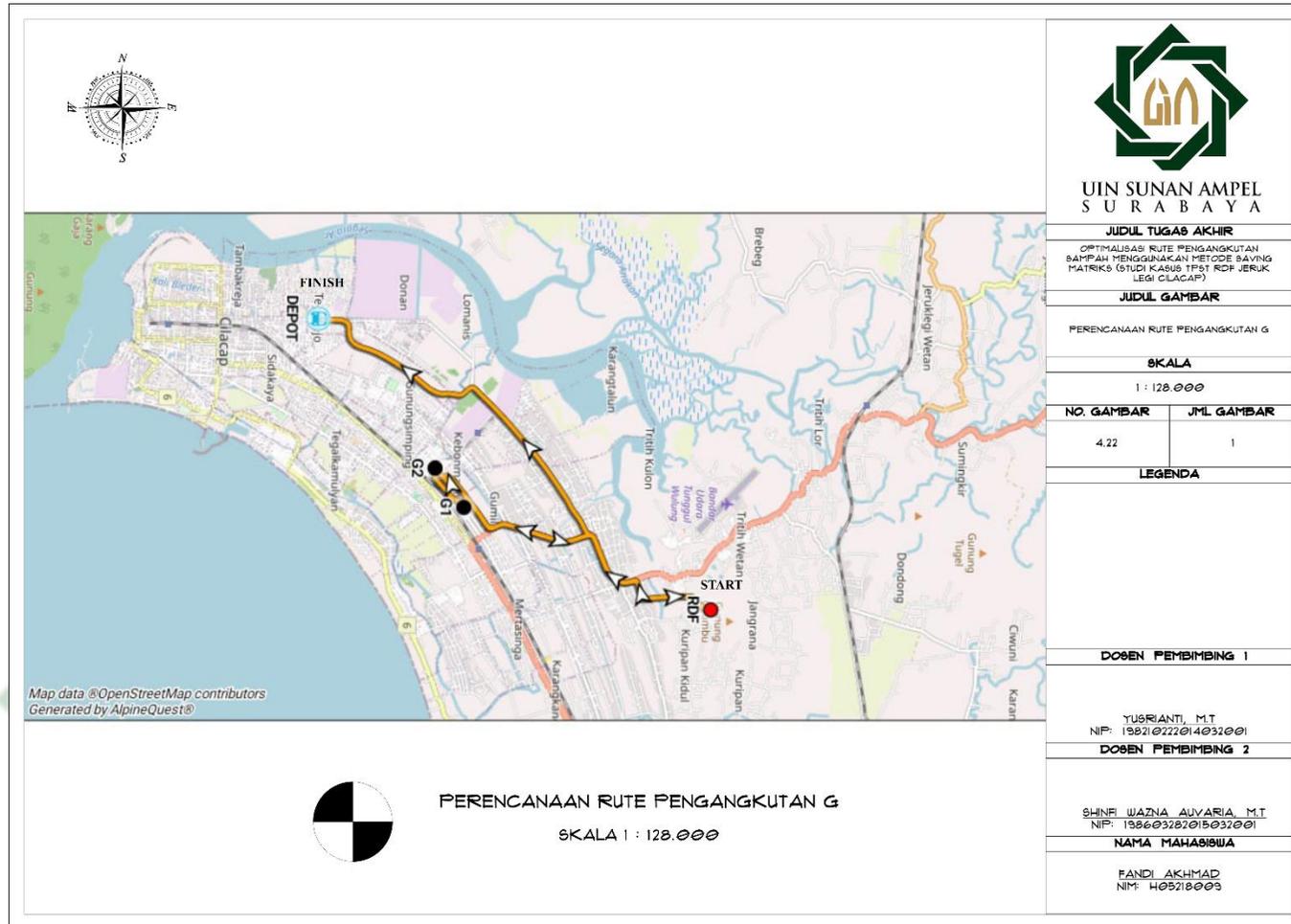
Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4. 20 Perencanaan Route Pengangkutan E



