

**OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH
BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFI (SIG)
(STUDI KASUS : TPA SRABAH, KABUPATEN
TRENGGALEK)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik
(S.T) pada prodi Teknik Lingkungan



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

Disusun Oleh :

Alfi Zakiyatul Fiina

H75219018

Dosen Pembimbing :

Ir. Shinfy Wazna Auvaria, M.T.

Yusrianti, M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Alfi Zakiyatul Fiina
Nim : H75219018
Program Studi : Teknik Lingkungan
Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul **“OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFI (SIG) (STUDI KASUS : TPA SRABAH KABUPATEN TRENGGALEK”**. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan tindakan plagiat maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 13 Juli 2023

Yang Menyatakan



(Alfi Zakiyatul Fiina)

NIM. H75219018



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300
E-Mail : saintek@uinsby.ac.id Website : www.uinsby.ac.id

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING
SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : Alfi Zakiyatul Fiina
NIM : H75219018
Judul Tugas Akhir : Optimalisasi Pengangkutan Sampah Berbasis Sistem Informasi Geografi (SIG) (Studi Kasus : TPA Srabah Kabupaten Trenggalek)

Telah disetujui untuk pendaftaran Sidang Tugas Akhir.

Surabaya, 27 Juni 2023

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Shinfi Wazna Auvaria, M.T.

NIP. 198603282015032001

Yusrianti, M.T.

NIP. 198210222014032001

PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR

Nama : Alfi Zakiyatul Fiina
NIM : H75219018
Judul : Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Berbasis Sistem Informasi Geografi (SIG) (Studi Kasus : TPA Srabah Kabupaten Trenggalek)


Telah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi

Di Surabaya, 7 Juli 2023


Mengesahkan,

Dewan Penguji,


Penguji I


Ir. Shinfi Wazna Auvaria, M.T.
NIP. 198603282015032001


Penguji II


Yusrianti, M.T.
NIP. 198210222014032001

Penguji III


Widya Nilandita, M.KL
NIP. 198410072014032002

Penguji IV



Amrullah, M.Ag
NIP. 197309032006041001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya




Saepul Hamdani, M.Pd.
NIP. 196507312000031002



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

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 : ALFI ZAKIYATUL FIINA
NIM : H75219018
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : alfinaz@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 BERBASIS SISTEM

INFORMASI GEOGRAFI (SIG) (STUDI KASUS : TPA SRABAH

KABUPATEN TRENGGGALEK)

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, 14 Juli 2023

Penulis

(Alfi Zakiyatul Fiina)

ABSTRAK

TPA Srabah merupakan tempat pelayanan pengelolaan sampah di Kabupaten Trenggalek dengan jumlah timbulan sampah terangkut di TPA sebesar 55.115 ton dari 107.294 ton jumlah timbulan sampah di Kabupaten Trenggalek. Dua pertiga (2/3) kondisi topografi tanah di Trenggalek merupakan daerah landai, sehingga berpengaruh pada proses pengangkutan. Aspek pengangkutan sampah merupakan sub-sistem pengelolaan sampah yang perlu diperhatikan, karena berkaitan erat dengan aspek biaya, waktu, dan tenaga. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui optimalisasi rute pengangkutan sampah di TPA Srabah menggunakan teknologi Sistem Informasi Geografi (SIG) serta untuk mengetahui efisiensi jarak dan biaya operasional dari perbandingan rute eksisting dengan rute perencanaan SIG. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif. Data primer yang digunakan adalah jarak pengangkutan sampah, rute eksisting pengangkutan, titik koordinat, dan mekanisme pengangkutan sampah. Sedangkan, data sekunder yang digunakan data lokasi TPA, TPA, dan pool truk, jadwal pengambilan sampah, biaya bahan bakar eksisting, dan data jumlah armada truk pengangkutan sampah. Pengolahan data dilakukan menggunakan SIG. Langkah yang dibutuhkan pada permodelan SIG ialah pengolahan data atribut, pembuatan network dataset, dan analisis rute optimal. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwasannya optimalisasi pengangkutan sampah menggunakan SIG dapat menghemat jarak tempuh sebesar 14 km/hari yang semula 253,9 km/hari menjadi 239,4 km/hari dan pada efisiensi pengeluaran biaya bahan bakar dapat menghemat 369.750,- perbulan atau 6% dari total biaya bahan bakar awal.

Kata Kunci : Sampah, Rute Pengangkutan, SIG, *Network Analys*, TPA Srabah

ABSTRACT

The Srabah TPA is a waste management service site in Trenggalek Regency, with the amount of waste generated transported at the TPA amounting to 55,115 tons of the 107,294 tons of total waste generation in Trenggalek Regency. Two-thirds (2/3) of the topographical condition of the land in Trenggalek is a sloping area, which influences the transportation process. Waste transportation is a sub-system of waste management that needs attention because it is closely related to cost, time, and effort. This study aims to optimize the route for transporting waste at the Srabah TPA using Geographic Information System (GIS) technology and to determine the efficiency of distance and operational costs by comparing the existing route with the planned GIS route. This research uses qualitative and quantitative methods. The primary data used is the distance of waste transportation, the existing transportation routes, coordinate points and the mechanism of waste transportation. Meanwhile, the secondary data used is data on the location of TPA, TPA, and truck pools, garbage collection schedules, existing fuel costs, and data on the number of garbage trucks. Data processing is done using GIS. The steps in GIS modeling are attribute data processing, network dataset creation, and optimal route analysis. The results of this study indicate that optimizing the transportation of waste using GIS can save mileage of 14 km/day which was originally 253.9 km/day to 239.4 km/day, and on the efficiency of spending on fuel costs can save 369,750 per month or 6 % of the initial total fuel cost.

Keywords: Garbage, Transportation Routes, GIS, Network Analyst, TPA Srabah

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sampah	6
2.2 Klasifikasi Sampah.....	7
2.3 Teknik Operasional Pengelolaan Sampah.....	8
2.4 Pengangkutan Sampah	10
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Sistem Pengangkutan Sampah.....	18
2.6 Kendaraan Pengangkut Sampah	19
2.7 Sistem Informasi Geografi (SIG)	22
2.8 Penelitian Terdahulu.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Rancangan Penelitian	36
3.2 Lokasi Penelitian	36
3.3 Waktu Penelitian	42

3.4	Tahapan Penelitian	42
3.5	Pengumpulan Data	44
3.6	Pengolahan Data.....	46
BAB IV PEMBAHASAN.....		47
4.1	Pengangkutan Sampah Eksisting di Kabupaten Trenggalek.....	47
4.2	Penerapan Sistem Informasi Geografi.....	60
4.3	Perbandingan Efisiensi Rute Eksisting dan Perencanaan	97
BAB V KESIMPULAN		103
5.1	Kesimpulan.....	103
5.2	Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA		105
LAMPIRAN.....		109



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	29
Tabel 3. 1 Spesifikasi Garmin GPS Montana 680	44
Tabel 4. 1 Sarana Pengangkutan TPA Srabah Kabupaten Trenggalek	47
Tabel 4. 2 Data Armroll Truck	48
Tabel 4. 3 Data Dump Truck	49
Tabel 4. 4 Data Lokasi Pelayanan TPS dan Pembagian Pelayanan Berdasarkan Truk	50
Tabel 4. 5 Volume TPS	51
Tabel 4. 6 Rute Pelayanan Pengangkutan Sampah Eksisting	52
Tabel 4. 7 Spesifikasi Attributes Route	73
Tabel 4. 8 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk A Rute 1	79
Tabel 4. 9 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk A Rute 2	81
Tabel 4. 10 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk A Rute 3	83
Tabel 4. 11 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk B Rute 1	85
Tabel 4. 12 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk B Rute 2	87
Tabel 4. 13 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk B Rute 3	89
Tabel 4. 14 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk C Rute 1	91
Tabel 4. 15 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk C Rute 2	93
Tabel 4. 16 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk C Rute 2	95
Tabel 4. 17 Perbandingan Jarak dan Waktu Tempuh Truk	97
Tabel 4. 18 Perbandingan Jarak Tempuh dalam 1 Bulan	98
Tabel 4. 19 Perbandingan Kebutuhan BBM dalam 1 Bulan	99
Tabel 4. 20 Perhitungan Biaya BBM dalam 1 Bulan	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Teknis Operasional Pengelolaan Sampah	9
Gambar 2. 2 Pola pengangkutan sampah menggunakan sistem pemindahan.....	11
Gambar 2. 3 Pola Pengangkutan Sistem Kontainer Angkut Cara 1.....	12
Gambar 2. 4 Pola Pengangkutan Sistem Kontainer Angkut Cara 2.....	13
Gambar 2. 5 Pola Pengangkutan Sistem Kontainer Angkut Cara 3.....	14
Gambar 2. 6 Pola Pengangkutan Sistem Kontainer Tetap	16
Gambar 2. 7 <i>Dump Truck</i>	20
Gambar 2. 8 <i>Arm Roll Truck</i>	21
Gambar 2. 9 <i>Compactor Truck</i>	21
Gambar 2. 10 <i>Trailer Truck</i>	22
Gambar 2. 11 Tampilan <i>Software ArcGIS</i>	28
Gambar 3. 1 Peta Adminitrasi Kabupaten Trenggalek	38
Gambar 3. 2 Detail Lokasi TPA Srabah Kabupaten Trenggalek.....	39
Gambar 3. 3 Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Trenggalek.....	40
Gambar 3. 3 Peta Kontur Kabupaten Trenggalek	41
Gambar 3. 4 Kerangka Pikir.....	42
Gambar 3. 5 Tahap Penelitian	43
Gambar 3. 6 Garmin GPS Montana 680	46
Gambar 4. 1 Rekam Jejak Rute dengan Alat GPS	60
Gambar 4. 2 Data SHP Koordinat TPS.....	61
Gambar 4. 3 Data SHP Koordinat TPA Srabah	62
Gambar 4. 4 Data SHP Jaringan Jalan Trenggalek	63
Gambar 4. 5 UTM Koordinat pada Data Frame	65
Gambar 4. 6 Data Atribut Jaringan Jalan	67
Gambar 4. 7 Geodatabase ArcGIS	68
Gambar 4. 8 Ringkasan Network Dataset	70
Gambar 4. 9 Output Network Dataset.....	71
Gambar 4. 10 Layer Network Analys Window	72
Gambar 4. 11 Hasil Attributes Route	75
Gambar 4. 12 Hasil Analisis Jaringan Rute Terbaik.....	77
Gambar 4. 13 Rute Eksisting dan Analisis Truk A.1	80

Gambar 4. 14 Rute Eksisting dan Analisis Truk A.2.....	82
Gambar 4. 15 Rute Eksisting dan Analisis Truk A.3.....	84
Gambar 4. 16 Rute Eksisting dan Analisis Truk B.1	86
Gambar 4. 17 Rute Eksisting dan Analisis Truk B.2	88
Gambar 4. 18 Rute Eksisting dan Analisis Truk B.3	90
Gambar 4. 19 Rute Eksisting dan Analisis Truk C.1	92
Gambar 4. 20 Rute Eksisting dan Analisis Truk C.2	94
Gambar 4. 21 Rute Eksisting Truk C.3.....	96



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan isu lingkungan yang cukup serius yang di hadapi oleh masyarakat secara umumnya. Permasalahan sampah tidak hanya mengenai permasalahan kebersihan dan lingkungan, melainkan sudah menjadi permasalahan sosial yang dapat menimbulkan konflik. Sampah didefinisikan sebagai benda atau bahan yang tidak dipergunakan atau dimanfaatkan sehingga dibuang oleh manusia (Zamzami dkk., 2018.) Peningkatan pembangunan ekonomi dan pertumbuhan penduduk, menyebabkan volume timbulan sampah menjadi semakin meningkat. Menurut Khoiriyah, (2021) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwasanya dalam memberikan solusi pada penanganan permasalahan sampah dibutuhkan pengelolaan lingkungan yang tepat dan benar. Hal ini dijelaskan pada firman Allah pada Al- Quran Surat Al Baqarah ayat 11 mengenai perintah memelihara lingkungan sebagaimana berikut :

وَإِذْ أَقْبَلْنَا لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نَحْنُ مُصْلِحُونَ (١١)

Artinya : *Dan bila dikatakan kepada mereka: "Janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi". mereka menjawab: "Sesungguhnya Kami orang-orang yang mengadakan perbaikan."*(QS.Al-Baqarah Ayat 11)

Adapun dalam ayat tersebut menjelaskan mengenai larangan untuk berbuat kerusakan di bumi. Dalam Kitab Tafsir Munir, Syekh Wahbah Az- Zuhayli menjelaskan bahwasannya larangan – larangan yang dimaksudkan ialah membuat kerusakan dalam bentuk provokasi ataupun melakukan kerusakan terhadap nilai – nilai agama. Ayat ini juga dapat dikaitkan dengan larangan untuk tidak merusak alam, salah satunya dengan tidak mengelola sampah dengan bijak sehingga dapat menimbulkan kekacauan dan merusak bumi. Menurut Imam Al Baidhawi dalam kitabnya yang berjudul *Ma'alimut Tanzil fit Tafsir wat Ta'wil* mengungkapkan orang yang melakukan kerusakan atau dalam ayat ini disebut dengan “*mafsadat*” merupakan golongan orang munafik.

Adapun pengurangan dan penanganan sampah merupakan upaya dari pengelolaan sampah. Adapun pembatasan timbulan sampah, proses daur ulang

sampah, dan pemanfaatan sampah kembali merupakan upaya yang dapat dilakukan untuk pengurangan sampah. Adapun untuk penanganan sampah dapat dilakukan dengan proses pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir (Baru et al., 2019).

Tempat Pembuangan Akhir sampah (TPA) Srabah merupakan tempat pelayanan pengelolaan sampah yang dinaungi oleh Dinas Perumahan Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Trenggalek. TPA Srabah berlokasi di Desa Srabah Kecamatan Bendungan Kabupaten Trenggalek. TPA Srabah didirikan di area lahan seluas 52.000 m² atau 5,2 Ha. Adapun pada tahun 1992 TPA Srabah didirikan dan pada tahun 1994 TPA Srabah mulai beroperasi. Sistem penimbunan sampah yang diterapkan pada TPA Srabah ialah sistem *controlled landfill*. Tercatat berat jumlah timbulan sampah di Kabupaten Trenggalek pada tahun 2021 mencapai 107.294 ton dengan jumlah sampah yang terangkut ke TPA ialah 55.115 ton (SIPSN, 2022).

Adapun Kabupaten Trenggalek memiliki kondisi topografi tanahnya hampir 2/3 (dua pertiga) merupakan daerah dataran tinggi, sedangkan sisanya 1/3 (satu pertiga) merupakan tanah dataran rendah. Berdasarkan kondisi topografi tersebut mengakibatkan daerah yang berada di dataran landai sangat memengaruhi waktu kerja dalam pengangkutan sampah. Dalam pelaksanaannya pelayanan pengangkutan sampah di TPA Srabah sering terjadi keterlambatan dalam beberapa pelayanan pengangkutan sampah, hal ini dikarenakan adanya jaringan rute yang terlalu jauh dengan kondisi jumlah akomodasi yang terbatas.

Adapun salah satu upaya dalam peningkatan pelayanan sampah ialah ditinjau dari segi pelayanan pengangkutan sampah. Menurut Rahardjo (2009) mengemukakan bahwasanya perencanaan rute dan penjadwalan pelayanan pengangkutan sampah supaya lebih efisien ialah dengan perbaikan sistem pelayanan pengangkutan sampah. Adapun pemilihan rute perjalanan kendaraan sampah mempengaruhi terhadap jarak perjalanan pengangkutan armada pengangkut sampah. Optimalisasi pelayanan pengangkutan dan pemilihan rute yang baik dapat mengurangi dampak negatif dari pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh pengangkutan sampah.

Adapun aspek pengangkutan sampah, juga berkaitan erat dengan aspek pembiayaan pengelolaan sampah. Karena hal tersebut aspek pembiayaan menjadi salah satu kendala pada pengangkutan sampah. Menurut SNI 03-3242-1994, 40 – 60% anggaran dialokasikan untuk pembiayaan pengangkutan sampah. Hal tersebut menjadikan pembiayaan pengangkutan sampah mendapatkan porsi yang terbesar dalam pengelolaan sampah. Selain itu juga dengan kondisi topografi Kabupaten Trenggalek yang rata – rata merupakan daerah dataran landai, mengakibatkan tingginya biaya operasional pengangkutan sampah yang dikeluarkan. Manajemen pembiayaan yang baik dan tepat perlu dilakukan dalam pengelolaan pengangkutan sampah untuk dapat menekan biaya pengeluaran yang berhubungan dengan tenaga kerja, energi dan biaya operasional supaya lebih hemat.

Penggunaan Sistem Informasi Geografi (SIG) pada proses pengelolaan sampah berguna untuk memudahkan proses pemodelan sebelum diterapkan pada kondisi lapangan. Selain itu, penggunaan SIG juga menandai bahwasanya adanya upaya penerapan *smart city* melalui penggunaan teknologi yang berguna untuk proses perencanaan kawasan (Haratua & Kameswara, 2021). Selain hal tersebut, dengan adanya penerapan dari Sistem Informasi Geografi ini memiliki kegunaan yang lain yaitu salah satunya untuk melakukan pemodelan jaringan dari dunia nyata ke dalam bentuk digital melalui fitur *Network Analyst* (Lau, 2018). *Network Analyst* (analisis jaringan) merupakan proses untuk mengidentifikasi dan memodelkan transportasi secara makro dengan tujuan untuk melihat hubungan antara lokasi dan objek yang saling berhubungan dengan suatu jaringan transportasi. Adapun optimalisasi terhadap rute berguna dalam memangkas jarak dan menghemat waktu yang di tempuh selama dalam proses pengangkutan sampah. Selain hal tersebut optimalisasi juga bermanfaat dalam mengurangi jumlah rute yang dilalui oleh kendaraan pengangkut sampah ketika kegiatan operasional berlangsung.

Berdasarkan gambaran permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, dibutuhkan perencanaan optimalisasi Pengangkutan Sampah Berbasis Sistem Informasi Geografi (SIG) di TPA Srabah, Kabupaten Trenggalek. Perencanaan optimalisasi merupakan suatu upaya untuk mengoptimalkan pengangkutan

sampah supaya menjadi lebih efektif dan efisien, serta dapat memberikan solusi dalam bidang pengangkutan sampah kedepannya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mekanisme dan rute pengangkutan sampah eksisting di TPA Srabah Kabupaten Trenggalek?
2. Bagaimana analisis dan perencanaan optimalisasi rute pengangkutan sampah berdasarkan penerapan Sistem Informasi Geografi di TPA Srabah Kabupaten Trenggalek?
3. Bagaimana perhitungan dan analisis efisiensi jarak dan biaya operasional dari perbandingan rute eksisting dengan rute perencanaan untuk optimalisasi pengangkutan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini diantaranya :

1. Mengetahui mekanisme dan rute pengangkutan sampah eksisting di TPA Srabah Kabupaten Trenggalek.
2. Merencanakan dan menganalisis optimalisasi rute pengangkutan sampah berdasarkan penerapan Sistem Informasi Geografi di TPA Srabah Kabupaten Trenggalek.
3. Menghitung dan menganalisis efisiensi jarak dan biaya operasional dari perbandingan rute eksisting dengan rute perencanaan untuk optimalisasi pengangkutan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Bagi penulis untuk mengetahui lebih dalam mengenai proses pengangkutan sampah dan penerapan sistem informasi geografi untuk penentuan rute yang efektif dan efisien pada pengangkutan sampah.
2. Bagi pembaca ialah untuk menambah dan memperluas wawasan serta pengetahuan mengenai Sistem Informasi Geografi dan pengaplikasiannya.
3. Bagi Instansi/pemerintah, dalam hal ini, Pemerintah Kabupaten Trenggalek, khususnya Dinas Perumahan Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup, Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan bahan masukan dalam penentuan kebijakan di masa mendatang

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah ;

1. Rute yang diteliti adalah daerah pelayanan TPA Srabah Kabupaten Trenggalek
2. Kendaraan pengangkut sampah yang diteliti adalah kendaraan jenis *Dump Truck*
3. Optimalisasi rute hanya berdasarkan jarak dan biaya bahan bakar
4. Harga bahan bakar disesuaikan dengan dengan harga yang berlaku pada saat penelitian,
5. Penggunaan ArcGIS untuk aplikasi Sistem Informasi Geografi



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah adalah material bersifat padat dari sisa hasil kegiatan manusia setiap harinya yang tidak dimanfaatkan dan dipergunakan kembali. Aktivitas manusia yang memproduksi sampah setiap harinya dapat menimbulkan adanya timbulan sampah yang sering dibuang karena dianggap tidak terpakai dan tidak berguna. Akan tetapi, apabila di kelola dengan baik, tidak sedikit dari sampah tersebut dapat bernilai ekonomis dan dapat dipergunaan kembali untuk pembangkit energi atau produksi industri (Tchobanoglous & Kreith, 2002). Menurut Agung dkk., (2021) sampah merupakan hasil dari sisa kegiatan manusia yang dibuang atau tidak dipergunakan kembali dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia Tahun 2008 Nomer 18 tentang pengelolaan sampah, mendefinisikan sampah sebagai sisa dari aktivitas - aktivitas setiap hari manusia ataupun dari proses alam yang memerlukan pengelolaan yang khusus dan berbentuk padat.