Gambar 4. 21 Perencanaan Rute Pengangkutan F



Gambar 4. 22 Perencanaan Rute Pengangkutan G

4.3.2 Perbandingan Biaya Pengangkutan Berdasarkan Penggunaan BBM

A. Perhitungan jumlah jarak yang ditempuh dalam sebulan

Berdasarkan jadwal pengangkutan sampah, pelayanan pengangkutan libur 1 hari per minggu tepat di hari minggu. Maka rumus perhitungan menghitung jarak yang ditempuh dalam sebulan sebagai berikut.

$$S_{bulan} = S_{truk} \times HK$$

S_{bulan} : Jarak dalam satu bulan

S_{truk} : Jarak 1 truk yang ditempuh

HK : Hari Kerja (asumsi 26 hari)

Contoh perhitungan

Diketahui : S_{truk} : 30,31 km

Ditanyakan : S_{bulan} ?

Jawab :

$$S_{bulan} = S_{truk} \times HK$$

$$S_{bulan} = 30,31 \times 26$$

$$S_{bulan} = 788,06 \text{ km}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan jumlah jarak yang ditempuh dalam sebulan dapat dilihat pada **Tabel 4. 24**.

Tabel 4. 24 Perbandingan Jarak Tempuh Per Bulan

| No | Rute | Total Jarak Tempuh/bulan (Km) | |
|--------------|------|-------------------------------|----------------|
| | | Eksisting | Saving Matrix |
| 1 | A | 788,06 | 777,14 |
| 2 | B | 838,5 | 737,1 |
| 3 | C | 800,02 | 810,42 |
| 4 | D | 824,72 | 725,66 |
| 5 | E | 387,92 | 387,92 |
| 6 | F | 628,68 | 628,68 |
| 7 | G | 647,4 | 647,4 |
| Total | | 4915,3 | 4714,32 |

Sumber: Hasil Perhitungan

B. Perhitungan jumlah Bahan Bakar Minyak (BBM) yang terpakai dalam sebulan

Bahan bakar minyak yang digunakan kendaraan pengangkut sampah dump truk yaitu jenis Bio Solar. Penggunaan biosolar diasumsikan dalam 1 liter dapat menempuh jarak 10 km. maka rumus perhitungan sebagai berikut:

$$BBM_{/bulan} = \frac{S_{bulan}}{10}$$

$BBM_{/bulan}$: Pemakaian BBM dalam sebulan

S_{bulan} : Jarak dalam satu bulan

Contoh perhitungan

Diketahui : S_{bulan} : 788,06

Ditanyakan : BBM_{bulan} ?

Jawab :

$$BBM_{/bulan} = \frac{S_{bulan}}{10}$$

$$BBM_{/bulan} = \frac{788,06}{10}$$

$$BBM_{/bulan} = 78,806 \text{ liter}/\text{bulan}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan jumlah BBM yang terpakai dalam sebulan dijelaskan pada **Tabel 4. 25**.

Tabel 4. 25 Perbandingan Penggunaan BBM Per Bulan

| No | Rute | Penggunaan BBM per bulan (liter/bulan) | |
|--------------|------|---|----------------|
| | | Eksisting | Saving Matrix |
| 1 | A | 78,806 | 77,714 |
| 2 | B | 83,85 | 73,71 |
| 3 | C | 80,002 | 81,042 |
| 4 | D | 82,472 | 72,566 |
| 5 | E | 38,792 | 38,792 |
| 6 | F | 62,868 | 62,868 |
| 7 | G | 64,74 | 64,74 |
| Total | | 491,53 | 471,432 |

Sumber: Hasil Perhitungan

C. Perhitungan biaya Bahan Bakar Minyak (BBM) yang dikeluarkan dalam sebulan

Perhitungan yang dipakai adalah perkiraan biaya yang dikeluarkan untuk pemakaian bahan bakar berdasarkan jarak eksisting dan jarak

perencanaan. Berdasarkan update harga BBM jenis Biosolar terbaru per satuan liter yaitu harga Rp. 6.800 per liter. Maka rumus perhitungan yang digunakan untuk mengetahui biaya BBM yang dikeluarkan dalam sebulan adalah sebagai berikut

$$Biaya_{/bulan} = BBM_{/bulan} \times H_{biosolar}$$

Biaya_{/bulan} : Biaya BBM yang dikeluarkan (sebulan)

BBM_{/bulan} : Pemakaian BBM dalam sebulan

H_{biosolar} : Harga biosolar (Rp. 6.800)

Contoh Perhitungan

Diketahui : *BBM_{/bulan}* : 78,806 km/bulan

Ditanyakan : *Biaya_{/bulan}*?