Pada SNI 19-2454-2002 menyebutkan sampah merupakan benda yang dianggap tidak berguna yang dalam pengelolaannya harus bijak dikarenakan dapat menimbulkan kerugian dan membahayakan terhadap lingkungan hidup. Pengelolaan sampah yang baik dan bijak dapat melindungi investasi pembangunan di masa yang akan datang. Tchobanoglous et.al., (1993) mengemukakan bahwasannya terdapat beberapa permasalahan apabila sampah tidak diolah baik dan bijak yaitu diantaranya :

1. Menumpuknya sampah dapat mengakibatkan menjadi sarang penyakit yang nantinya akan ditularkan ke masyarakat melalui hewan - hewan seperti lalat, tikus, dan anjing. Selain itu menumpuknya sampah juga dapat mengurangi nilai estetika.
2. Menimbulkan bau yang tidak sedap dikarenakan adanya sampah organik yang menumpuk, selain itu debu-debu juga menjadi salah satu faktor penyebab penyakit.

3. Sampah yang tidak dikelola dengan bijak mengakibatkan sampah menjadi menumpuk dan menghasilkan rembesan lindi yang nantinya dapat menyebabkan terjadinya pencemaran air tanah..

2.2 Klasifikasi Sampah

Menurut penelitian (Nurdin et al., 2020) membagi sampah berdasarkan jenisnya menjadi dua jenis yaitu :

1. Sampah Organik

Sampah organik merupakan jenis sampah yang paling mudah untuk terurai. Sampah organik berasal dari bahan-bahan hayati baik hewan maupun tumbuhan yang dapat terdegradasi oleh mikroba atau bersifat biodegradabel. Adapun contoh dari sampah organik ialah daun-daun, sisa makanan, sisa buah maupun sayuran dan lain sebagainya.

2. Sampah Anorganik

Sampah anorganik merupakan jenis sampah yang memiliki sifat sukar untuk diuraikan. Dalam penguraiannya sampah anorganik membutuhkan waktu yang sangat lama. Sampah anorganik berasal dari bahan-bahan non hayati yang dapat berupa produk sintetik ataupun produk yang dihasilkan dari proses teknologi pengolahan tambang. Adapun contoh dari sampah anorganik yaitu plastik, karet, kaca, besi dan lain sebagainya.

3. Sampah B3

Sampah B3 merupakan kepanjangan dari sampah bahan berbahaya dan beracun. Sampah B3 merupakan sampah yang membutuhkan pengolahan dan pengelolaan khusus dikarenakan sifatnya yang dapat menimbulkan pengaruh negatif dan berbahaya untuk manusia, hewan, maupun tumbuhan. Adapun contoh sampah jenis ini ialah seperti batu baterai bekas, oli bekas, kemasan cat, dan lain sebagainya.

Menurut Gelbert et al., (1996) mengemukakan bahwasannya terdapat lima pembagian sumber sampah diantaranya sebagaimana berikut :

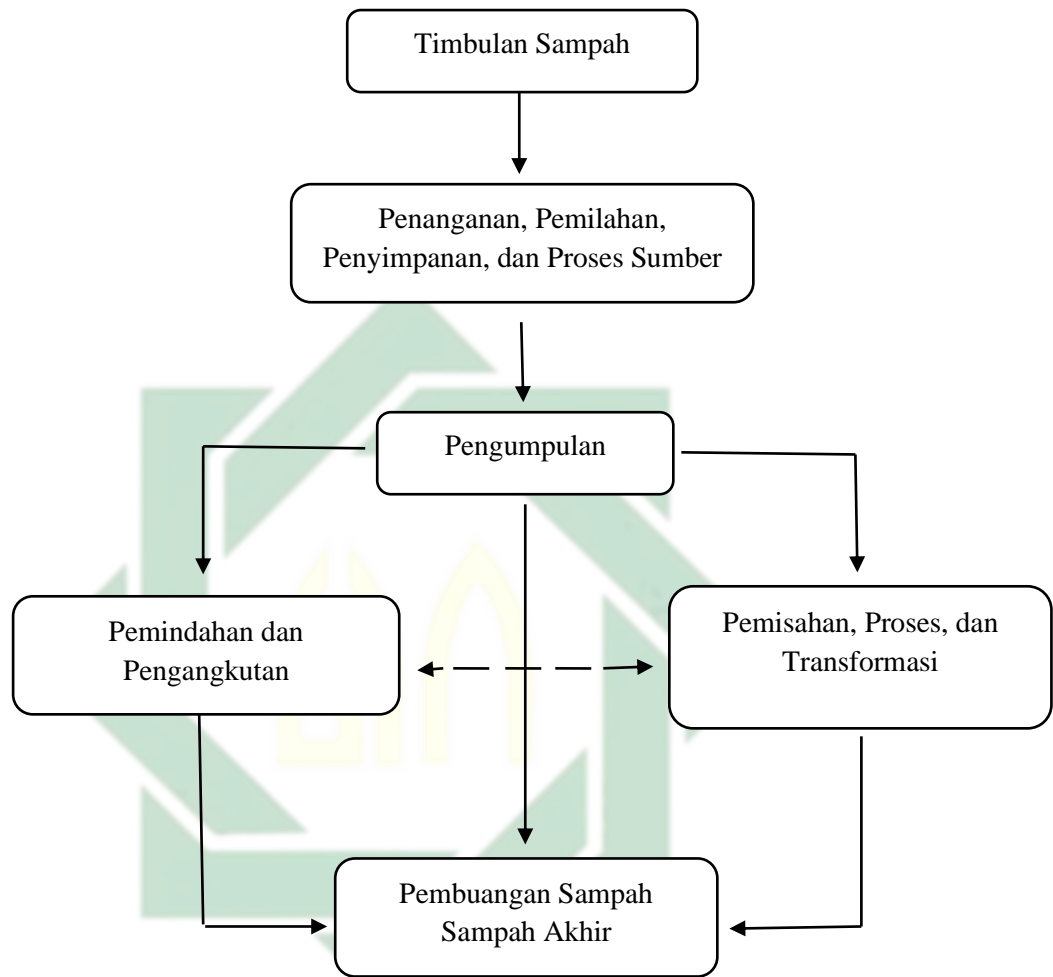
1. Sampah yang berasal dari daerah padat masyarakat atau daerah pemukiman, yaitu sampah rumah tangga berupa sisa pengolahan makanan, perlengkapan rumah tangga bekas, kertas, kardus, gelas, kain, sampah kebun/ halaman, dan lain-lain;

2. Sampah yang berasal dari kegiatan perkebunan dan pertanian, adalah sampah kegiatan pertanian tergolong bahan organik, seperti jerami dan sejenisnya. Untuk sampah bahan kimia seperti pestisida dan pupuk buatan perlu perlakuan khusus agar tidak mencemari lingkungan. Sampah pertanian lainnya adalah lembaran plastik penutup tempat tumbuh-tumbuhan yang berfungsi untuk mengurangi penguapan dan penghambat pertumbuhan gulma, namun plastik ini bisa di daur ulang;
3. Sampah yang berasal dari sisa bangunan maupun sisa kegiatan konstruksi, yaitu sumber sampah yang berasal dari kegiatan pembangunan dan pemugaran gedung ini bisa berupa bahan organik maupun anorganik. Sampah organik, misalnya: kayu, bambu, triplek. Sampah anorganik, misalnya: semen, pasir, spesi, batu bata, ubin, besi dan baja, kaca dan kaleng;
4. Sampah yang berasal dari kegiatan sosial manusia yang berupa perdagangan dan perkantoran. Adapun sampah yang berasal dari kegiatan perdagangan seperti kegiatan di toko, pasar tradisional, warung, pasar swalayan atau tempat kegiatan perdagangan yang lain ini dapat berupa pembungkus, kardus, plastik, kresek, kertas ataupun bahan organik baik berupa sisa makanan ataupun dedaunan yang biasanya berasal dari kegiatan restoran dan warung. Adapun sampah yang berasal dari kegiatan dari lembaga pendidikan, kantor pemerintah dan swasta sampah yang dihasilkan dapat berupa kardus, kertas, alat tulis menulis (bolpoint, pensil, spidol dan lain-lain) yang tidak terpakai, baterai bekas, bahan kimia dari kegiatan laboratorium, pita mesin ketik, klise film, komputer rusak, dan lain sebagainya.

2.3 Teknik Operasional Pengelolaan Sampah

Teknik operasional pengelolaan limbah padat atau sampah ialah kegiatan terpadu yang diawali dengan proses pewadahan sampah dan diakhiri pembuangan akhir sampah. Berdasarkan SNI 19-2454-2002 teknik operasional pengelolaan sampah terdiri dari enam komponen yaitu pewadahan, pengumpulan, pemindahan, pengelolaan dan pemilahan, pengangkutan, dan

pembuangan akhir. Adapun skema teknik operasional pengelolaan sampah sebagaimana berikut pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Skema Teknis Operasional Pengelolaan Sampah

(Sumber : SNI 19-2454-2002)

Berdasarkan SNI 19-2454-2002 bahwasannya terdapat faktor-faktor yang dapat memengaruhi sistem pengelolaan sampah, yaitu diantaranya :

1. Adanya kepadatan dan penyebaran penduduk di suatu wilayah
2. Kondisi sosial ekonomi masyarakat dan karakteristik fisik lingkungan.
3. Adanya timbulan dan karakteristik sampah
4. Budaya, sikap dan perilaku yang berkembang di masyarakat
5. Adanya sumber sampah dan jarak untuk menuju ke TPA
6. Pengembangan suatu Kawasan dan rencana tata ruang.
7. Sarana pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan akhir sampah

8. Adanya pembiayaan dalam pengelolaan sampah yang tersedia
9. Peraturan yang berlaku di wilayah setempat.

2.4 Pengangkutan Sampah

Pengangkutan sampah merupakan salah satu dari rangkaian dari proses pengelolaan sampah. Berdasarkan penelitian (Priambodo et al., 2020) mendefinisikan pengangkutan sampah sebagai proses dari rangkaian pengelolaan sampah yang mana sampah dari lokasi pengumpulan sampah diangkut menuju ke tempat pengolahan sampah terpadu atau menuju ke tempat pemrosesan akhir sampah dengan menggunakan akomodasi kendaraan pengangkut sampah yang telah dirancang dan dimodifikasi untuk mengangkut sampah. Menurut Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 mengenai pengelolaan sampah, pengangkutan sampah didefinisikan sebagai kegiatan yang mengangkut/membawa sampah dari lokasi pengumpulan/penampungan sementara (TPS) atau dari sumbernya menuju ke tempat pemrosesan akhir sampah (TPA).

Adapun dalam proses pengangkutan sampah memiliki pola pengangkutan yang didasarkan pada sistem pengumpulan sampah. Adapun pola pengangkutan sampah berdasarkan SNI 192454-2002 terdapat dua pola pengangkutan, yaitu sebagaimana berikut :

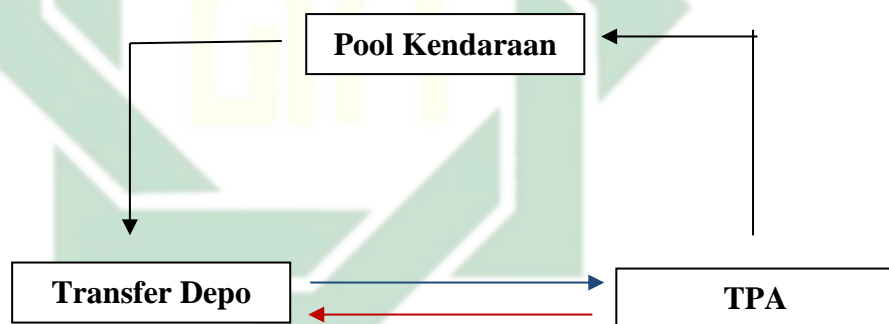
1. Pola pengangkutan Sampah menggunakan sistem pengumpulan individual langsung (*door to door*).

Penggunaan pola pengangkutan menggunakan sistem ini dapat dilakukan dengan cara sebagaimana berikut :

- a. Kendaraan pengangkut sampah yang berasal dari *pool* bergerak menuju ke titik pertama dari sumber sampah untuk mengambil atau mengangkut sampah;
- b. Kemudian kendaraan pengangkut sampah tersebut menuju ke titik-titik sumber-sumber sampah berikutnya untuk mengambil sampah hingga volume kendaraan pengangkut sampah tersebut penuh disesuaikan dengan kapasitas kendaraan pengangkut sampah;
- c. Kemudian kendaraan pengangkut sampah yang telah mengangkut sampah dengan kapasitas penuh tersebut bergerak menuju ke (TPA), untuk dilakukan pengosongan kendaraan;

- d. Selanjutnya setelah dilakukan pengosongan kendaraan pengangkut sampah di TPA, dilanjutkan untuk mengangkut atau mengambil sampah dari lokasi sumber sampah yang lain hingga ritase yang telah ditetapkan terpenuhi.
2. Pola pengangkutan sampah menggunakan sistem pemindahan atau transfer depo.

Pola pengangkutan dalam sistem ini kendaraan pengangkut sampah yang berasal dari *pool* langsung menuju ke lokasi pemindahan sampah di transfer depo untuk mengambil atau mengangkut sampah yang kemudian dibawa menuju TPA untuk melakukan pengosongan kendaraan pengangkut sampah. Kemudian dari TPA kendaraan menuju ke lokasi transfer depo berikutnya untuk melakukan pengangkutan sampah sesuai dengan ritase yang telah ditentukan. Adapun pola pengangkutan menggunakan sistem pemindahan atau transfer depo dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2. 2 Pola pengangkutan sampah menggunakan sistem pemindahan
(Sumber : SNI 19-2454-2002)

Adapun pola pengangkutan menggunakan sistem pemindahan atau transfer depo terbagi menjadi dua sistem yaitu sistem kontainer angkat (*Hauled Container System = HCS*) dan sistem kontainer tetap (*Stationary Container System = SCS*) (SNI 19-2454-2002).

- a. Sistem Kontainer Angkat (*Hauled Container System = HCS*)

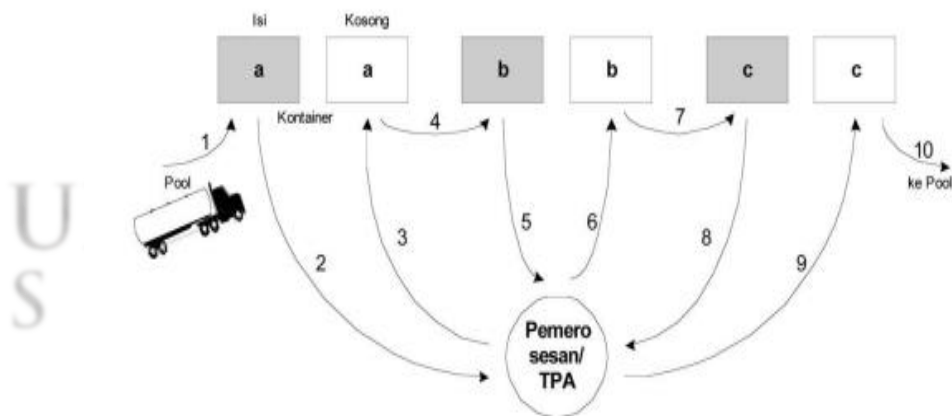
Sistem kontainer angkat merupakan sistem pengangkutan yang dalam pengangkutannya menggunakan wadah pengumpulan sampah yang dapat dipindah-pindah atau wadah yang dapat dibawa ikut menuju ke tempat pemrosesan akhir (SNI 19-2454-2002).. Sistem kontainer angkat

merupakan sistem pengangkutan untuk daerah komersial. Pola pengangkutan menggunakan sistem HCS terdapat tiga cara yaitu :

1.) Sistem kontainer angkat cara 1

Adapun proses pengangkutan sampah menggunakan sistem HCS cara 1, ialah sebagaimana berikut :

- a.) Kendaraan pengangkut sampah dari *pool* bergerak menuju ke depo kontainer isi yang pertama untuk mengangkut sampah menuju ke tempat pemrosesan akhir (TPA);
- b.) Kontainer yang telah dikosongkan di TPA kemudian dikembalikan ke tempat/depo semula;
- c.) Kemudian kendaraan pengangkut sampah menuju ke depo kontainer yang berikutnya untuk mengangkut sampah dibawa ke TPA;
- d.) Kontainer yang telah dikosongkan di TPA kemudian dikembalikan ke tempat/depo semula;
- e.) Demikian proses berikutnya dilakukan hingga ritase terakhir yang telah ditentukan.

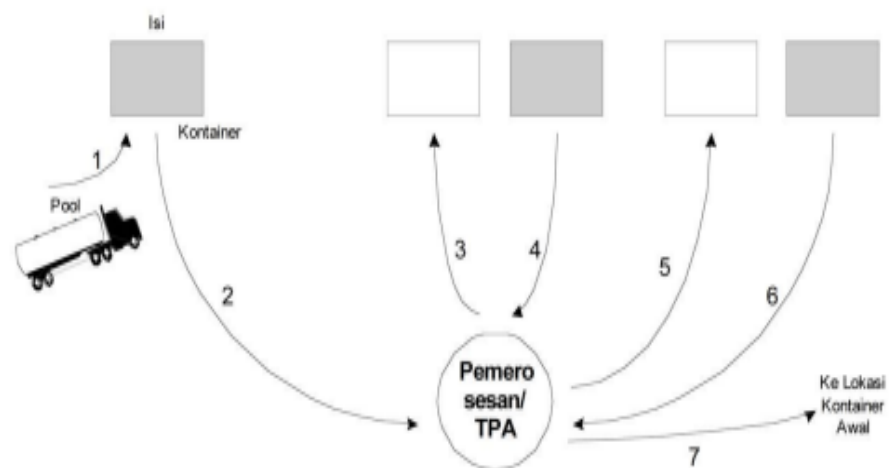


Gambar 2. 3 Pola Pengangkutan Sistem Kontainer Angkat Cara 1
(Sumber : SNI 19 2454-2002)

2.) Sistem kontainer angkat cara 2

Adapun proses pengangkutan sampah menggunakan sistem HCS cara 2, ialah sebagaimana berikut :

- a.) Kendaraan pengangkut sampah dari *pool* bergerak menuju kontainer isi yang pertama untuk mengambil sampah dan dibawa menuju ke tempat pemrosesan akhir (TPA);
- b.) Kemudian kontainer yang telah dikosongkan di TPA dibawa menuju ke lokasi/depo berikutnya untuk menurunkan kontainer yang telah dikosongkan dan mengangkat kontainer isi untuk dibawa menuju TPA;
- c.) Demikian proses berikutnya dilakukan hingga ritase terakhir yang telah ditentukan;
- d.) Pada ritase terakhir kontainer yang telah dikosongkan dibawa menuju ke depo/lokasi pertama, kemudian kendaraan pengangkut sampah kembali ke *pool* tanpa membawa kontainer;
- e.) Adapun sistem HCS cara kedua dilakukan untuk kondisi tertentu, seperti meminimalisir terjadinya kemacetan lalu lintas.