Jawab :

$$Biaya_{/bulan} = BBM_{/bulan} \times H_{biosolar}$$

$$Biaya_{/bulan} = 78,806 \times Rp\ 6.800$$

$$Biaya_{/bulan} = Rp\ 535.881$$

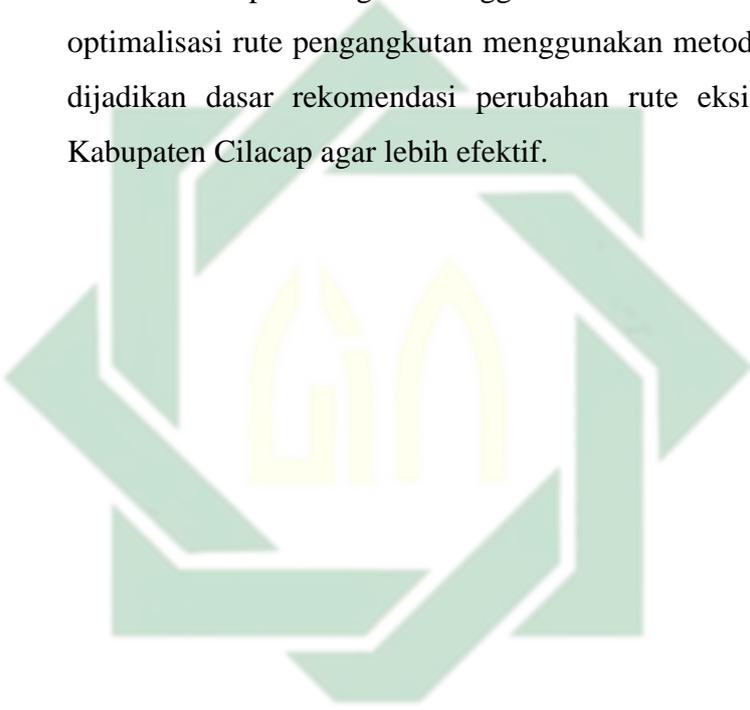
Tabel 4. 26 Perbandingan Biaya BBM Per Bulan

| No | Rute | Biaya BBM perbulan (Rp) | |
|--------------|------|-------------------------|--------------------|
| | | Eksisting | Saving Matrix |
| 1 | A | Rp535.881 | Rp528.455 |
| 2 | B | Rp570.180 | Rp501.228 |
| 3 | C | Rp544.014 | Rp551.086 |
| 4 | D | Rp560.810 | Rp493.449 |
| 5 | E | Rp263.786 | Rp263.786 |
| 6 | F | Rp427.502 | Rp427.502 |
| 7 | G | Rp440.232 | Rp440.232 |
| Total | | Rp3.342.404 | Rp3.205.738 |

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil dari perhitungan saving matrix untuk mencari efisiensi rute pengangkutan sampah DLH Kabupaten Cilacap menunjukkan bahwa pengurangan jarak yang ditempuh berdasarkan dumptruk yang diteliti dari awal mula 189,05 km/hari menjadi 181,32 km/ hari. Dari perhitungan tersebut didapatkan penghematan sebesar 7,73 km/hari atau 200,98 km/bulan. Pada penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh (Jannah, 2021) menunjukkan penghematan jarak dari 14 rute dapat menghemat jarak tempuh

sebesar 8,5 km/hari, jika dibandingkan dari hasil penghematan jarak pada penelitian ini, dari 4 rute efektif dapat menghemat jarak sebesar 7,73 km/hari maka sudah dapat dikatakan cukup efektif. Sedangkan apabila dilihat dari konsumsi bahan bakar yang digunakan berdasarkan perhitungan pada **Tabel 4.25**, metode saving matrix yang diterapkan pada penelitian ini dapat menghemat sejumlah Rp. 136.666 per bulan atau menghemat sebesar 4% dari biaya eksisting. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode saving matrix, optimalisasi rute pengangkutan menggunakan metode tersebut bisa dijadikan dasar rekomendasi perubahan rute eksisting di DLH Kabupaten Cilacap agar lebih efektif.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