Gambar 2. 4 Pola Pengangkutan Sistem Kontainer Angkut Cara 2

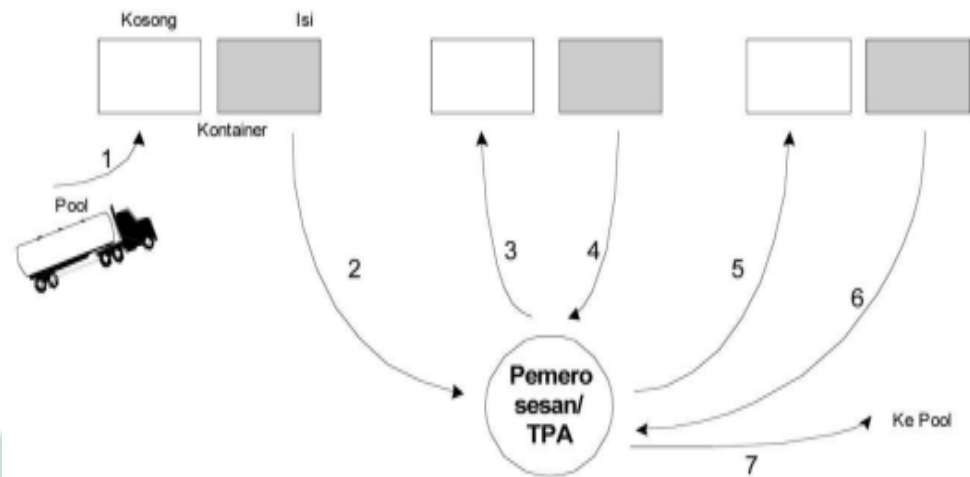
(Sumber : SNI 19 2454-2002)

3.) Sistem kontainer angkat cara 3

Adapun proses pengangkutan sampah menggunakan sistem HCS cara 3, ialah sebagaimana berikut :

- a.) Kendaraan pengangkut sampah dari *pool* dengan membawa kontainer yang kosong bergerak menuju ke lokasi/depo pertama untuk menurunkan kontainer kosong dan mengangkat kontainer isi menuju ke TPA;

- b.) Kontainer yang telah dikosongkan kemudian dibawa menuju ke lokasi/depo berikutnya untuk diturunkan dan membawa kontainer isi berikutnya menuju ke TPA;
- c.) Demikian proses berikutnya dilakukan sampai dengan ritase terakhir yang telah ditentukan.



Gambar 2. 5 Pola Pengangkutan Sistem Kontainer Angkut Cara 3
(Sumber : SNI 19 2454-2002)

Adapun dalam sistem kontainer angkat (HCS), jumlah ritase dan waktu kendaraan pengangkut sampah per hari dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$T_{HCS} = P_{HCS} + S + h$$

Dimana :

T_{HCS} = Waktu per trip dari sistem kontainer bergerak (jam/rit)

P_{HCS} = Waktu pengambilan sampah (jam/rit)

S = Waktu untuk menunggu bongkar muat sampah di TPA (jam/rit)

h = Waktu perjalanan dari depo menuju ke TPA

Adapun untuk jumlah ritase per kendaraan dalam satu hari pada sistem kontainer angkat (HCS) dapat dirumuskan sebagaimana berikut :

$$Nd = \{ H (1 - W) - (t1 + t2) \} / T_{HCS}$$

Dimana :

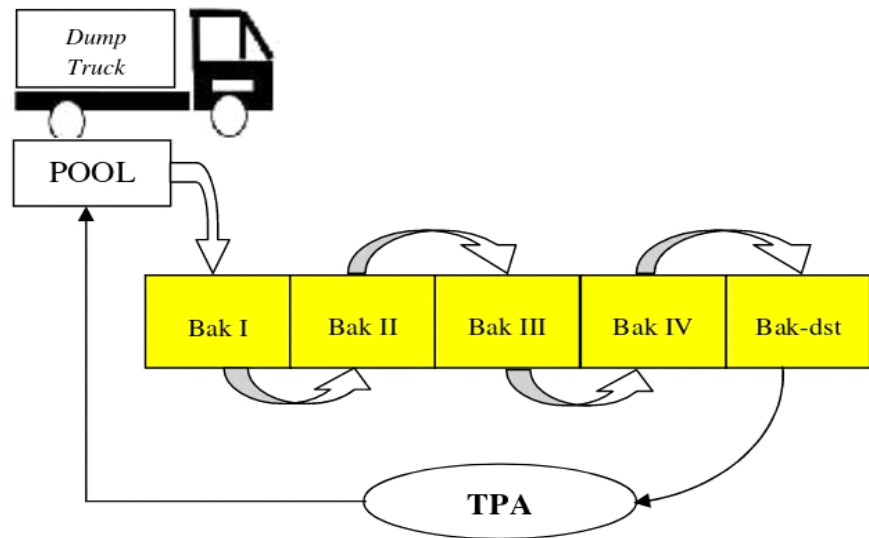
- Nd = Jumlah ritase dalam satu hari (rit/hari)
- H = Waktu kerja dalam satu hari (jam)
- W = Faktor non produktif
- th = Waktu dari pool menuju depo/lokasi pertama (jam)
- t2 = Waktu dari depo/lokasi terakhir menuju ke pool (jam)

b. Sistem Kontainer Tetap (*Stationary Container System = SCS*).

Dalam pola pengangkutan sistem kontainer tetap (SCS) digunakan untuk kendaraan pengangkut sampah yang memiliki kontainer kecil, biasanya menggunakan kendaraan pengangkut berupa *dump truck* atau truk pemadat. Dalam sistem kontainer tetap sistem pengangkutan sampah menggunakan kontainer yang bersifat permanen sebagai wadah atau tidak berpindah lokasi kecuali pada saat *unloading* (SNI 19-2454-2002). Adapun pola pengangkutan sistem kontainer tetap secara manual ialah sebagaimana berikut ;

- 1.) Kendaraan pengangkut sampah yang berasal dari *pool* bergerak menuju ke kontainer pertama untuk mengambil atau mengangkut sampah, kemudian sampah pada kontainer pertama dimuat kedalam truk kompaktor atau *dump truck*;
- 2.) Kemudian kendaraan pengangkut sampah menuju ke kontainer berikutnya untuk mengangkut sampah hingga kendaraan pengangkut sampah penuh sesuai volume kapasitas kendaraan, kemudian kendaraan pengangkut sampah menuju ke TPA untuk melakukan pengosongan kontainer
- 3.) Demikian seterusnya hingga ritase yang telah ditetapkan berakhir.

Adapun pola pengangkutan dengan sistem kontainer tetap (SCS) sebagaimana **Gambar 2.6** berikut ;



Gambar 2. 6 Pola Pengangkutan Sistem Kontainer Tetap

(Sumber : SNI 19 2454-2002)

Adapun jumlah ritase atau trip dan waktu pada kendaraan pengangkut sampah pada pola pengangkutan menggunakan sistem kontainer tetap dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagaimana berikut :

Adapun waktu pengangkutan per ritase dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$TSCS = PSCS + s + a + bx$$

Dimana :

Pscs = Waktu yang dibutuhkan dalam proses memuat sampah dari lokasi pertama hingga lokasi paling terakhir (jam/rit)

s = Waktu yang digunakan untuk menunggu dan membongkar sampah di TPA

a,b = Konstanta yang bersifat empiris

$$a = (\text{jam/rit})$$

$$b = (\text{jam/rit})$$

x = Jarak rata-rata antara TPA menuju ke TPS (km/rit)

Dengan :

$$Pscs = C_t \cdot u_c + (n_p - 1) \cdot d_{bc}$$

Dimana :

C_t = Jumlah kontainer yang dikosongkan per ritase (kontainer/rit)

U_c = Waktu rata – rata untuk mengosongkan kontainer (jam/kontainer)

n_p = Jumlah lokasi kontainer per ritase

dbc = Waktu rata-rata antara lokasi kontainer (jam/lokasi)

Dengan :

$C_t = v_r / c_f$

Dimana :

C_t = Jumlah kontainer yang dikosongkan per ritase (kontainer/rit)

V = Volumen kendaraan pengumpul (m^3 /rit)

r = Rasio kompaksi

c = Volume container (m^3 /kontainer)

f = Faktor penggunaan kontainer

Adapun untuk menghitung jumlah ritase dalam satu hari dapat menggunakan persamaan berikut :

$N_d = V_d / v$

Dimana :

N_d = Jumlah ritase dalam satu hari

V_d = Jumlah sampah yang dikumpulkan dalam satu hari (m^3 /hari)

Sehingga dalam jumlah ritase dalam satu hari, waktu sebenarnya yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan berikut :

$H = \frac{(t_1+t_2)+N_d \cdot (T_{scs})}{(1-w)}$

Dimana :

H = Waktu kerja dalam satu hari (jam/hari)

t_1 = Wakt dari *pool* menuju ke lokasi pertama (jam)

t_2 = Waktu dari lokasi terakhir menuju ke *pool* (jam)

2.5 Faktor yang Mempengaruhi Sistem Pengangkutan Sampah

Suatu sistem pengangkutan sampah dapat didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan yang sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lain selain jumlah atau timbulan sampah itu sendiri (Tchobanoglous et al., 1993). Adapun faktor penting yang dapat mempengaruhi dari sistem pengangkutan sampah diantaranya yaitu :

1. Rute Pengangkutan

Dalam rute pengangkutan sampah dibuat dengan menggunakan metode trial and error, hal tersebut disebabkan karena belum adanya ketentuan atau peraturan yang berlaku secara baku dalam perencanaan pembuatan rute pengangkutan sampah. Akan tetapi, terdapat pedoman pembuatan rute pengangkutan sampah sebagaimana berikut :

- a. Kondisi sistem yang ada, dalam hal ini dapat dimisalkan dengan adanya jumlah pekerja pengangkut sampah dan jumlah dan jenis akomodasi transportasi pengangkutan sampah.
- b. Kebijakan dan aturan terkait pengangkutan dan frekuensi pengangkutan
- c. Pembuatan rute pengangkutan sampah yang dibuat dimulai dengan daerah yang dekat dengan jalan utama dan diakhiri juga dengan daerah yang dekat dengan jalan utama, yang berdasarkan letak topografi wilayah dan kondisi fisik daerah sebagai batas rute.
- d. Dalam waktu pengambilan sampah difokuskan untuk daerah dengan arus padat lalu lintas, hendaknya dalam pengangkutan atau pengambilan sampah dilakukan paling awal atau sepagi mungkin. Hal ini perlu dilakukan karena untuk menghindari adanya penumpukan volume kendaraan atau kemacetan.

2. Kecepatan Kendaraan Pengangkut

Waktu yang diperlukan untuk akomodasi transportasi pengangkut sampah terdiri dari tempat pemindahan atau transfer depo maupun TPS menuju ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dipengaruhi oleh kecepatan. Adapun dalam waktu pengangkutan terdiri dari P (waktu pengambilan), S (waktu ditempat) dan h (*haul time*). Waktu haul di pengaruhi nilai x (jarak yang

ditempuh) dan tergantung dari nilai konstanta a dan b yang merupakan fungsi dari kecepatan kendaraan pengangkut sampah.

2.6 Kendaraan Pengangkut Sampah

Pengangkutan sampah sangat terkait dengan jarak sehingga membutuhkan alat transportasi pengangkut sampah yang efektif dan efisien sehingga bisa lebih ekonomis. Kendaraan pengangkutan sampah harus memiliki ketentuan yaitu memaksimalkan kapasitas kendaraan transportasi yang digunakan sehingga dapat meminimalkan jarak dan rintangan pada jalur transportasi, frekuensi transportasi. Ketika mengangkut sampah dari depo/TPS menuju ke tempat pemrosesan akhir (TPA) (Priambodo et al., 2020).

Adapun persyaratan kendaraan pengangkut sampah menurut (Damanhuri dan padmi, 2010) ialah sebagaimana berikut :

1. Alat pengangkut sampah harus dilengkapi dengan penutup sampah minimal berupa jaring menumpuk, hal ini untuk meminimalisir adanya sampah yang jatuh berserakan di jalanan.
2. Tinggi bak kendaraan pengangkut sampah maksimum 1,6 meter sebagaimana ketentuan dalam SNI 19-2454-2002
3. Dalam setiap kendaraan pengangkut sampah seyogyanya terdapat alat pengungkit sampah, hal ini dikarenakan untuk memudahkan petugas pengambil sampah untuk mengambil sampah yang berserakan selain itu alat pengungkit juga dapat memadatkan isi bak kontainer sampah
4. Kapasitas bak kontainer kendaraan pengangkut sampah disesuaikan dengan kondisi atau kelas jalan yang dilalui
5. Dasar bak kontainer sebaiknya dilengkapi dengan pengaman air lindi, minimal menggunakan terpal untuk meminimalisir kebocoran lindi atau lindi yang berceceran di jalanan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03/Prt/M/2013 yang menjelaskan mengenai Penyelenggaraan Prasarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah sejenis Rumah Tangga menyebutkan bahwasannya terdapat beberapa jenis kendaraan pengangkut sampah, yaitu sebagaimana berikut :

1. *Dump Truck*

Kendaraan pengangkut sampah yang ketika proses mengangkat bak dan bongkar muatan sampah telah menggunakan sistem hidrolis. Adapun dalam truk pengisian muatan sampah pada depo atau sumber sampah dilakukan secara manual atau masih menggunakan tenaga manusia. *Dump truck* memiliki variasi ukuran yaitu 6 m³, 8 m³, 10 m³, dan 14 m³. Dalam proses pengangkutan sampah *dump truck* dapat mencapai efisiensi penggunaan apabila telah memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah ritase per hari minimal sebanyak tiga, dengan jumlah tenaga maksimal tiga orang. Akan tetapi terdapat kekurangan pada *dump truck* karena tidak adanya penutup sehingga diperlukan penutup minimal menggunakan tutup terpal untuk meminimalisir adanya sampah yang jatuh berceceran di jalan.



Gambar 2. 7 *Dump Truck*

(Sumber : Permen PU No. 3 Tahun 2013)

2. *Arm Roll Truk*

Pada kendaraan pengangkut sampah jenis ini sama seperti *dump truck* yaitu sudah menggunakan sistem hidrolis untuk mengangkat dan membongkar muatan sampahnya. *Arm roll truck* juga memiliki ukuran yang bervariasi yaitu 6 m³, 8 m³, dan 10 m³. Adapun untuk efisiensi dalam pengangkutan sampah *arm roll truck* juga harus memenuhi kriteria yaitu dalam satu kali ritase minimum lima kali dalam satu hari, dengan jumlah tenaga kerja sebanyak satu orang.



Gambar 2. 8 Arm Roll Truck
(Sumber : Permen PU No. 3 Tahun 2013)

3. *Compactor Truck*

Akomodasi kendaraan pengangkut sampah ini juga telah menggunakan sistem hidrolis untuk menggunakan sistem hidrolis untuk mengangkat dan membongkar muatan sampahnya. Meskipun dalam proses pengisian muatan sampah dapat dilakukan secara otomatis, akan tetapi kendaraan pengangkutan sampah jenis ini masih membutuhkan tenaga manusia untuk pengoperasiannya. Dalam proses pengangkutan sampah *compactor truck* dapat mencapai efisiensi penggunaan apabila telah memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah ritase per hari minimal sebanyak tiga dengan jumlah tenaga sebanyak maksimal dua orang.



Gambar 2. 9 Compactor Truck
(Sumber : Permen PU No. 3 Tahun 2013)

4. *Trailer truck*

Kendaraan pengangkut sampah ini memiliki ukuran yang paling besar, sehingga dapat memuat jumlah sampah hingga 30 ton. Adapun pengisian muatan sampah juga menggunakan sistem hidrolis dengan kepadatan tinggi pada *transfer station*. Dalam proses pengangkutan sampah *trailer truck* dapat mencapai efisiensi penggunaan apabila telah memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah ritase per hari minimal sebanyak lima dengan jumlah tenaga sebanyak maksimal dua orang.



Gambar 2. 10 Trailer Truck
(Sumber : Permen PU No. 3 Tahun 2013)

2.7 Sistem Informasi Geografi (SIG)

Geographic Information System (GIS) merupakan sistem informasi geografi yang berisi kumpulan perangkat keras dan perangkat lunak dari komputer, manusia, uang, dan infrastruktur suatu organisasi yang terorganisir, yang dimungkinkan untuk memperoleh dan menyimpan data atribut geografis yang terkait, untuk tujuan pengambilan dan analisis sintesis, serta tampilan dalam meningkatkan pemahaman untuk pengambilan suatu keputusan. Secara singkatnya SIG didefinisikan sebagai sistem yang berbasis komputer yang bertujuan untuk membantu pengumpulan, pemeliharaan, penyimpanan, analisis, output, dan distribusi data serta informasi spasial data (Santoso, 2021). SIG dirancang untuk memecahkan masalah perencanaan dan pengelolaan yang kompleks. Lingkupan dari SIG mencakup lingkungan, manajemen, kegiatan

kota, transportasi, kesehatan, pariwisata, pendidikan, pertanian, perdagangan, pertahanan, serta sistem keamanan (Banu Çakmak et al., 2022).

SIG merupakan salah satu teknologi yang menandai bahwasanya adanya upaya penerapan *smart city* melalui penggunaan teknologi yang berguna untuk proses perencanaan kawasan (Haratua & Kameswara, 2021). Dalam Al – Quran Allah SWT menjelaskan dalam firmanNya surat Al Anbiya Ayat 80 yang berbunyi :

وَعَلَّمْنَاهُ صَنْعَةَ لَبُوسٍ لَّكُمْ لِنُحَصِّنَكُمْ مِنَ بَأْسِكُمْ ۖ فَهَلْ أَنْتُمْ شَاكِرُونَ (٨٠)

Artinya : *Dan telah Kami ajarkan kepada Daud membuat baju besi untuk kamu, guna memelihara kamu dalam peperanganmu; Maka hendaklah kamu bersyukur (kepada Allah) (Al Quran Terjemah, 2023).*

Dari ayat tersebut dijelaskan bahwasannya Nabi Daud As diberitahu oleh Allah SWT mengenai pembuatan baju pelindung perang yang dapat dipergunakan di medan perang. Dari pelajaran yang disampaikan oleh Allah dapat diketahui bahwasannya adanya perkembangan dalam pembuatan baju khusus perang baik itu berupa topi besi, rompi anti peluru ataupun selainnya. Dari ayat tersebut dapat dinisbatkan dalam penelitian ini, yaitu dengan adanya sistem informasi geografi merupakan perkembangan ilmu di bidang teknologi informasi, yang nantinya dapat digunakan untuk pemetaan maupun identifikasi di bidang ilmu geografi dan lainnya.

2.1.1 Data Spasial

Data spasial merupakan item dari informasi, yang mana terdapat informasi mengenai bumi didalamnya termasuk permukaan bumi, perairan, kelautan, dan dibawah atmosfer. Adapun karakteristik utama dari data spasial ialah cara mengumpulkan dan memelihara untuk berbagai kepentingan. Menurut Wulan (2002) menyebutkan bahwasannya dalam data spasial terdapat hampir dari 80% informasi mengenai bumi yang berhubungan dengan informasi spasial.

2.1.2 Sumber Data Spasial

Adapun data spasial dihasilkan dari berbagai macam sumber, diantaranya ialah :

1. Citra Satelit

Adapun penggunaan data ini memanfaatkan satelit sebagai medianya. Untuk merekam kondisi dan gambaran dari permukaan bumi satelit tersebut memanfaatkan sensor untuk merekamnya. Pada umumnya penggunaan citra satelit digunakan untuk kegiatan yang berhubungan dengan pemantauan sumber daya alam yang ada di permukaan bumi (beberapa satelit dapat merekam hingga permukaan dibawah bumi), selain hal tersebut penggunaan citra satelit juga digunakan untuk pembelajaran pada perubahan lingkungan dan lahan serta penerapan lain yang melibatkan aktifitas manusia di permukaan bumi. Adapun kelebihan dari teknologi citra satelit ini ialah kemampuannya dalam merekam cakupan wilayah yang luas dengan tingkat resolusi perekaman objek yang sangat tinggi. Adapun data yang dihasilkan dapat diturunkan menjadi data tematik yang mana dapat disimpan dalam bentuk basis data untuk dipergunakan dalam berbagai macam aplikasi.

2. Peta Analog

Adapun jenis data peta analog merupakan versi awal dari data spasial, yang mana hanya dibedakan dalam bentuk penyimpanannya. Pada peta analog merupakan bentuk tradisional dari data spasial yang mana tampilan datanya berupa film ataupun kertas. Maka dari itu dengan adanya perkembangan teknologi, peta analog dapat di scan menjadi format digital untuk disimpan dalam basis data.

3. *Aerial Photographs*

Adapun *aerial photographs* merupakan sumber data spasial yang sering digunakan selain citra satelit. Perbedaan dengan citra satelit adalah hanya pada wahana dan cakupan wilayahnya. *aerial photographs* menggunakan pesawat udara untuk pengambilan datanya. Secara teknis proses pengambilan atau perekaman datanya hampir sama dengan citra satelit. Sebelum adanya

perkembangnya teknologi dari kamera digital, pengambilan data masih menggunakan kamera konvensional yang mana menggunakan negatif film, saat ini sudah terdapat kamera digital yang banyak digunakan dalam pengambilan dan perekaman data dikarenakan hasil data rekaman dapat disimpan langsung ke dalam basis data. Sedangkan untuk data lama (format foto film) dapat disimpan dalam basis data, yang mana harus dilakukan konversi terlebih dahulu menggunakan *scanner* untuk menghasilkan foto udara dalam format digital.

4. Data Tabular

Adapun data tabular merupakan data yang difungsikan untuk atribut dari data spasial. Pada umumnya data ini berbentuk tabel. Salah satu contoh data ini yang umumnya digunakan adalah data sensus penduduk, data sosial, data ekonomi. Data tabular ini dapat di relasikan dengan data spasial sehingga menghasilkan tema data tertentu.

5. Data Survei

Data yang dihasilkan dari hasil survei atau pengamatan dilapangan. Contohnya adalah pengukuran persil lahan dengan menggunakan metode survei terestris

6. Sistem Pencari Posisi Global (*Global Positioning System*)

Global Positioning System (Sistem Pencari Posisi Global), merupakan pancaran dari sinyal radio dengan frekuensi yang rendah dengan suatu jaringan satelit secara terus menerus. Adapun alat penerima GPS bekerja secara pasif dalam menerima sinyal, hal ini dikarenakan GPS hanya bekerja pada tempat yang terbuka dimana pandangan ke langit tidak boleh terhalang. Data lokasi dan waktu yang dapat ditunjukkan pada saat itu oleh GPS, dikarenakan satelit GPS bekerja pada referensi waktu yang sangat teliti.

2.1.3 *Network Analyst* (Analisis Jaringan)

Network Analyst merupakan analisis dari data spasial yang terkait dengan sistem suatu jaringan. Analisis spasial dapat berupa

perpindahan maupun pergerakan suatu sumber daya (*resource*) dari satu lokasi menuju ke lokasi lainnya. Dengan adanya unsur – unsur (terutama) dari buatan manusia (*man-made*) yang mana dapat membentuk jaringan (arc/garis dan node/titik) yang saling terhubung satu sama lainnya (seperti halnya sungai, jalan, pipa, kabel, perangkat komunikasi, dan lain sejenisnya) (Prahasta, 2009).

Adapun sub-analisis spasial yang berada dalam analisis jaringan adalah sebagaimana berikut :

1. Pemodelan jaringan (aturan lalu lintas searah/ dua arah, belokbelok, kiri-kanan, jalan buntu, jalan yang tidak dibuka, *under/ overpass*).
2. Penentuan jalur terpendek (*shortest path/ distance*)
3. Penentuan jalur optimum atau terbaik (jarak tempuh dengan biaya atau hambatan minimum)
4. Penentuan rute alternatif (beserta waktu tempuhnya)

Network analyst juga merupakan fitur yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memodelkan transportasi secara makro dengan tujuan untuk melihat hubungan antara lokasi dan objek yang saling berhubungan dengan suatu jaringan transportasi, sehingga dapat memangkas jarak dan menghemat waktu yang di tempuh selama dalam proses pengangkutan sampah. Pentingnya efisiensi waktu juga dijelaskan pada Al – Quran Surat Al-‘Ashr ayat 1 – 3 sebagaimana berikut :

وَالْعَصْرِ (١) إِنَّ الْإِنْسَانَ لَفِي خُسْرٍ (٢) إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَّ
صُوا بِالْحَقِّ وَتَوَاصَوْا بِالصَّبْرِ (٣)

Artinya : “Demi masa (1) Sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian, (2) Kecuali orang – orang yang beriman dan mengerjakan amal saleh dan saling nasehat menasehati supaya mentaati kebenaran dan saling nasehat menasehati supaya menepati kesabaran (3)”(Al Quran Terjemah, 2023)

Dalam Surat Al – ‘Ashr dijelaskan bahwasanya sumpah Allah dalam lafadz وَالْعَصْرِ ini menunjukkan pentingnya waktu sehingga Allah SWT bersumpah dengannya. Allah meyakinkan kepada manusia akan pentingnya sebuah waktu bagi manusia. Dalam Surat Al – ‘Ashr juga menjelaskan

bahwa manusia sungguh berada dalam kerugian dan tidak banyak yang menyadarinya, hal ini dikarenakan manusia tidak dapat menggunakan waktu di dunia dengan sebaik-baiknya sebagaimana petunjuk ajaran dalam agama islam. Demikian surat ini menjelaskan bahwasanya manusia akan berada dalam keadaan yang merugi apabila tidak dapat memanfaatkan waktunya dengan perbuatan yang baik. Dalam kitab Al Jawabul Kaafi karya Imam Ibnu Qayim RA menyebutkan bahwasanya Imam Syafii berkata sebagaimana berikut :

الْوَقْتُ كَالسَّيْفِ فَإِنْ لَمْ تَقْطَعْهُ قَطْعَكَ، وَنَفْسُكَ إِنْ أَشْغَلْتَهَا بِالْحَقِّ وَإِلَّا اشْتَغَلَتْكَ بِالْبَاطِلِ

Artinya : “Waktu laksana pedang, jika engkau tidak menggunakannya maka ialah yang akan menebasmu. Dan jiwamu jika tidak tersibukkan di dalam kebenaran maka ia akan menyibukkanmu ke dalam kebatilan”

Adapun dalam maqolah tersebut menunjukkan bahwa manusia harus dapat mengatur dan memanajemen waktu dengan benar dalam perkara-perkara yang baik dan manfaat.

2.1.4 ArcGIS

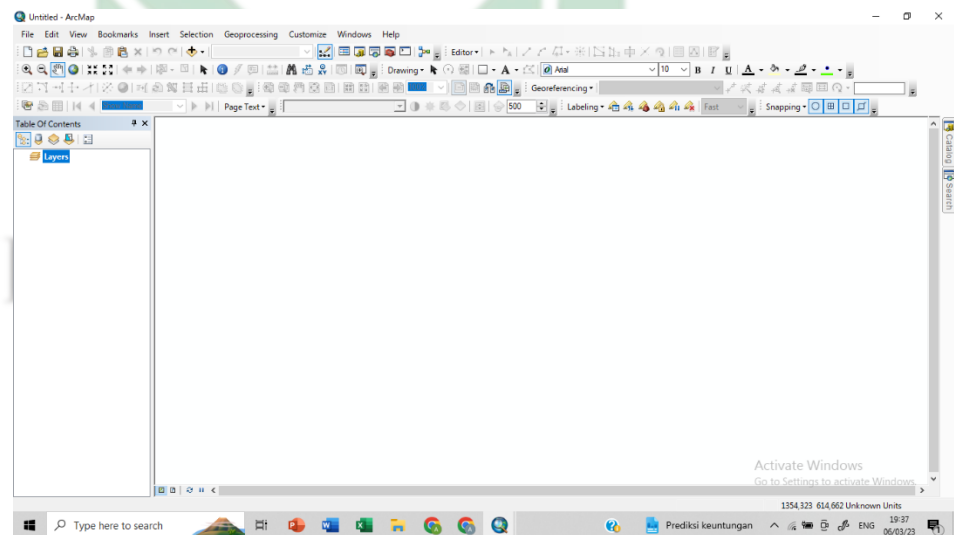
ArcGIS merupakan *software* yang dikembangkan oleh ESRI (*Environment Science & Research Institute*) yang dirancang dari kompilasi fungsi – fungsi paket GIS yang terintegrasi seperti *desktop*, *server*, dan GIS berbasis web (Santoso, 2021). Menurut Setyawan et al., (2018) ArcGIS adalah kumpulan produk – produk *software* yang bertujuan untuk membangun sistem SIG yang lengkap. ArcGIS merupakan penggabungan dan modifikasi dua *software* ESRI yaitu ArcView 3.3 dan ArcInfo 7.2. Adapun ArcGIS dirilis oleh ESRI pada tahun 2000, yang mana sekarang ArcGIS berkembang berturut – turut menjadi beberapa versi yaitu dari ArcGIS versi 8.1, 8.2, 9.0, 9.1, 9.2, 9.3 dan sekarang sampai pada versi ArcGIS 10.8.

Adapun ArcGIS memiliki produk utama yaitu ArcGIS *desktop* yang mana *software* ini merupakan *software* GIS professional yang dikelompokkan dari lima komponen yaitu sebagaimana berikut :

1. ArcView (komponen yang fokus pada penggunaan data komprehensif, pemetaan dan analisis),

2. ArcEditor (komponen yang fokus pada editing data spasial), ArcCatalog (komponen yang berfungsi untuk mendistribusikan dan mendokumentasikan data spasial maupun metadata dan menyimpan data – data SIG, dalam
3. ArcCatalog juga membantu proses eksplorasi dan pengelolaan data spasial),
4. ArcMap (komponen aplikasi utama untuk proses GIS dan pemetaan dengan komputer), dan
5. ArcInfo (komponen yang berfokus pada penyajian fungsi – fungsi GIS yang digunakan untuk keperluan analisis geoprocessing) (Setyawan et al., 2018).

Adapun kelebihan dari ArcGIS ialah adanya fasilitas publishing (*graphix, text*) yang mana cukup baik dalam menambahkan konten familiar (*layer, shapefile, raster* dan lain sebagainya). Sedangkan kekurangan dari *software* ArcGIS ialah *software* yang membutuhkan spesifikasi yang tinggi sehingga termasuk aplikasi berat dan secara *default* tidak mendukung *multi view* dan *multi layout*.



Gambar 2. 11 Tampilan *Software ArcGIS*
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

2.8 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang berkaitan dengan optimalisasi rute pengangkutan menggunakan sistem informasi geografi (SIG) disampaikan dalam ringkasan pada **Tabel 2.1**

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	M. Adib Muhtaram Adyad (Universitas Islam Indonesia) : 2018 Optimalisasi Jalur Pengangkutan Sampah Wilayah Kabupaten Bantul Berbasis SIG	Penelitian ini menggunakan fitur <i>network analyst</i> dalam mengoptimalkan rute pengangkutan Kabupaten Bantul. Menghasilkan 3 rute yang optimal serta efektif dan efisien untuk rute pengangkutan sampah. Pembangunan model penentuan jalur pengangkutan sampah dengan sistem informasi geografis (SIG) dapat memberikan model jalur terpendek yang dapat dijadikan rekomendasi untuk mewujudkan suatu sistem pengangkutan sampah.
2.	Wahyudin & Erlan Siswandi (2021) Pemetaan dan Analisis Tempat Penampungan Sampah Sementara Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Kecamatan Mataram, Kota Mataram	Dalam penelitian ini memanfaatkan Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk mengetahui sebaran, kapasitas, radius pelayanan, dan kelayakan teknis dari TPS di Kecamatan Mataram. Adapun data yang diperoleh diolah secara spasial dengan standar normative. Hasil dari penelitian ini ialah terdapat sebaran TPS formal yang tidak merata yakni dari 8 titik TPS terdapat tiga kelurahan yang tidak memiliki TPS.

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		Berdasarkan analisis kondisi eksisting dan analisis jaringan di GIS Kecamatan Mataram membutuhkan 16 unit TPS, sehingga dibutuhkan penambahan TPS sebanyak 8 unit TPS.
3.	Albiyan P. Pratama, John H. Frans, Sudiyo Utomo (2019) Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Kupang	Dalam penelitian ini menggunakan sistem informasi geografis berbasis web untuk menentukan pemetaan titik TPS dan rute angkutan sampah. Adapun hasil dari penelitian ini ialah terdapat beberapa rute yang persebarannya dibutuhkan evaluasi dikarenakan tidak meratanya persebaran TPS. Terdapat beberapa rute pengangkutan yang terdapat penggabungan rute dikarenakan keektifan dan keefisienan rute hasil analisis, sehingga pengangkutan sampah menjadi lebih optimal.
4.	Yuli Pratiwi, Paramita Dwi Sukmawati, Dede RamdhanAndriana (2021) Penggunaan SIG untuk Optimasi Pola Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA)	Dalam penelitian ini menggunakan fitur <i>network analyst</i> yang terdapat dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menentukan rute yang optimal sehingga pengangkutan sampah dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Adapun hasil dari penelitian ini ialah terdapat pemadatan jarak dari 91,08 km menjadi 23,94 km dengan waktu tempuh yang sebelumnya 2,32 jam

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		menjadi 1,31jam. Dalam hal pembiayaan bahan bakar terdapat penghematan sebesar Rp 1.479.856 per hari.
5.	(Satriandi Haratua & Byna Kameswara, 2021) Pemodelan Rute Optimal Berbasis SIG Terhadap Sistem Pengangkutan Sampah Kota Bandung	Dalam penelitian ini menggunakan analisis spasial menggunakan analisa jaringan (<i>network analyst</i>) untuk permodelan rute berdasarkan tiga lokasi tujuan. Adapun hasil dari penelitian ini pada permodelan 1 menghasilkan rute yang jarak dan waktunya lebih singkat dibandingkan model rute yang eksisting. Sedangkan pada permodelan 2 dan 3 menunjukkan permodelan rute 2 menuju 1 dan 3 menuju 2 merupakan rute yang optimal menuju ke masing-masing TPS sehingga pengangkutan sampah dapat dilakukan dengan efektif dan efisien.
6.	Herdiana et al., (2022) Penggunaan Analisa Jaringan Menggunakan Sistem Informasi Geografis Untuk Perencanaan Rute Menuju Daerah Tujuan Wisata Terasering Panyaweuyan Kabupaten Majalengka di Era New Normal	Dalam penelitian ini Sistem Informasi Geografis digunakan dalam analisis rute terpendek untuk menuju daerah wisata Terasiring Panyaweuyan. Hasil dari penelitian ini ialah terdapat tiga rute optimal yang mendekati pada realita di lapangan. Penelitian ini menggunakan <i>Visual Basic Application</i> pada Arcgis 10.3 yang memberikan informasi mengenai

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		objek wisata beserta rute dari perjalanan wisata dengan tiga rute alternatif pilihan yang paling efektif dan efisien.
7.	Diana et al., (2022) Optimasi Pewadahan dan Pengangkutan Sampah di Pasar Karangploso Kabupaten Malang dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)	Dalam penelitian ini Sistem Informasi digunakan untuk merencanakan rute pengangkutan sampah dari TPS pasar Karangploso menuju ke TPA. Hasil penelitian ini ialah terdapat tiga rute alternatif pengangkutan sampah. Dari ketiga rute alternatif tersebut terdapat satu rute yang memiliki jarak dan waktu tempuh yang paling cepat dibandingkan kedua rute yang lain.
8.	Hayati et al., (2020) Analisis Rute Ambulan Desa Menuju UGD Berdasarkan Waktu Tempuh Perjalanan Menggunakan SIG di Kabupaten Jember	Dalam penelitian ini ArcGIS digunakan untuk mengoptimisasi rute ambulan menuju ke UGD, hal ini dikarenakan untuk meminimalisir dan menghindari adanya kepadatan lalu lintas, sehingga dibutuhkan perencanaan rute untuk mengetahui jarak dan waktu terdekat untuk mencapainya. Penelitian ini menggunakan fitur <i>network analyst</i> pada ArcGIS untuk menentukan rute yang optimal. Hasil dari penelitian ini terdapat rute optimal yang mempengaruhi rentang waktu tempuh, sehingga ambulan dapat

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		menuju ke UGD dalam rentang waktu yang lebih cepat.
9.	I. A. Putra et al., (2021) Aplikasi Sistem Informasi Geografis Terhadap Manajemen Transportasi Dari TPH ke PKS	Adapun hasil dari penelitian ini ialah penggunaan SIG sebagai media untuk menganalisis dan mengoptimasi rute perjalanan dari TPH menuju ke TPS untuk mendapatkan rute yang terdekat sehingga dapat meminimalisir adanya keterlambatan. Adapun terdapat rute hasil analisis di <i>network analyst</i> yang hasilnya kurang efektif.
10.	Purwanto, Taufik, Hery (2019) Analisis Jaringan 3-Dimensi Untuk Penentuan Rute Evakuasi Di Gedung Bertingkat	Adapun hasil dari penelitian ini adalah penerapan dari <i>network analyst</i> dapat membangun sistem navigasi dan manajemen evakuasi. SIG sudah cukup efektif untuk membantu dalam navigasi dan penentuan jalur evakuasi tercepat pada Gedung KLMB. Sistem Informasi Geografis berbasis ArcGIS dapat digunakan untuk membuat simulasi pelaksanaan evakuasi sebagai bentuk mitigasi bencana pada Gedung KLMB.
11.	S D Nagrale, Sneha Khedkar, Amey Rangdal, Santosh Patil (2018) <i>Route Optimization of Solid Waste by using ArcGIS Application in Pune, India</i>	Adapun hasil dari penelitian ini ialah Sistem Informasi Geografis dapat mengoptimalkan terkait jarak rute pengangkutan sampah. Pengolahan data spasial pada GIS menghasilkan optimasi jarak tempu menjadi

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		berkurang sebanyak 9,93%. Dengan adanya penghematan ini membuat jarak dan waktu pengangkutan sampah menjadi lebih efektif dan efisien.
12.	Putra et al., (2020) <i>Waste Transportation Route Optimization in Malang using Network Analysis</i>	Adapun hasil dari penelitian ini ialah penggunaan ArcGIS untuk menganalisis rute terbaik kendaraan pengangkut sampah.. Dengan penggunaan ArcGIS sebagai permodelan pengangkutan sampah dapat menurunkan jarak rute menjadi 36,2 km yang sebelumnya total jaraknya sebesar 60,2 km. Hal ini juga berpengaruh terhadap penghematan waktu yaitu 39 menit per hari.
13.	(Singh & Gupta, 2022) <i>A Gis-Based Transportation Route Optimization For Solid Waste Management: Study On Ward95 Kanpur</i>	Adapun hasil dari penelitian ini ialah menghasilkan dua rute dengan jarak terpendek dan waktu tersingkat. Sistem Informasi Geografi (SIG) digunakan dalam memodelkan rute yang optimal untuk pengangkutan sampah wilayah perkotaan. Penelitian ini dapat memangkas jarak sebanyak 5,59 km sehingga terdapat efisiensi waktu dalam pengangkutan sampah.
14.	Prameshwori et al., (2021) <i>GIS Based Route Network Analysis for Tourist Places:</i>	Dalam penelitian ini memanfaatkan Sistem Informasi Geografi sebagai teknologi untuk membangun rute

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
	<i>A Case Study of Greater Imphal</i>	perjalanan wisata yang paling efisien, dan dapat menentukan jarak terdekat dari suatu rute perjalanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi analisis jaringan dari GIS menggunakan media aplikasi ArcGIS untuk menentukan rute dan layanan optimal dari rumah sakit, pusat perbelanjaan, dan fasilitas umum di Greater Imphal untuk keperluan wisata.
15.	(Elamin et al., 2020) <i>GIS Based Services Using Network Analysis of Khartoum North</i>	Dalam penelitian ini dijelaskan bahwasanya Sistem Informasi Geografi dapat digunakan untuk memecahkan masalah jaringan umum. Hal ini dimaksudkan bahwasanya SIG sebagai alat untuk mengintegrasikan dan menampilkan informasi mengenai analisis jaringan jalan yang berfokus pada penentuan rute tujuan yang terbaik dan fasilitas umum terdekat. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimisasi rute terbaik untuk layanan fasilitas umum seperti rumah sakit,sekolah maupun universitas di kota Khartoum Sudan.