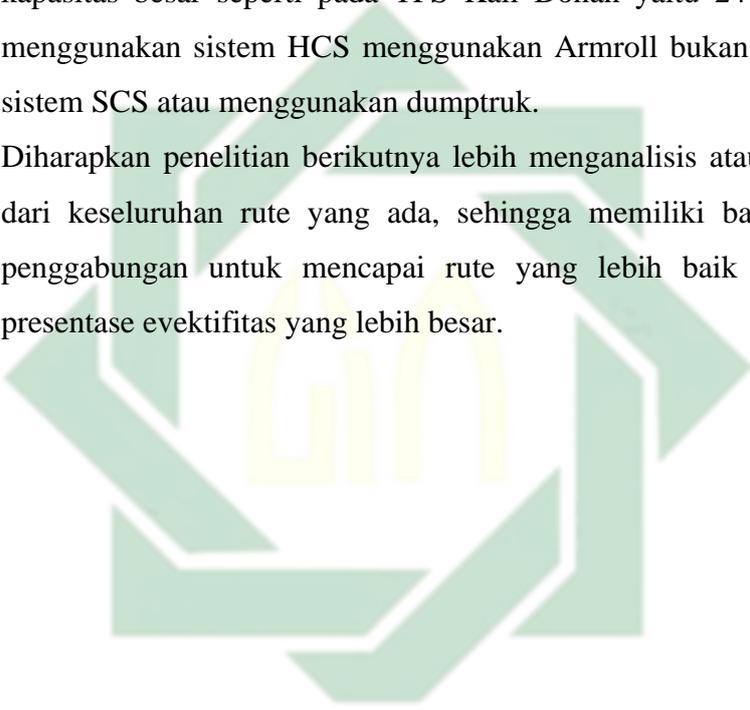
Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa

1. DLH Kabupaten Cilacap memiliki sarana pengangkutan yang digunakan diantaranya Motor gerobak, Armrol truk, Dump Truk, dan Loader. Dengan masing-masih berjumlah 1 Motor gerobak, 6 Armroll truk, 15 Dump truk, dan 1 Loader. Sistem pengangkutan sampah yang digunakan yaitu HCS (*Hauled Container System*) untuk jenis pengangkutan Armroll dan SCS (*Stationary Container System*) untuk jenis pengangkutan Dumptruk.
2. Optimalisasi rute pengangkutan menggunakan metode saving matrix dapat dilakukan dengan menggabungkan rute yang memiliki koordinat TPS yang berdekatan diantaranya A dengan B dan C dengan D dan menghasilkan 4 rute efisien yang digunakan sebagai perencanaan. Adapun rute E,F dan G memiliki kapasitas TPS yang sudah maksimal sehingga tidak bisa digabungkan dengan rute yang lainnya.
3. Efisiensi jarak pengangkutan menggunakan metode saving matrix dapat menghemat jarak sebesar 7,73 km/hari atau 200,98 km/bulan dari jarak awal sebesar 189,05 km/hari menjadi 181,32 km/hari. Biaya bahan bakar yang dikeluarkan dari Rp. 3.342.404 menjadi Rp. 3.205.738 per bulan dan menghemat Rp. 136.666 per bulan atau 4% dari biaya eksisting.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini diantaranya yaitu