Sumber : Hasil Analisis (2023)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Adapun penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dan kuantitatif. Menurut (Hermawan, 2019) penelitian kuantitatif ialah metode penelitian yang bersifat induktif, objektif serta ilmiah dikarenakan data yang diperoleh merupakan data yang berupa angka, pertanyaan – pertanyaan yang dinilai serta dianalisis secara analisa statistik. Sedangkan penelitian kualitatif merupakan metode penelitian yang hasilnya berupa data deskripsi dimana berupa kata – kata yang membentuk kalimat tertulis ataupun lisan dari suatu objek maupun dari objek yang diamati. Adapun data kualitatif yang diperoleh dalam penelitian ini berdasarkan pada informasi dari pihak TPA Srabah Kabupaten Trenggalek dan Dinas Perumahan Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Trenggalek, serta data langsung dari observasi lapangan.

3.2 Lokasi Penelitian

1. Kabupaten Trenggalek

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Trenggalek. Kabupaten Trenggalek terletak pada posisi selatan dari Provinsi Jawa Timur. Terletak diantara $111^{\circ}24' - 112^{\circ}11'$ Bujur Timur dan $7^{\circ}53' - 8^{\circ}34'$ Lintang Selatan. Kabupaten Trenggalek dengan luas wilayah 126.140 Ha, dimana 2/3 bagian luasnya merupakan tanah pegunungan, terbagi menjadi 14 Kecamatan dan 152 Desa (BPS Kabupaten Trenggalek, 2021).

Adapun batas letak geografis Kabupaten Trenggalek sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Kabupaten Ponorogo
- Sebelah Selatan : Samudera Hindia
- Sebelah Barat : Kabupaten Pacitan dan Kabupaten Ponorogo
- Sebelah Timur : Kabupaten Tulungagung

2. TPA Srabah Kabupaten Trenggalek

TPA Srabah merupakan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah yang berada di Desa Srabah, Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Terletak pada koordinat antara $111^{\circ}42'01.49''$ Bujur

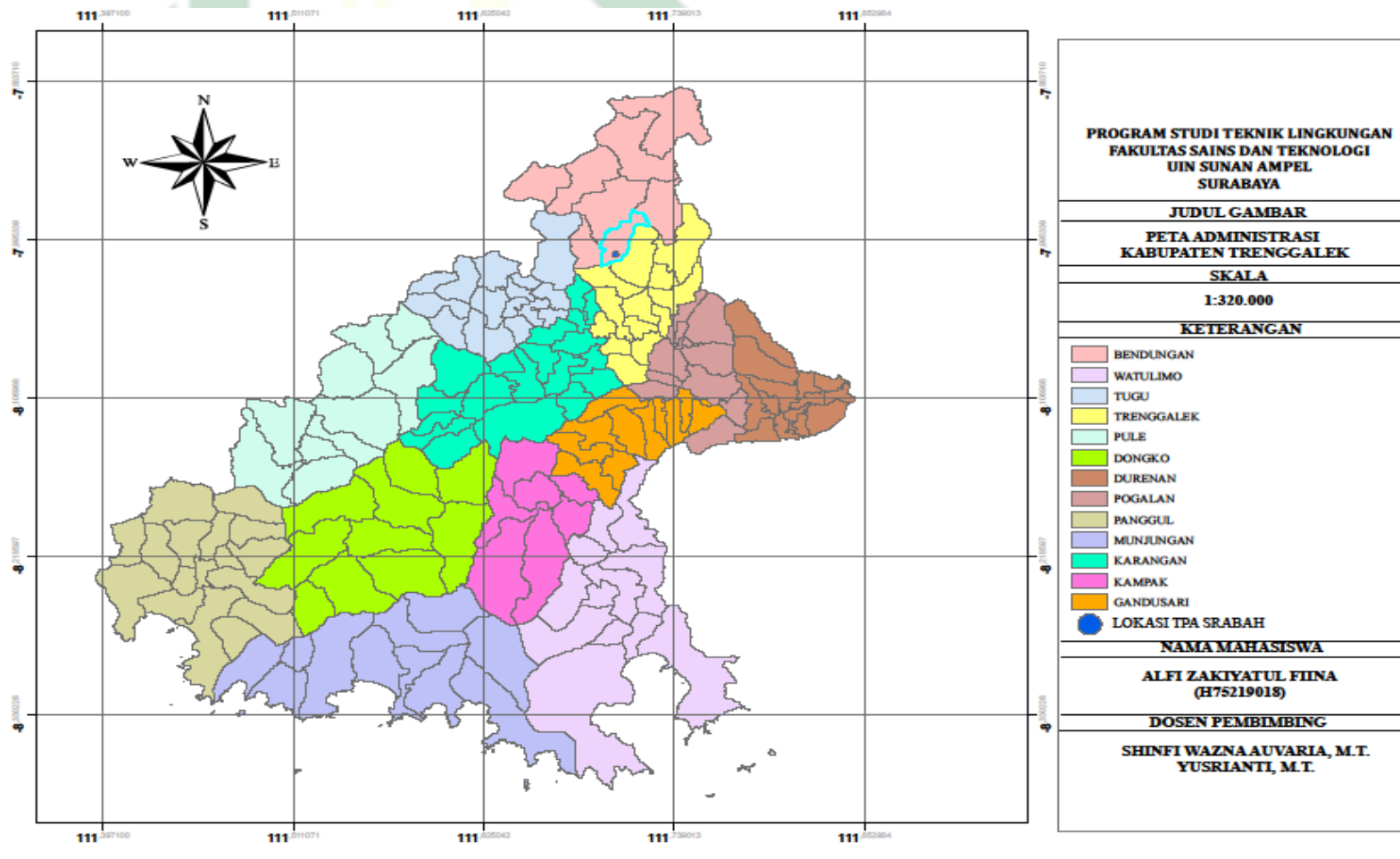
Timur dan 8°00'34.21" Lintang Selatan. Tempat Pembuangan Akhir sampah (TPA) Srabah merupakan tempat pelayanan pengelolaan sampah yang dinaungi oleh Dinas Perumahan Kawasan Pemukiman dan Lingkungan Hidup Kabupaten Trenggalek. TPA Srabah berlokasi di Desa Srabah Kecamatan Kabupaten Trenggalek. TPA Srabah didirikan di area lahan seluas 52.000 m² atau 5,2 Ha.

Adapun batas letak geografis TPA Srabah sebagaimana berikut sebagai berikut :

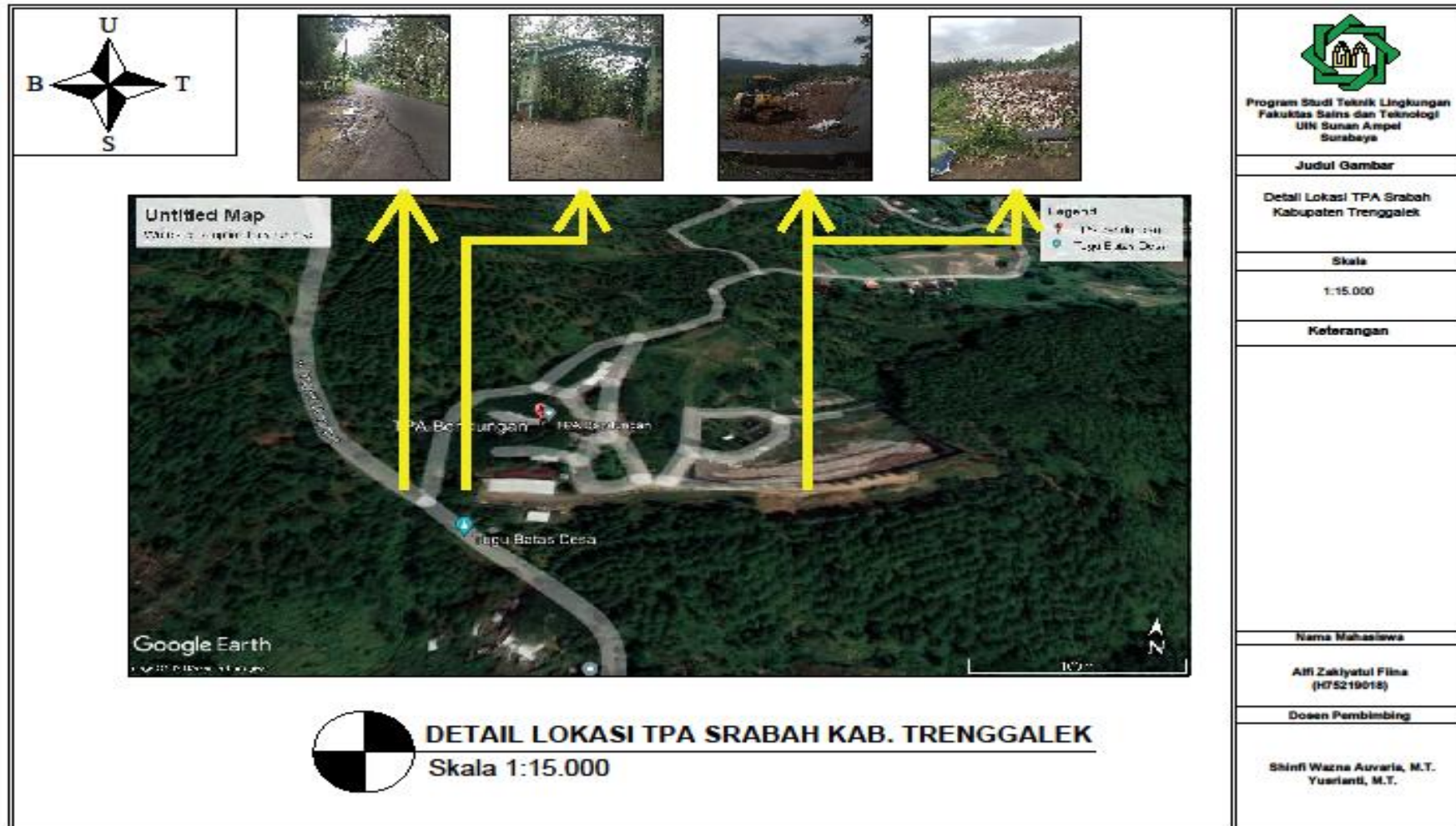
- Sebelah Utara : Hutan
- Sebelah Selatan : Hutan, Desa Sumberdadi
- Sebelah Barat : Hutan
- Sebelah Timur : Hutan



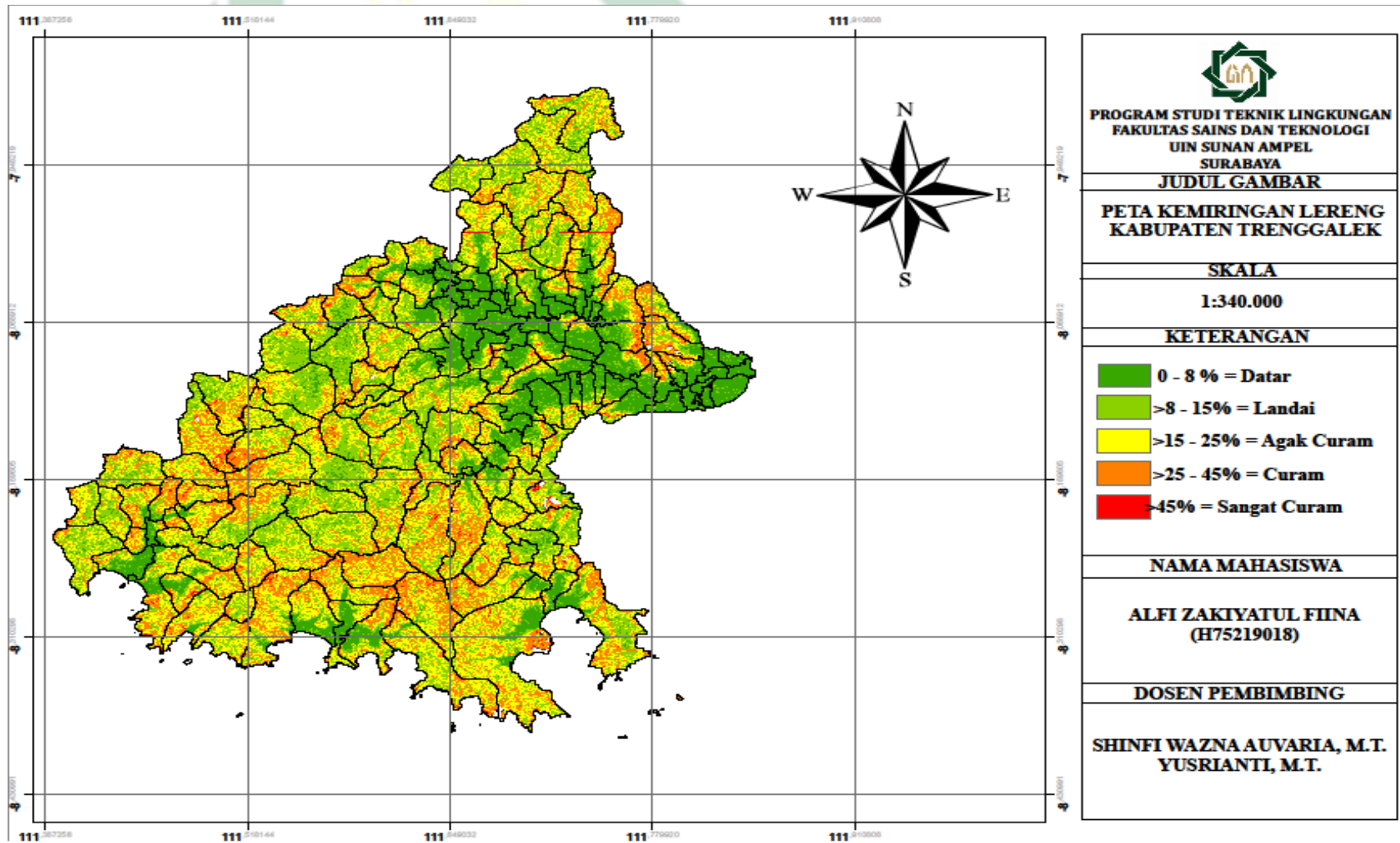
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 3. 1 Peta Adminitrasi Kabupaten Trenggalek
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

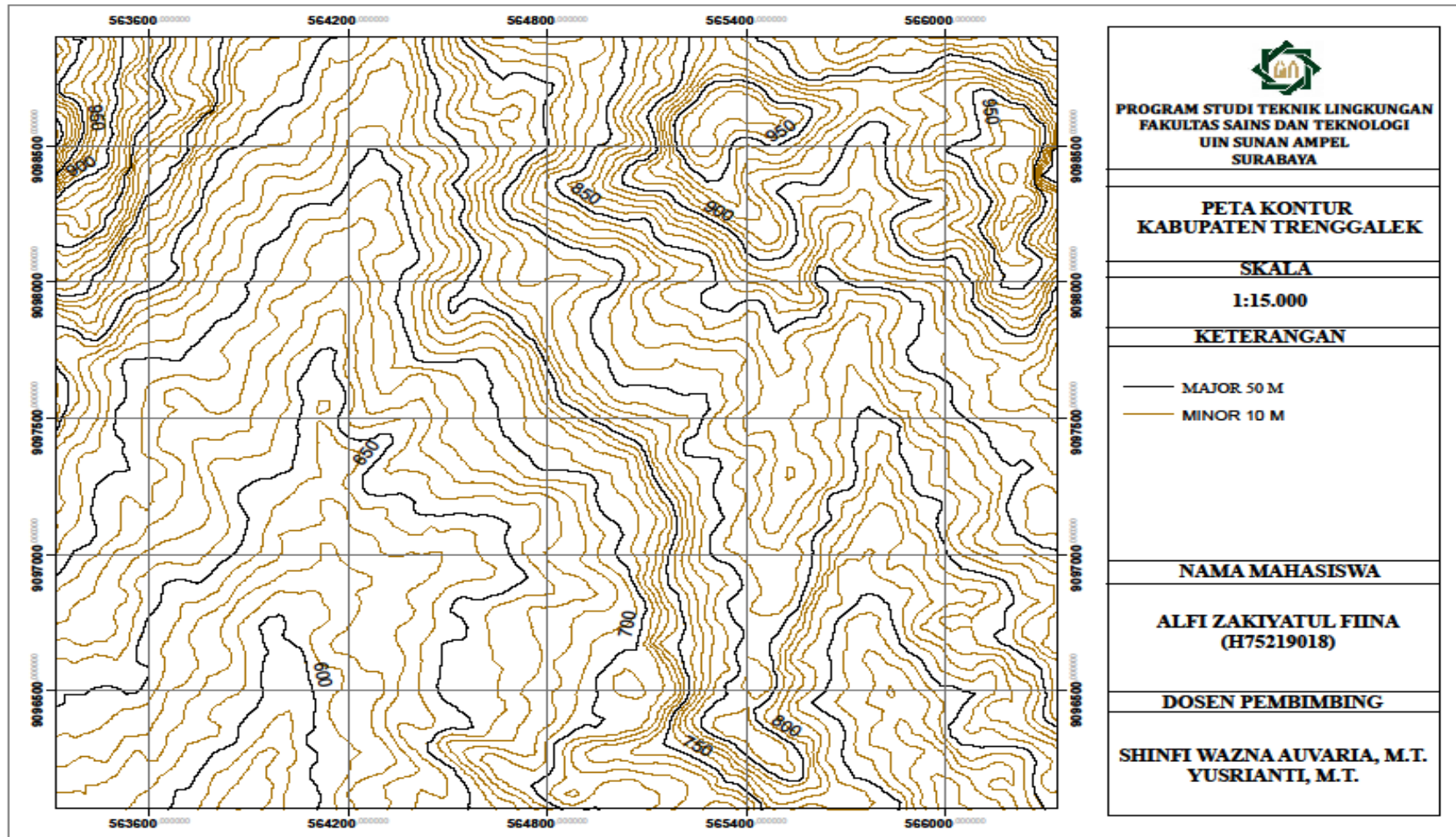


Gambar 3. 2 Detail Lokasi TPA Srabah Kabupaten Trenggalek
 (Sumber : Google Earth, 2023)



Gambar 3. 3 Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Trenggalek

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



Gambar 3. 4 Peta Kontur Kabupaten Trenggalek
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

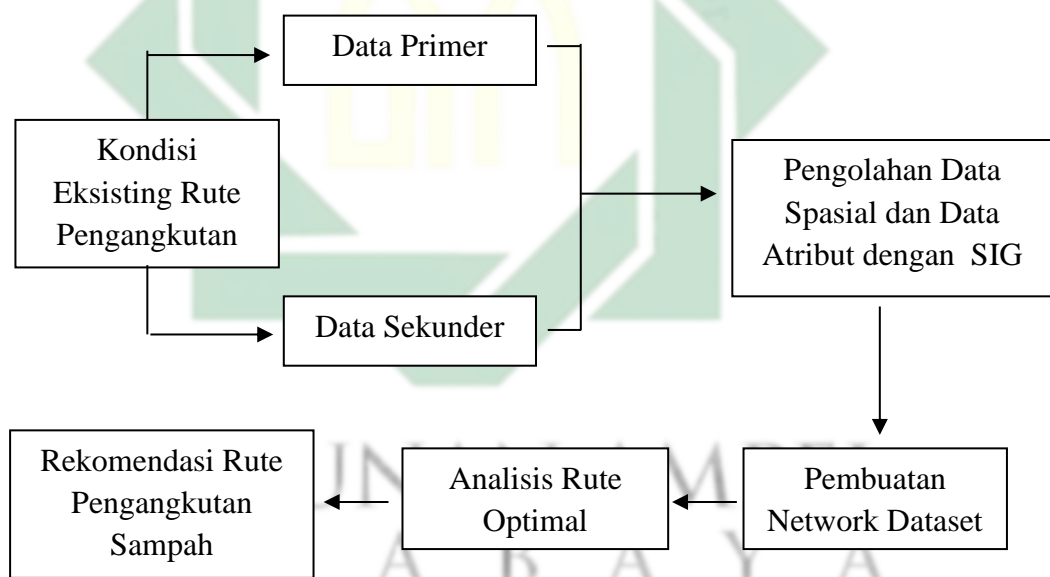
3.3 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Februari 2023 hingga Juli 2023. Dengan rincian waktu penelitian dimulai dari bulan Februari sampai Maret 2023 dilakukan penyusunan proposal. Kemudian pada bulan Maret sampai April 2023 dilakukan pengambilan data spasial, pengolahan data spasial, analisis network dataset, hingga analisis hasil rute pengangkutan. Pada bulan April sampai Mei 2023 dilakukan tahap penyusunan laporan hasil penelitian.

3.4 Tahapan Penelitian

1. Kerangka Pikir

Dalam suatu penelitian diperlukan adanya kerangka pikir penelitian agar dapat memperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun kerangka pikir dijelaskan sebagaimana berikut pada **Gambar 3.4**.

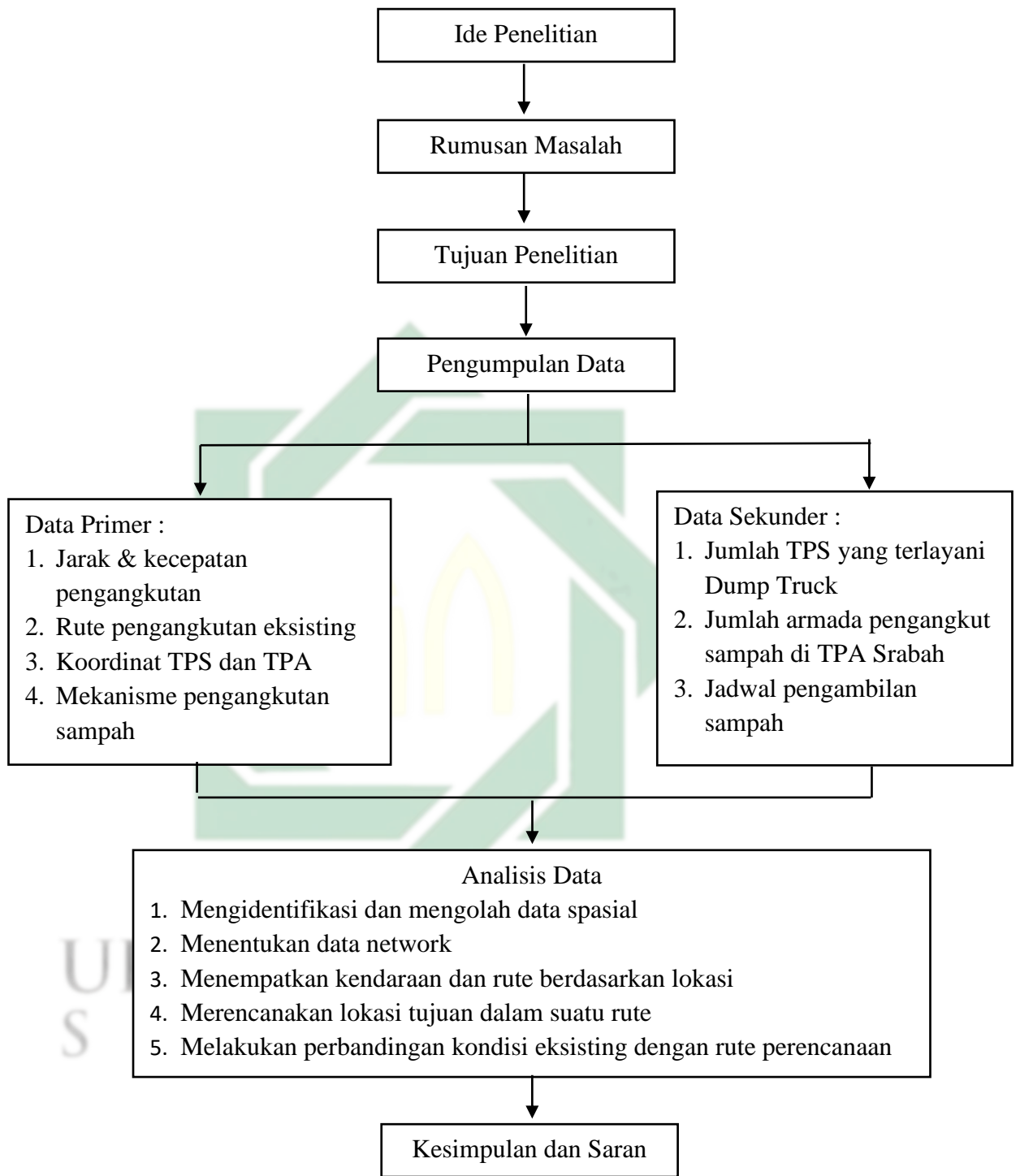


Gambar 3.5 Kerangka Pikir

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

2. Tahap Penelitian

Adapun tahapan penelitian menjelaskan mengenai diagram alir penelitian dari proses awal hingga akhir. Adapun tahap penelitian dijelaskan sebagaimana **Gambar 3.5**.



Gambar 3. 6 Tahap Penelitian
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

3.5 Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari pengamatan langsung di lapangan. Data primer dapat berupa wawancara, observasi, maupun dokumentasi. Adapun dalam penelitian ini data primer yang dibutuhkan sebagaimana berikut ;

- a. Jarak pengangkutan:
- b. Rute eksisting pengangkutan sampah
- c. Titik koordinat TPS dan TPA
- d. Mekanisme pengangkutan sampah

2. Data Sekunder

Adapun data sekunder merupakan data yang diperoleh dari dokumen atau pencatatan mengenai permasalahan yang akan diteliti. Data sekunder merupakan data penunjang untuk mendukung data primer. Adapun data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini ialah sebagaimana berikut :

- a. Data lokasi TPS
- b. Data lokasi pool truk dan TPA
- c. Data jumlah armada truk pengangkut sampah
- d. Jadwal pengambilan sampah
- e. Biaya bahan bakar eksisting

3. Alat Pengambilan Data

Adapun dalam penelitian ini alat yang digunakan untuk pengambilan data primer dengan menggunakan alat pengukur navigasi atau GPS (*Global Positioning System*). Dalam penelitian ini tipe GPS yang digunakan ialah Garmin GPS Montana 680 dengan spesifikasi sebagaimana berikut :

Tabel 3. 1 Spesifikasi Garmin GPS Montana 680

Tampilan dan Peforma	
Dimensi Fisik, L x P x T	2.9" x 5.7" x 1.4" (7.48 x 14.42 x 3.64 mm)
Ukuran Layar, L x P	2"W x 3.5"H (5.06 x 8.93 cm); 4" diag (10.2 cm)
Resolusi Layar, L x P	272 x 480 piksel

Jenis Layar	TFT transflektif berwarna cerah 65k, layar sentuh berorientasi ganda, dapat dibaca dibawah sinar matahari langsung
Berat	289 g (tanpa baterai)
Baterai	Dua Baterai AA, NIMH atau Lithium direkomendasikan
Masa Pakai	16 jam (lithium-ion); 22 jam (baterai AA)
Antarmuka	USB kecepatan tinggi dan kompatibel dengan NMEA 0183
Kamera	8 megapiksel dengan autofokus; geo-tagging otomatis
Maps dan Memori	
Dilengkapi Peta	Ya
Kemampuan Menambahkan Peta	Ya
Kapasitas Memori Eksternal	Kartu microSD (tidak termasuk)
Rute	200
Titik acuan/favorit/lokasi	4000
Fitur	
Kompas Elektronik	Ya (kompensasi kemiringan, 3 sumbu)
Layar Sentuh	Ya
Kamera	Ya
Penghitungan area	Ya
Perutean otomatis (perutean belokan di jalan raya)	Ya (dengan pemetaan opsional untuk jalan rinci)

Sumber ; Hasil Analissi, 2023



Gambar 3. 7 Garmin GPS Montana 680

(Sumber :dokumentasi probadi)

3.6 Pengolahan Data

Adapun dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rute perjalanan kendaraan pengangkut sampah yang efektif dan efisien dari segi jarak maupun waktu. Pengolahan data – data yang diperoleh dari data primer maupun sekunder diolah berdasarkan pedoman dalam landasan teori. Adapun landasan teori yang digunakan untuk menganalisis dan memecahkan masalah ialah berpedoman dengan metode dari Sisten Informasi Geografi.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Pengangkutan Sampah Eksisting di Kabupaten Trenggalek

4.1.1 Sarana Pengangkutan Sampah

Adapun sarana pengangkutan sampah yang dimiliki oleh TPA Srabah Kabupaten Trenggalek meliputi : *Dump Truck* dan *Armroll Truck*. Kedua kendaraan pengangkut sampah tersebut digunakan untuk mengangkut sampah dari lokasi atau titik tempat pengambilan sampah yang telah ditentukan.

Tabel 4. 1 Sarana Pengangkutan TPA Srabah Kabupaten Trenggalek

No.	Sarana Pengangkutan Sampah	Gambar	Jumlah	Kapasitas
1.	<i>Dump Truck</i>		8	14 m ³
2.	<i>Armroll Truck</i>		6	6 m ³

(Sumber : PKPLH Trenggalek, 2023)

4.1.2 Mekanisme Pengangkutan Sampah

Adapun pelayanan pengangkutan sampah di Kabupaten Trenggalek menggunakan kendaraan *Dump Truck* dan *Armroll Truck*. Dalam pelayanan pengangkutan sampah di Kabupaten Trenggalek di mulai pada pukul 05.00 WIB untuk pengangkutan sampah di jalan protokol, sedangkan pengangkutan sampah yang mengambil di tempat tertentu

seperti TPS dimulai pada pukul 07.00 WIB. Adapun semua kendaraan pengangkut sampah diberangkatkan dari depot pertama yaitu TPA Srabah yang berlokasi di Dusun Ampel Gading, Desa Srabah Kabupaten Trenggalek Provinsi Jawa Timur. Adapun untuk pelayanan pengangkutan sampah dilakukan setiap hari. Berikut mekanisme pengangkutan sampah yang dilayani oleh *armroll truck* dan *dump truck* sampah :

1. *Armroll Truck*

Adapun mekanisme pengangkutan sampah menggunakan *armroll truck* di Kabupaten Trenggalek ialah dimulai *truck* yang diberangkatkan dari *pool* dengan membawa kontainer kosong menuju TPS pertama yang telah ditentukan. Adapun dalam hal ini penempatan *pool* berada di TPA Srabah Kabupaten Trenggalek. Kemudian setelah *armroll truck* sampai ke lokasi TPS pertama, diturunkan kontainer kosong untuk diganti dengan kontainer yang telah terisi dengan sampah dari TPS pertama. Kemudian *armroll truck* kembali menuju ke TPA Srabah untuk menurunkan muatan sampah dari kontainer TPS yang pertama. Kemudian *armroll truck* dengan kontainer kosong berangkat menuju TPS berikutnya untuk menurunkan kontainer kosong dan membawa kontainer bermuatan sampah menuju ke TPA Srabah. Demikian seterusnya hingga selesainya ritase terakhir yang telah ditentukan. Metode HCS biasanya menggunakan kontainer sebagai tempat pengumpulan sampah yang digunakan untuk kawasan komersil atau jenis pemukiman penduduk (Haerani et al., 2019). Adapun Dinas PKPLH memiliki *armroll truck* yang diperincikan sebagaimana pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 2 Data Armroll Truck

No.	Nomor Kendaraan	Jenis Truk	TPS Pelayanan
1.	AG 8041 YP	<i>Armroll Truck</i>	TPS Kecamatan Panggul
2.	AG 8242 YP	<i>Armroll Truck</i>	TPS Watulimo; TPS Guwo Lowo; TPS Sawahan; TPS Dukuh; TPS Guwo Lowo;

No.	Nomor Kendaraan	Jenis Truk	TPS Pelayanan
			TPS Karang Gandu; TPS Tasik Madu; TPS Watu Agung; TPS Prigi; TPS Margo Mulyo
3.	AG 8225 YP	<i>Armroll Truck</i>	TPS Pasar Subuh; TPS Pasar Basah; TPS Bagong; TPS Durenan; TPS Pasar Hewan Durenan; TPS Polres; TPS Sumber; TPS Dongko
4.	AG 8311 YP	<i>Armroll Truck</i>	TPS SMP 6; TPS Sukosari; TPS Kampak; TPS Pasar Burung; TPS Sukorejo; TPS Pasar Kampak;
5.	AG 8304 YP	<i>Armroll Truck</i>	TPS Sumbergedong; TPS Ngasinan; TPS Gunung Cilik; TPS Ngadirenggo; TPS STKIP; TPS Karangsono; TPS Tegaren; TPS Pule
6.	AG 8246 YP	<i>Armroll Truck</i>	TPS RSUD; TPS 3R Karang; TPS Pendopo; TPS Rejowinangun; TPS Perum Kelutan; TPS Pasar Bendo, TPS Karang; TPS Ndarang; TPS Ngares;

(Sumber : Dinas PKPLH 2023)

2. *Dump Truck*

Adapun Dinas PKPLH Kabupaten Trenggalek memiliki 8 *dump truck* yang mana 7 diantaranya difungsikan dan 1 untuk cadangan.

Berikut data jumlah *dump truck* sebagaimana pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Data *Dump Truck*

No.	Nomor Kendaraan	Driver	Jenis Truk
1.	AG 8039 YP	Jumani	<i>Dump Truck</i>
2.	AG 8034 YP	Haryono	<i>Dump Truck</i>
3.	AG 8284 YP	Adi Purwanto	<i>Dump Truck</i>
4.	AG 8012 YP	Eko Prasetyo Utomo	<i>Dump Truck</i>
5.	AG 8245 YP	Rohen Budiana	<i>Dump Truck</i>
6.	AG 8243 YP	Didik Purwanu	<i>Dump Truck</i>

No.	Nomor Kendaraan	Driver	Jenis Truk
7.	B 9291 SOQ	Hartadi	<i>Dump Truck</i>
8.	AG 8224 YP	Nurhadianto	<i>Dump Truck</i>

(Sumber : Dinas PKPLH 2023)

Mekanisme pengangkutan sampah pada *dump truck* di Kabupaten Trenggalek menggunakan sistem SCS. Dimana sistem SCS di TPA Srabah yaitu kendaraan *dump truck* akan berangkat dari depot dengan kontainer kosong menuju ke TPS pertama kemudian dilanjut TPS kedua dan selanjutnya hingga volume kontainer penuh kemudian menuju TPA Srabah untuk menurunkan muatan 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).

4.1.3 Data Tempat Penampungan Sampah

1. Data Tempat Penampungan Sampah

Adapun dalam penelitian ini, kendaraan *dump truck* yang dianalisis sebanyak tiga kendaraan, hal ini dikarenakan *dump truck* yang lain digunakan di lokasi lain yang tidak termasuk dalam wilayah penelitian ini. Setiap kendaraan *dump truck* melayani TPS yang berbeda-beda. Adapun data TPS berdasarkan lokasi pelayanan *dump truck* terdapat pada **Tabel 4.4**.

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

No.	Nomor Kendaraan	Tahun Kendaraan	Nama TPS	Koordinat TPS
1.	AG 8245 YP	2016	TPS Pasar Tugu	S 08°01'33.2"/E 111°38'09.8"
			TPS Krading Tamanan	S 08°03'47.4"/E 111°41'28.1"
			TPS Pasar Hewan	S 08°03'23.5"/E 111°42'04.5"
			TPS Pasar Gandusari	S 08°07'19.8"/E 111°42'06.2"

No.	Nomor Kendaraan	Tahun Kendaraan	Nama TPS	Koordinat TPS
			TPS Puskesmas Pucanganak	S 08°01'31.4"/E 111°36'59.7"
			TPS Puskesmas Gandusari	S 08°07'53.1"/E 111°42'02.8"
2.	AG 8012 YP	2016	TPS Sambirejo	S 08°04'16.1"/E 111°43'02.2"
			TPS Jarakan	S 08°04'43.7"/E 111°42'09.4"
			TPS Man	S 08°04'25.7"/E 111°42'03.8"
			TPS SMA 2	S 08°04'18.7"/E 111°42'57.5"
			TPS Dawuhan	S 08°0'27.0"/E 111°44'18.6"
			TPS Parakan	S 08°02'04.7"/E 111°44'10.5"
3.	AG 8284 YP	2017	Puskesmas Gondang	S 08°02'41.5"/E 111°39'11.3"
			TPS Gondang	S 08°03'25.0"/E 111°39'17.1"
			TPS Kerjo	S 08°03'45.9"/E 111°39'53.6"
			TPS Prambon	S 08°01'12.5"/E 111°40'07.5"
			TPS Winong	S 08°01'50.6"/E 111°38'43.1"
			TPS Salam	S 08°03'40.9"/E 111°41'06.8"

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

Catatan:

Kode kendaraan berdasarkan penamaan dari analisis peneliti

AG 8245 YP = A

AG 8012 YP = B

AG 8284 YP = C

2. Luas Tempat Penampungan Sampah

Adapun luas bangunan TPS yang terlayani di Kabupaten Trenggalek ialah sebagaimana berikut pada **Tabel 4. 5.**

Tabel 4. 5 Volume TPS

No.	Nama TPS	Luas TPS (m2)
1	TPS Pasar Tugu	12
2	TPS Krading Tamanan	12
3	TPS Pasar Hewan	12
4	TPS Pasar Gandusari	12
5	Puskesmas Pucanganak	1
6	Puskesmas Gandusari	1
7	TPS Sambirejo	12
8	TPS Jarakan	12
9	TPS Man	12
10	TPS SMA 2	12
11	TPS Dawuhan	12

No.	Nama TPS	Luas TPS (m2)
12	TPS Parakan	12
13	Puskesmas Gondang	1
14	TPS Gondang	12
15	TPS Kerjo	12
16	TPS Prambon	12
17	TPS Winong	12
18	TPS Salam	12

(Sumber : Dinas PKPLH 2023)

4.1.4 Rute Pengangkutan Eksisting

Adapun rute pengangkutan sampah eksisting di Kabupaten Trenggalek yang berdasarkan pada daerah pelayanan *dump truck* yang telah diteliti ialah sebagaimana pada **Tabel 4.6** sebagaimana berikut :

Tabel 4.6 Rute Pelayanan Pengangkutan Sampah Eksisting

No.	Nomor Kendaraan	Rit	Kode	Rute Eksisting	Jarak (km)	Kecepatan	Waktu
1	AG8245YP	1	A.1	TPA Srabah - TPS Puskesmas Pucanganak - TPS Pasar Tugu - TPA Sabah	38,2	27 km/h	93 menit
		2	A.2	TPA Srabah - TPS Pasar Hewan - TPS Krading Tamanan - TPA Sabah	19,3	25 km/h	47 menit
		3	A.3	TPA Srabah - TPS Puskesmas Gandusari - TPS Pasar Gandusari - TPA Sabah	32	24 km/h	78 menit
2	AG8012YP	1	B.1	TPA Srabah - TPS Sambirejo - TPS Jarakan - TPA Srabah	23,4	28 km/h	50 menit
		2	B.2	TPA Srabah - TPS Man - TPS SMA 2 - TPA Srabah	23,9	28 km/h	50 menit
		3	B.3	TPA Srabah - TPS Dawuhan - TPS Parakan - TPA Srabah	25	27 km/h	53 menit
3	AG8284YP	1	C.1	TPA Srabah - TPS Winong - TPS	37,3	28 km/h	83 menit

No.	Nomor Kendaraan	Rit	Kode	Rute Eksisting	Jarak (km)	Kecepatan	Waktu
				Prambon - TPA Srabah			
		2	C.2	TPA Srabah - Puskesmas Gondang - TPS Gondang - TPA Srabah	28	27 km/h	60 menit
		3	C.3	TPA Srabah - TPS Salam - TPS Kerjo-TPA Srabah	26,8	26 km/h	57 menit

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

Catatan : Waktu ketika kendaraan bergerak

Adapun deskripsi perjalanan dump truck berdasarkan rute pelayanan ialah sebagaimana berikut :

A. A.1 : Adapun perjalanan rute pada pelayanan rute pada kode A.1 melayani Puskesmas Pucanganak dan TPS Pasar Tugu. Adapun perjalanan yang dimulai dari TPA Srabah ke Puskesmas Pucanganak dan TPS Pasar Tugu kemudian kembali lagi ke TPA Srabah menempuh perjalanan selama 93 menit dengan kecepatan rata – rata 27 km/jam dan jarak rute 38,2 KM. Pada perjalanan *dump truck* dari TPA Srabah ke Puskesmas Pucanganak melewati jalan raya Trenggalek – Bendungan, jalan A. Yani, jalan gang Bagong, jalan Pattimura, jalan Basuki Rahmat, jalan Yos Sudarso, dan jalan raya Trenggalek Ponorogo. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk memindah muatan sampah dari Puskesmas Pucanganak ke *dump truck* membutuhkan waktu 20 menit, kemudian *dump truck* berpindah menuju ke TPS berikutnya yaitu TPS Pasar Tugu. Adapun pada perjalanan *dump truck* dari Puskesmas Pucanganak ke TPS Pasar Tugu hanya melewati jalan raya Trenggalek Ponorogo, dan waktu pemindahan sampah dari TPS ke *dump truck* membutuhkan waktu 40 menit. Kemudian, *dump truck* yang telah terisi penuh oleh muatan sampah kembali ke TPA Srabah untuk menurunkan muatan sampah dari Puskesmas Pucanganak dan TPS Pasar Tugu. Pada perjalanan *dump truck* dari TPS Pasar Tugu ke TPA Srabah melewati jalan raya Trenggalek Ponorogo, jalan Yos

Sudarso, jalan Basuki Rahmat, jalan Pattimura, jalan gang Bagong, jalan A. Yani, dan jalan Trnggalek Bendungan.