1. Diharapkan dapat menjadi masukan kepada DLH Kabupaten Cilacap untuk menentukan rute yang lebih optimal dari jenis pengangkutan yang ada.
2. Proses pengangkutan yang dilakukan secara manual membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup banyak sehingga untuk TPS yang memiliki kapasitas besar seperti pada TPS Kali Donan yaitu 24 m³ sebaiknya menggunakan sistem HCS menggunakan Armroll bukan menggunakan sistem SCS atau menggunakan dumptruk.
3. Diharapkan penelitian berikutnya lebih menganalisis atau meneliti lagi dari keseluruhan rute yang ada, sehingga memiliki banyak opsional penggabungan untuk mencapai rute yang lebih baik dan memiliki presentase evektifitas yang lebih besar.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- AlSalibi, B. A., Jelodar, M. B., & Venkat, I. (2013). A Comparative Study between the Nearest Neighbor and Genetic Algorithms: A Revisit to the Traveling Salesman Problem. *International Journal of Computer Science and Electronics Engineering (IJCSEE)*, 1(1), 6.
- BPS Kabupaten Cilacap. (2021). *Kabupaten Cilacap dalam Angka 2021*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Cilacap.
- BPSDM PU. (2018). *Pengenalan GPS (Global Positioning System)*. https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/01/8733f_pengenalan_GPS.pdf
- Burhamtoro. (2012). Biaya Angkut Hauled Container System (HCS) dan Stationary Container System (SCS) pada Pengangkutan Sampah Rumah Tangga (Studi Kasus: Kecamatan Blimbing Kota Malang). *PROKONS Jurusan Teknik Sipil*, 6(1), 26. <https://doi.org/10.33795/prokons.v6i1.7>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (3. ed., Pearson internat. ed). Pearson Prentice Hall.
- Damanhuri, E., & Padmi, T. (2010). *Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah*. Institute Teknoogi Bandung.
- Damayanti, T. R., Kusumaningrum, A. L., Susanty, Y. D., & Susilawati, S. (2020). Route Optimization Using Saving Matrix Method – A Case Study at Public Logistics Company in Indonesia. *Proceedings of the 5th NA International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Detroit, Michigan, USA*, 10.
- Darmawan, L. (2021). Tak Sekadar Solusi Sampah, RDF Jadi Energi Terbarukan Rendah Emisi. *Mongabay*. <https://www.mongabay.co.id/2021/03/06/tak-sekadar-solusi-sampah-rdf-jadi-energi-terbarukan-rendah-emisi/>

- Das, S., & Bhattacharyya, B. Kr. (2015). Optimization of Municipal Solid Waste Collection and Transportation Routes. *Waste Management*, 43, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.033>
- Dubanowitz, A. J. (2000). Design of a Materials Recovery Facility (MRF) For Processing the Recyclable Materials of New York City's Municipal Solid Waste. *Columbia University*, 43.
- Faurozi, N. A. (2019). *Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah TPA Lempeni Kabupaten Lumajang Menggunakan Metode Saving Matrix*. UIN Sunan Ampel.
- Haerani, D., Syafrudin, & Budi, S. S. (2019). Review Modeling of Solid Waste Transportation Routes Using Geographical Information System (GIS). *E3S Web of Conferences*, 125, 07006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912507006>
- Jannah, W. (2021). Optimasi Rute Pengangkutan Sampah di Kota Lamongan dengan Menggunakan Metode Saving Matrix. *Indonesian Journal of Spatial Planning*, 1(2), 57. <https://doi.org/10.26623/ijsp.v1i2.3108>
- Ketut, I. (2016). *Analisis Kebutuhan Truk Sampah di Kecamatan Denpasar Utara*. Universitas Udayana.
- Kreith, F., & Tchobanoglous, G. (Eds.). (2002). *Handbook of Solid Waste Management* (2nd ed). McGraw-Hill.
- KSDM. (2015). *Sampah Menjadi Energi*. Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi.
- Lisnawaty. (2016). *Penyelesaian Traveling Salesman Problem pada Perusahaan Distribusi Produk dengan Algoritma Farthest Insertion*. Jurnal Khatulistiwa Informatika.
- Maryono, & Wahyudi, B. H. (2007). Kajian Pengangkutan Persampahan di Kota Semarang Berdasarkan Grafik Pengendali Kecepatan. *Jurnal Presipitasi*, 2, 8.