B. A.2 : Adapun perjalanan rute pada pelayanan rute pada kode A.2 melayani TPS Pasar Hewan dan TPS Tamanan. Adapun perjalanan yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Pasar Hewan dan TPS Tamanan kemudian kembali lagi ke TPA Srabah menempuh perjalanan selama 47 menit dengan kecepatan rata – rata 25 km/jam dan jarak rute 19,3 KM. Pada perjalanan *dump truck* dari TPA Srabah ke TPS Pasar Hewan melewati jalan raya Trenggalek – Bendungan, jalan A. Yani, jalan Abdurrahman Saleh, jalan Ki Mangunsarkoro, jalan RA Kartini, jalan Veteran, dan jalan raya Trenggalek Ponorogo. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk memindah muatan sampah dari TPS Pasar Hewan ke *dump truck* membutuhkan waktu 35 menit, kemudian *dump truck* berpindah menuju ke TPS berikutnya yaitu TPS Tamanan. Adapun pada perjalanan *dump truck* dari TPS Pasar Hewan ke TPS Tamanan melewati jalan raya Trenggalek Ponorogo dan jalan gang Tamanan, dengan waktu pemindahan sampah dari TPS ke *dump truck* membutuhkan waktu 45 menit. Kemudian, *dump truck* yang telah terisi penuh oleh muatan sampah kembali ke TPA Srabah untuk menurunkan muatan sampah dari TPS Pasar Hewan dan TPS Tamanan. Pada perjalanan *dump truck* dari TPS Tamanan ke TPA Srabah melewati jalan gang Tamanan, jalan raya Trenggalek Ponorogo, jalan Yos Sudarso, jalan Basuki Rahmat, jalan Pattimura, jalan A. Yani, dan jalan Trnggalek Bendungan.

C. A.3 : Adapun perjalanan rute pada pelayanan rute pada kode A.3 melayani Puskesmas Gandusari dan TPS Gandusari. Adapun perjalanan yang dimulai dari TPA Srabah ke Puskesmas Gandusari dan TPS Gandusari kemudian kembali lagi ke TPA Srabah menempuh perjalanan selama 78 menit dengan kecepatan rata – rata 24 km/jam dan jarak rute 32 KM. Pada perjalanan *dump truck* dari TPA Srabah ke Puskesmas Gandusari melewati jalan raya

Trenggalek – Bendungan, jalan A. Yani, jalan gang Bagong, jalan Yos Sudarso, jalan Soekarno – Hatta, jalan raya Karang, jalan Krandegan, jalan Trenggalek Gandusari. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk memindah muatan sampah dari Puskesmas Gandusari ke dump truck membutuhkan waktu 10 menit, kemudian *dump truck* berpindah menuju ke TPS berikutnya yaitu TPS Gandusari. Adapun pada perjalanan *dump truck* dari Puskesmas Gandusari ke TPS Gandusari hanya melewati jalan raya Trenggalek Gandusari, dengan waktu pemindahan sampah dari TPS ke *dump truck* membutuhkan waktu 50 menit. Kemudian, *dump truck* yang telah terisi penuh oleh muatan sampah kembali ke TPA Srabah untuk menurunkan muatan sampah dari Puskesmas Gandusari dan TPS Gandusari. Pada perjalanan *dump truck* dari TPS Gandusari ke TPA Srabah melewati jalan raya Trenggalek Gandusari, jalan Krandegan, jalan raya Karang, jalan Soekarno – Hatta, jalan Yos Sudarso, jalan gang Bagong, jalan A. Yani, jalan Trenggalek Bendungan.

- D. B.1 : Adapun perjalanan rute pada pelayanan rute pada kode B.1 melayani TPS Sambirejo dan TPS Jarakan. Adapun perjalanan yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Sambirejo dan TPS Jarakan kemudian kembali lagi ke TPA Srabah menempuh perjalanan selama 50 menit dengan kecepatan rata – rata 28 km/jam dan jarak rute 23,4 KM. Pada perjalanan *dump truck* dari TPA Srabah ke TPS Sambirejo melewati jalan raya Trenggalek – Bendungan, jalan A. Yani, jalan Abdurrahman Saleh, jalan Ki Mangunsarkoro, jalan Soekarno – Hatta, dan jalan gang Siwalan. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk memindah muatan sampah dari TPS Sambirejo ke *dump truck* membutuhkan waktu 30 menit, kemudian *dump truck* berpindah menuju ke TPS berikutnya yaitu TPS Jarakan. Adapun pada perjalanan *dump truck* dari TPS Sambirejo ke TPS Jarakan melewati jalan gang Siwalan, jalan Soekarno – Hatta, jalan raya Karang, jalan gang Elmona, dengan waktu pemindahan sampah

dari TPS ke *dump truck* membutuhkan waktu 40 menit. Kemudian, *dump truck* yang telah terisi penuh oleh muatan sampah kembali ke TPA Srabah untuk menurunkan muatan sampah dari TPS Sambirejo dan TPS Jarakan. Pada perjalanan *dump truck* dari TPS Jarakan ke TPA Srabah melewati jalan gang Elmona, jalan raya Karang, jalan Soekarno – Hatta, jalan Ki Mangunsarkoro, jalan Abdurraman Saleh, jalan A. Yani, jalan Trenggalek Bendungan.

E. B.2 : Adapun perjalanan rute pada pelayanan rute pada kode B.2 melayani TPS MAN (Kelutan) dan TPS SMADA. Adapun perjalanan yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS MAN (Kelutan) dan TPS SMADA kemudian kembali lagi ke TPA Srabah menempuh perjalanan selama 50 menit dengan kecepatan rata – rata 28 km/jam dan jarak rute 23,9 KM. Pada perjalanan *dump truck* dari TPA Srabah ke TPS MAN (Kelutan) melewati jalan raya Trenggalek – Bendungan, jalan A. Yani, jalan Abdurrahman Saleh, jalan Ki Mangunsarkoro, jalan Soekarno – Hatta, dan jalan gang Apel. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk memindah muatan sampah dari TPS Sambirejo ke *dump truck* membutuhkan waktu 45 menit, kemudian *dump truck* berpindah menuju ke TPS berikutnya yaitu TPS SMADA. Adapun pada perjalanan *dump truck* dari TPS Sambirejo ke TPS jarakan melewati jalan gang Apel, jalan Soekarno – Hatta, jalan gang Siwalan, dengan waktu pemindahan sampah dari TPS ke *dump truck* membutuhkan waktu 20 menit. Kemudian, *dump truck* yang telah terisi penuh oleh muatan sampah kembali ke TPA Srabah untuk menurunkan muatan sampah dari TPS MAN (Kelutan) dan TPS SMADA. Pada perjalanan *dump truck* dari TPS SMADA ke TPA Srabah melewati jalan gang siwalan, jalan Soekarno – Hatta, jalan Ki Mangunsarkoro, jalan Abdurraman Saleh, jalan A. Yani, jalan Trenggalek Bendungan.

F. B.3 : Adapun perjalanan rute pada pelayanan rute pada kode B.3 melayani TPS Dawuhan dan TPS Parakan. Adapun perjalanan yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Dawuhan dan TPS Parakan

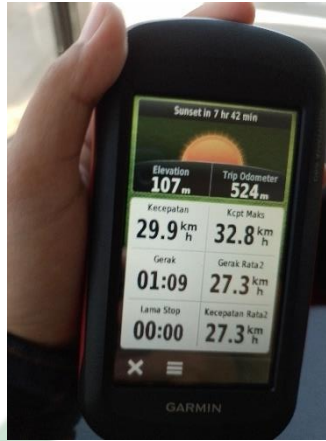
kemudian kembali lagi ke TPA Srabah menempuh perjalanan selama 53 menit dengan kecepatan rata – rata 27 km/jam dan jarak rute 25 KM. Pada perjalanan *dump truck* dari TPA Srabah ke TPS Dawuhan melewati jalan raya Trenggalek – Bendungan, jalan A. Yani, jalan Abdurrahman Saleh, jalan Kanjeng Jimat, jalan Mastrip. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk memindah muatan sampah dari TPS Dawuhan ke *dump truck* membutuhkan waktu 40 menit, kemudian *dump truck* berpindah menuju ke TPS berikutnya yaitu TPS Parakan. Adapun pada perjalanan *dump truck* dari TPS Dawuhan ke TPS Parakan melewati jalan Mastrip, jalan gang TPS, dengan waktu pemindahan sampah dari TPS ke *dump truck* membutuhkan waktu 35 menit. Kemudian, *dump truck* yang telah terisi penuh oleh muatan sampah kembali ke TPA Srabah untuk menurunkan muatan sampah dari TPS Dawuhan dan TPS Parakan. Pada perjalanan *dump truck* dari TPS Parakan ke TPA Srabah melewati jalan gang TPS, jalan Mastrip, jalan Kanjeng Jimat, jalan Abdurrahman Saleh, jalan A. Yani, jalan Trenggalek Bendungan.

- G. C.1 : Adapun perjalanan rute pada pelayanan rute pada kode C.1 melayani TPS Winong dan TPS Prambon. Adapun perjalanan yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Winong dan TPS Prambon, kemudian kembali lagi ke TPA Srabah menempuh perjalanan selama 93 menit dengan kecepatan rata – rata 28 km/jam dan jarak rute 37,3 KM. Pada perjalanan *dump truck* dari TPA Srabah ke TPS Winong melewati jalan raya Trenggalek – Bendungan, jalan A. Yani, jalan Pattimura, jalan Basuki Rahmat, jalan Yos Sudarso, jalan raya Trenggalek Ponorogo, jalan desa Winong, jalan gang TPS Winong. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk memindah muatan sampah dari TPS Winong ke *dump truck* membutuhkan waktu 20 menit, kemudian *dump truck* berpindah menuju ke TPS berikutnya yaitu TPS Prambon. Adapun pada perjalanan *dump truck* dari TPS Winong ke TPS Prambon melewati jalan gang TPS, jalan desa Winong, jalan raya Trenggalek Ponorogo, jalan Pakel

Lor, dengan waktu pemindahan sampah dari TPS ke *dump truck* membutuhkan waktu 40 menit. Kemudian, *dump truck* yang telah terisi penuh oleh muatan sampah kembali ke TPA Srabah untuk menurunkan muatan sampah dari TPS Winong dan TPS Prambon. Pada perjalanan *dump truck* dari TPS Prambon ke TPA Srabah melewati jalan Pakel Lor, jalan raya Trenggalek Ponorogo, jalan Yos Sudarso, jalan Basuki Rahmat, jalan Pattimura, jalan A. Yani, jalan Trenggalek Bendungan.

- H. C.2 : Adapun perjalanan rute pada pelayanan rute pada kode C.2 melayani Puskesmas Gondang dan TPS Gondang. Adapun perjalanan yang dimulai dari TPA Srabah ke Puskesmas Gondang dan TPS Gondang, kemudian kembali lagi ke TPA Srabah menempuh perjalanan selama 60 menit dengan kecepatan rata – rata 27 km/jam dan jarak rute 28 KM. Pada perjalanan *dump truck* dari TPA Srabah ke Puskesmas Gondang melewati jalan raya Trenggalek – Bendungan, jalan A. Yani, jalan Pattimura, jalan Basuki Rahmat, jalan Yos Sudarso, jalan raya Trenggalek Ponorogo. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk memindah muatan sampah dari Puskesmas Gondang ke *dump truck* membutuhkan waktu 15 menit, kemudian *dump truck* berpindah menuju ke TPS berikutnya yaitu TPS Gondang. Adapun pada perjalanan *dump truck* dari Puskesmas Gondang ke TPS Gondang melewati jalan raya Trenggalek Ponorogo, jalan Pasar Gondang, jalan Pule Tugu, dengan waktu pemindahan sampah dari TPS ke *dump truck* membutuhkan waktu 45 menit. Kemudian, *dump truck* yang telah terisi penuh oleh muatan sampah kembali ke TPA Srabah untuk menurunkan muatan sampah dari Puskesmas Gondang dan TPS Gondang. Pada perjalanan *dump truck* dari TPS Gondang ke TPA Srabah melewati jalan Pule Tugu, jalan Pasar Gondang, jalan raya Trenggalek Ponorogo, jalan Yos Sudarso, jalan Basuki Rahmat, jalan Pattimura, jalan A. Yani, jalan Trenggalek Bendungan..

- I. C.3 : Adapun perjalanan rute pada pelayanan rute pada kode C.3 melayani TPS Salam dan TPS Kerjo. Adapun perjalanan yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Salam dan TPS Kerjo kemudian kembali lagi ke TPA Srabah menempuh perjalanan selama 57 menit dengan kecepatan rata – rata 26 km/jam dan jarak rute 26,8 KM. Pada perjalanan *dump truck* dari TPA Srabah ke TPS Salam melewati jalan raya Trenggalek – Bendungan, jalan A. Yani, jalan Pattimura, jalan Basuki Rahmat, jalan Yos Sudarso, jalan raya Trenggalek Ponorogo, jalan desa Salamrejo, jalan TPS Salam. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk memindah muatan sampah dari TPS Salam ke *dump truck* membutuhkan waktu 30 menit, kemudian *dump truck* berpindah menuju ke TPS berikutnya yaitu TPS Kerjo. Adapun pada perjalanan *dump truck* dari TPS Salam ke TPS Kerjo melewati jalan gang TPS Salam, jalan desa Salamrejo, jalan Trenggalek Ponorogo, jalan Nglongsor - Karanganyar, jalan gang TPS, dengan waktu pemindahan sampah dari TPS ke *dump truck* membutuhkan waktu 45 menit. Kemudian, *dump truck* yang telah terisi penuh oleh muatan sampah kembali ke TPA Srabah untuk menurunkan muatan sampah dari TPS Salam dan TPS Kerjo. Pada perjalanan *dump truck* dari TPS Kerjo ke TPA Srabah melewati jalan gang TPS, jalan Nglongsor – Karanganyar, jalan Trenggalek Ponorogo, jalan Yos Sudarso, jalan Basuki Rahmat, jalan Pattimura, jalan A. Yani, jalan Trenggalek Bendungan.



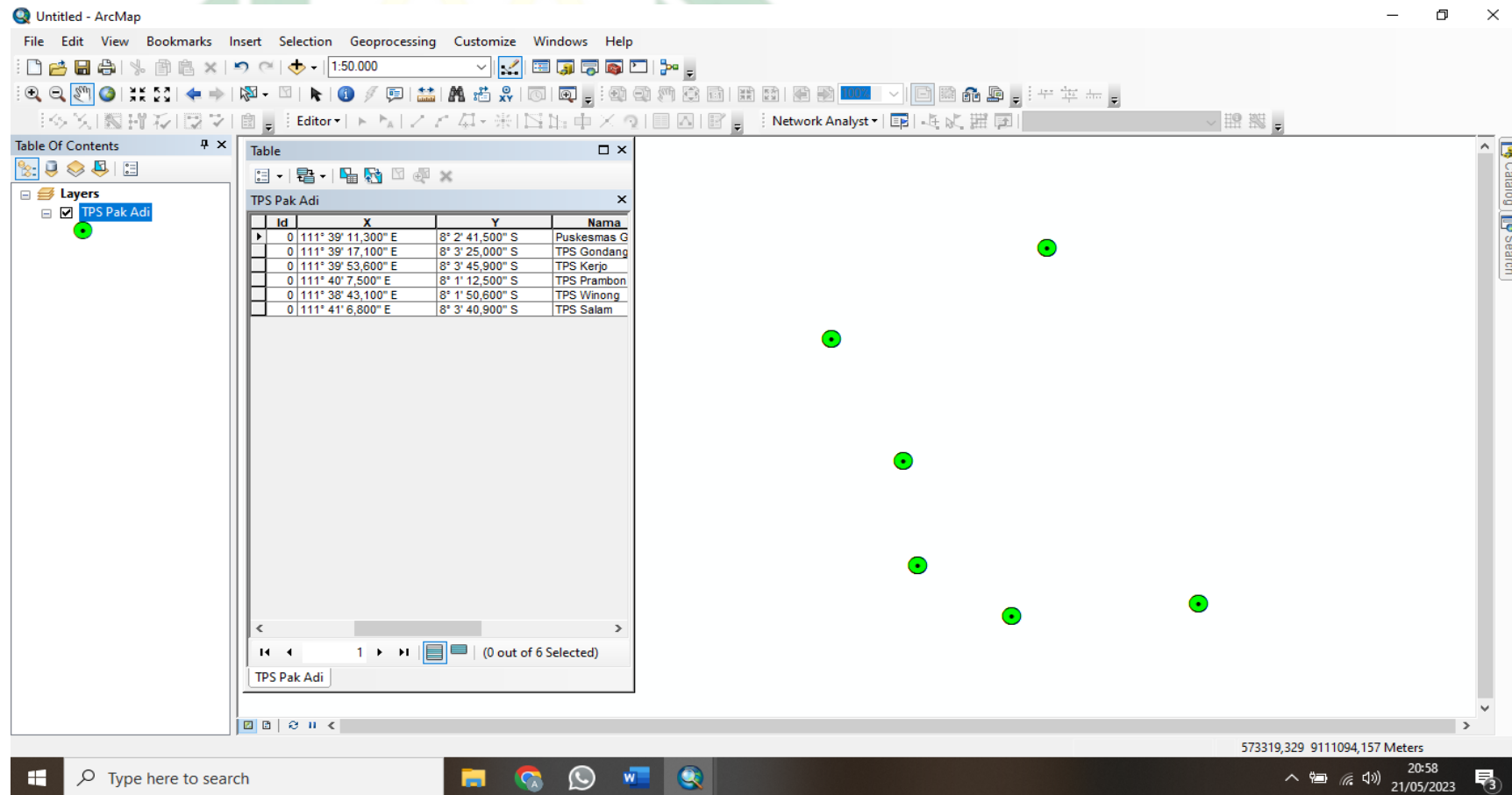
Gambar 4. 1 Rekam Jejak Rute dengan Alat GPS
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