- Nasution, F. D., Momon, A. S., & Fitriani, R. (2021). *Penentuan Rute Distribusi Pallet Mesh Menggunakan Metode Saving Matrix (Studi Kasus: PT. MMM)*. *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik*.
- Nguyen-Trong, K., Nguyen-Thi-Ngoc, A., Nguyen-Ngoc, D., & Dinh-Thi-Hai, V. (2017). Optimization of Municipal Solid Waste Transportation by Integrating GIS Analysis, Equation-Based, and Agent-Based Model. *Waste Management*, 59, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.048>
- Paramita, W., Hartono, D. M., & Soesilo, T. E. B. (2018). Sustainability of Refuse Derived Fuel Potential from Municipal Solid Waste for Cement's Alternative Fuel in Indonesia (A Case at Jeruklegi Landfill, in Cilacap). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 159, 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/159/1/012027>
- Pattiasina, T. J., Setyoadi, E. T., & Wijayanto, D. (2018). *Saving Matrix Method for Efficient Distribution Route Based on Google Maps API*. 10(2), 6.
- Peraturan Bupati Cilacap. (2018). *Peraturan Bupati Cilacap Nomor 233 Tahun 2018 Tentang Kebijakan dan Strategi Daerah Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga Di Kabupaten Cilacap*.
- Permen PU No 03-2013. (2013). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03/PRT/M/2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Putri, S. R., Muda, K., Saggaf, A., & Astuti, D. (2018). Municipal Solid Waste Transport Operational Cost of Seberang Ulu Area, Palembang City. *E3S Web of Conferences*, 68, 01015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186801015>
- Ridha, M. R., Abdi, C., & Mahyudin, R. P. (2016). Studi Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kota Marabahan Dengan Sistem Informasi Geografis Optimization Studi of Waste Transportation in Marabahan City

- Using Geografis Information System. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 2(2). <https://doi.org/10.20527/jukung.v2i2.2310>
- Rizwanullah, D. M., & Nilofer, M. (2018). Optimization of Vehicle Routine Problem of Using Saving Matrix Approach. *IISTE*, 9.
- Sarjono, H. (2014). Determination of best route to minimize transportation costs using nearest neighbor procedure. *Applied Mathematical Sciences*, 8, 3063–3074. <https://doi.org/10.12988/ams.2014.43225>
- SNI 19-2454-2002. (2002). *Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*.
- Subhan, M. (2021). Optoimalisasi Rute Angkutan Sampah Kota Prabumulih Menggunakan Metode Saving Matrix. *Universitas Sriwijaya*, 25.
- Supardi, E., & Sianturi, R. C. (2020). Metode Saving Matrix dalam Penentuan Rute Distribusi Premium di Depot SPBU Bandung. *Jurnal Logistik Bisnis*, 10(1), 89. <https://doi.org/10.46369/logistik.v10i1.844>
- Suparjo. (2017). *Metode Saving Matrix sebagai Metode Alternatif untuk Efisiensi Biaya Distribusi (Studi Empirik pada Perusahaan Angkutan Kayu Gelondongan di Jawa Tengah)*. Media Ekonomi dan Manajemen.
- Supit, O. T., Warmadewanthi, I., & Pandebesie, E. S. (2015). Optimasi Teknis Pengangkutan Sampah Sistem Kontainer Tetap di Kota Bitung. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 8.
- Suryani, Kuncoro, D. K. R., & Fathimahhayati, L. D. (2018). Perbandingan Penerapan Metode Nearest Neighbour dan Insertion untuk Penentuan Rute Distribusi Optimal Produk Roti pada UKM Hasan Bakery Samarinda. *Profisiensi*, 9.
- Undang-Undang No 18 Tahun 2008. (2008). *UU Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah*.
- Yudiyanto, Yudistira, E., & Tania, A. L. (2019). *Pengelolaan Sampah Pengabdian Pendampingan di Kota Metro*. Sai Wawai Publishing.