4.2 Penerapan Sistem Informasi Geografi

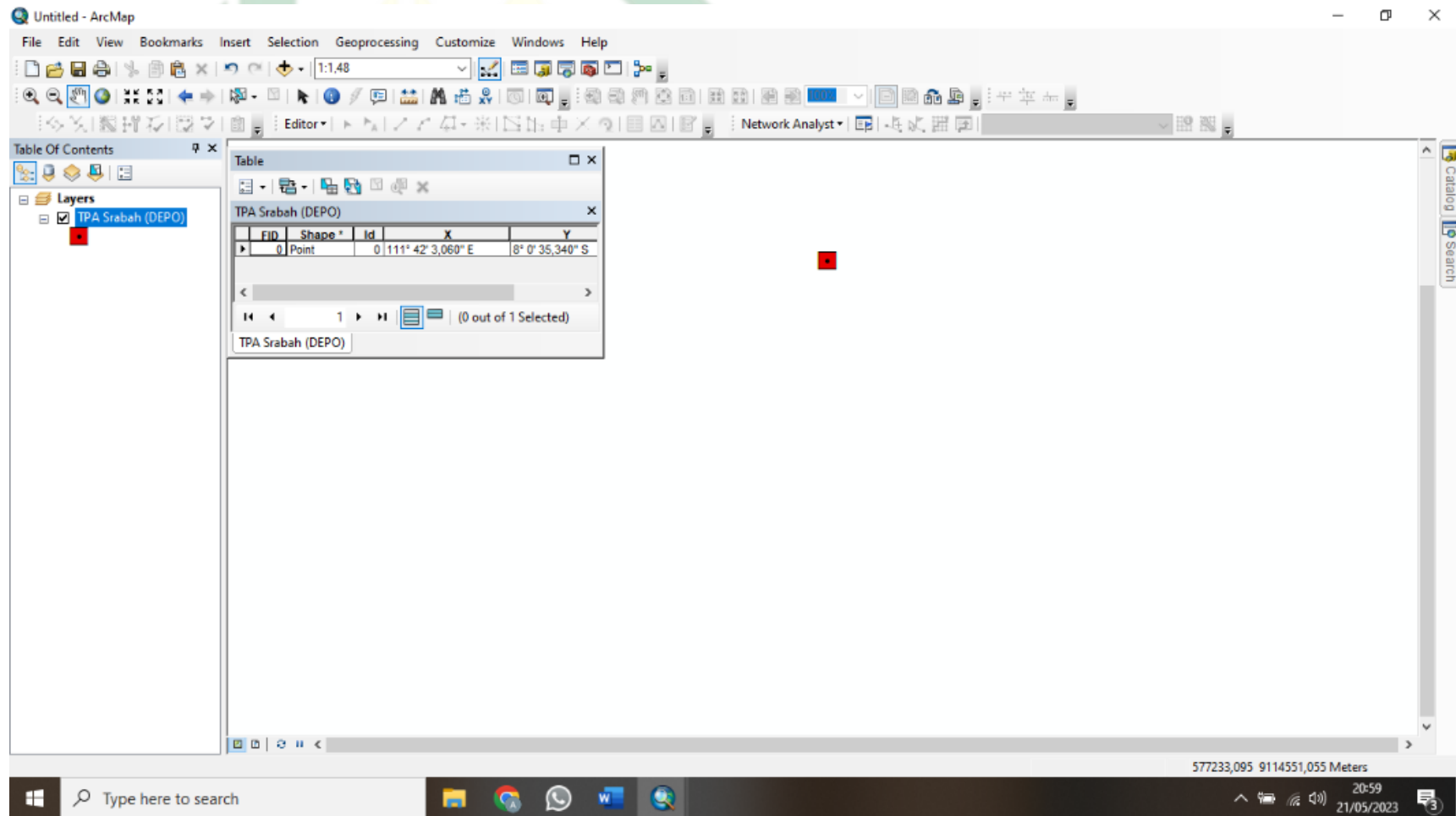
4.2.1 Perencanaan Rute Berdasarkan Sistem Informasi Geografi

1. Persiapan Data

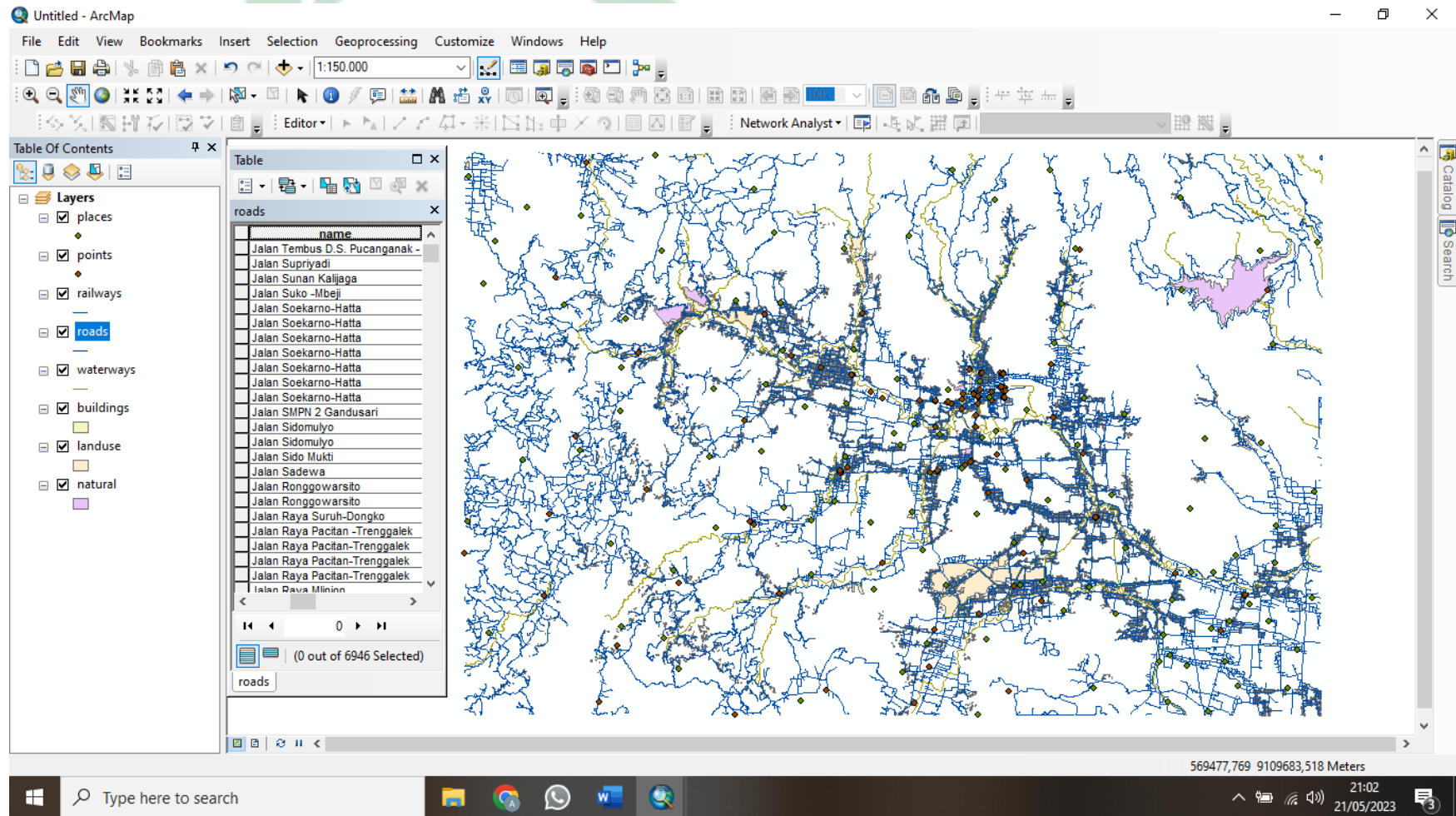
Pada perencanaan rute pengangkutan sampah di SIG data yang digunakan merupakan data SHP jaringan jalan di Kabupaten Trenggalek yang disertai dengan data atribut berupa nama jalan. Hal tersebut berfungsi untuk memudahkan pendefinisian pada hasil rute. Adapun data SHP jaringan jalan Kabupaten Trenggalek diperoleh dari *Open Street Map*. Selain data SHP jalan, data SHP TPA Srabah dan SHP TPS juga digunakan dalam perencanaan rute pengangkutan sampah di SIG. Adapun dalam perencanaan ini menggunakan aplikasi ArcGIS dengan fitur *Network Analyst*. Pada pembuatan data SHP TPS dan TPA dimasukkan koordinat tempat untuk digunakan sebagai titik depot dan order.



Gambar 4. 2 Data SHP Koordinat TPS
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



Gambar 4. 3 Data SHP Koordinat TPA Srabah
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



Gambar 4. 4 Data SHP Jaringan Jalan Trenggalek
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

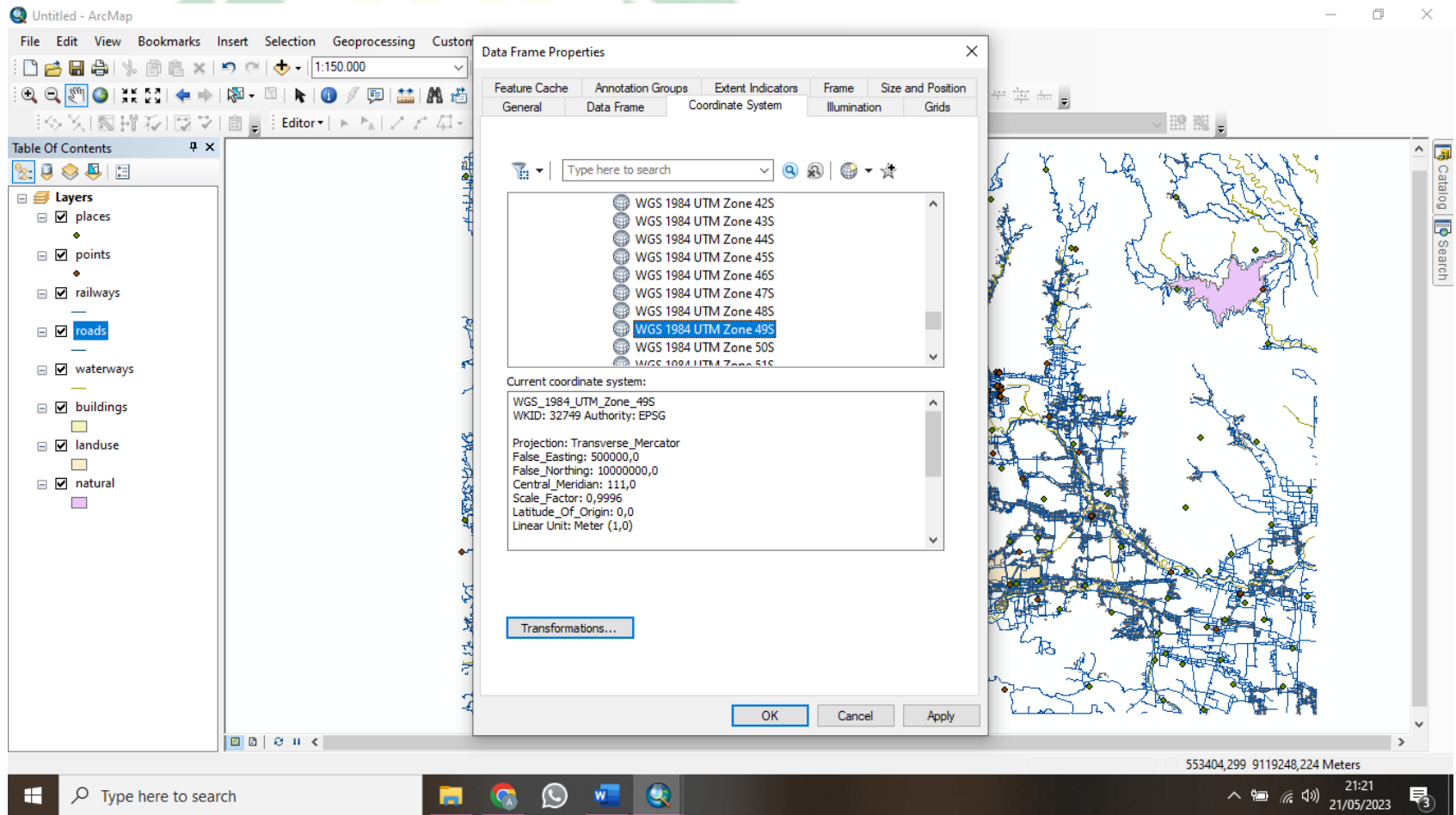
2. Tahapan Pekerjaan

- a. Membuat waktu tempuh truk pada tabel data atribut jaringan jalan

Pada tahapan ini memasukkan SHP jaringan jalan Kabupaten Trenggalek pada layer kerja ArcGIS dan mengatur koordinat pada data frame sesuai dengan *Universal Transverse Mercator* (UTM) di Kabupaten Trenggalek. Adapun UTM untuk Kabupaten Trenggalek ialah WGS 1984 UTM Zone 49S.

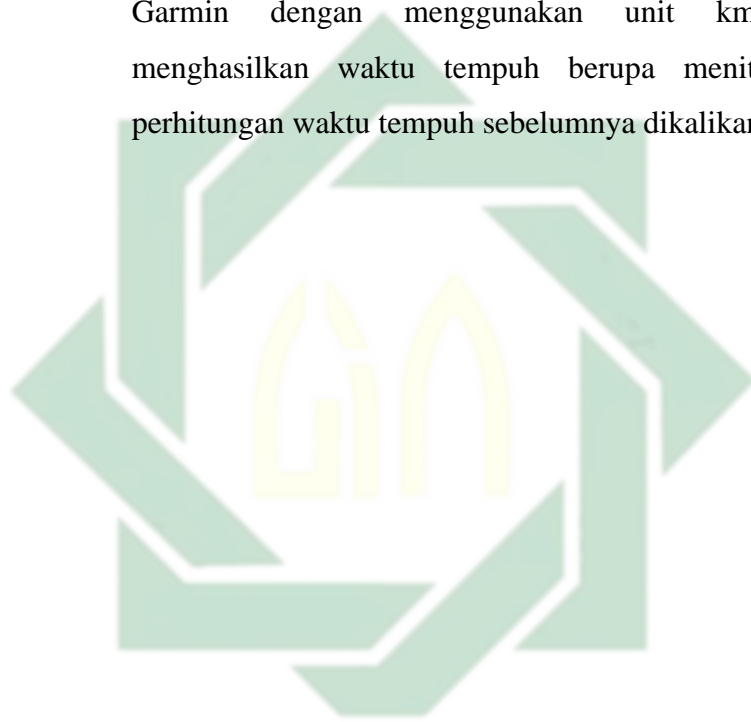


UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

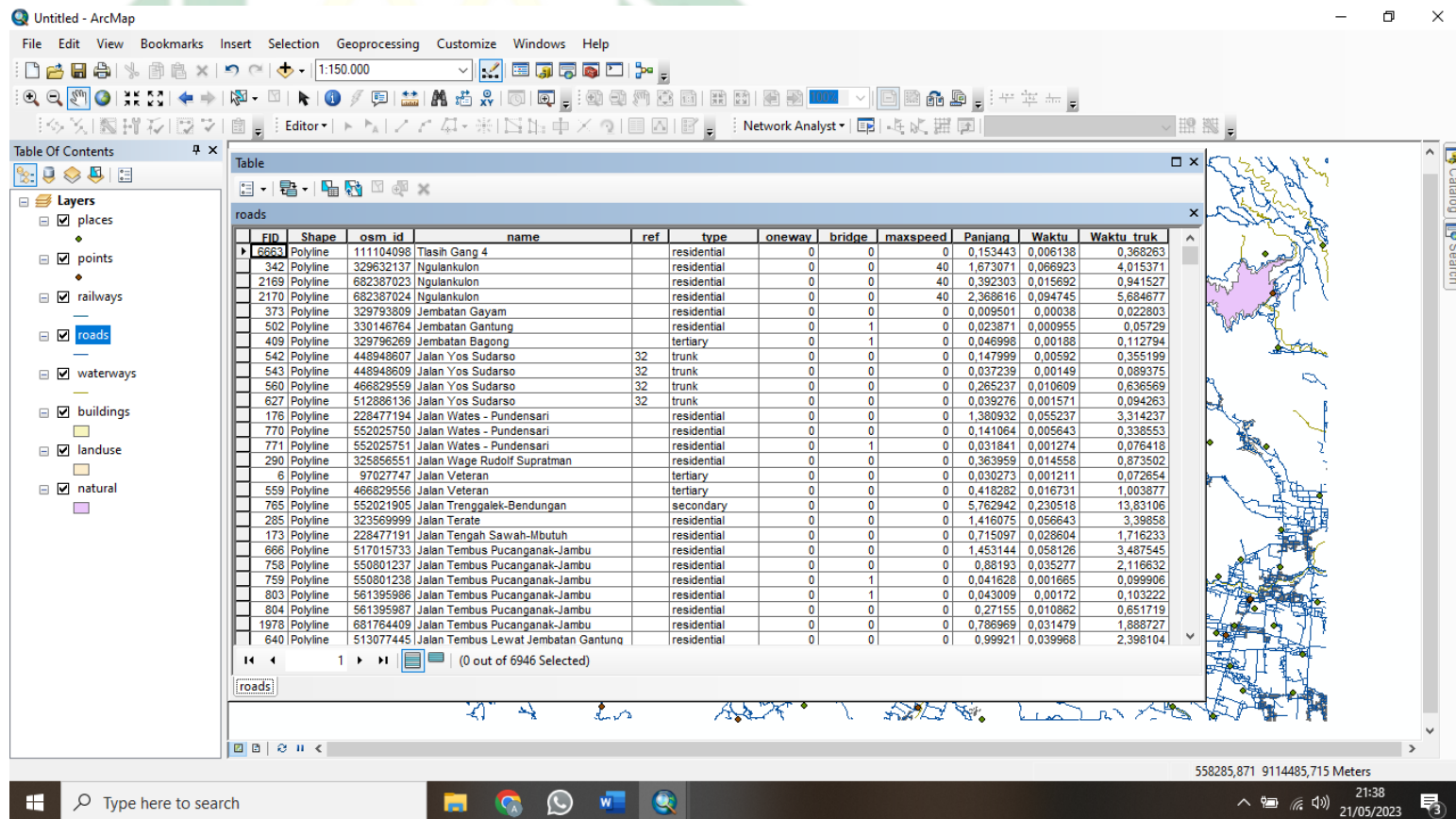


Gambar 4.5 UTM Koordinat pada Data Frame
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

Pada data atribut jaringan jalan ditambahkan data panjang jalan dan waktu tempuh untuk truk pengangkut sampah. Adapun untuk panjang jalan didapat dari perhitungan geometri pada sistem ArcGIS dengan menggunakan unit kilometer. Sedangkan untuk waktu tempuh menggunakan rumus $(t) = \text{jarak (s)} / \text{kecepatan (v)}$. Adapun kecepatan yang digunakan ialah disesuaikan dengan data lapangan yang telah direkam oleh GPS Garmin dengan menggunakan unit km/jam. Untuk menghasilkan waktu tempuh berupa menit maka hasil perhitungan waktu tempuh sebelumnya dikalikan 60.



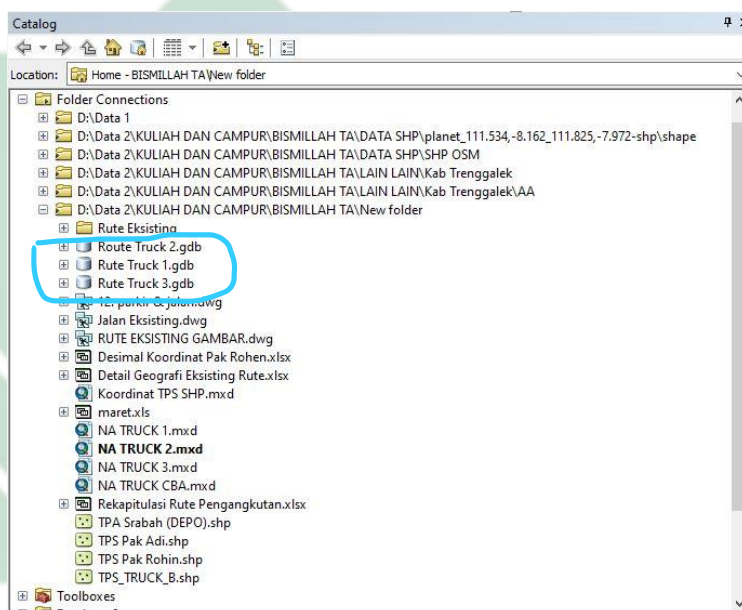
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4.6 Data Atribut Jaringan Jalan
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

b. Membuat Geodatabase

Untuk membuat *network dataset* diperlukan terlebih dahulu *geodatabase* untuk penyimpanan jaringan jalan. Adapun *geodatabase* berfungsi sebagai tempat atau wadah yang digunakan untuk penyimpanan data berupa *feature data*, *raster dataset*, *network dataset* dan dataset yang lain pada aplikasi GIS, sehingga dapat memenuhi kebutuhan dalam analisis data spasial.



Gambar 4. 7 Geodatabase ArcGIS

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

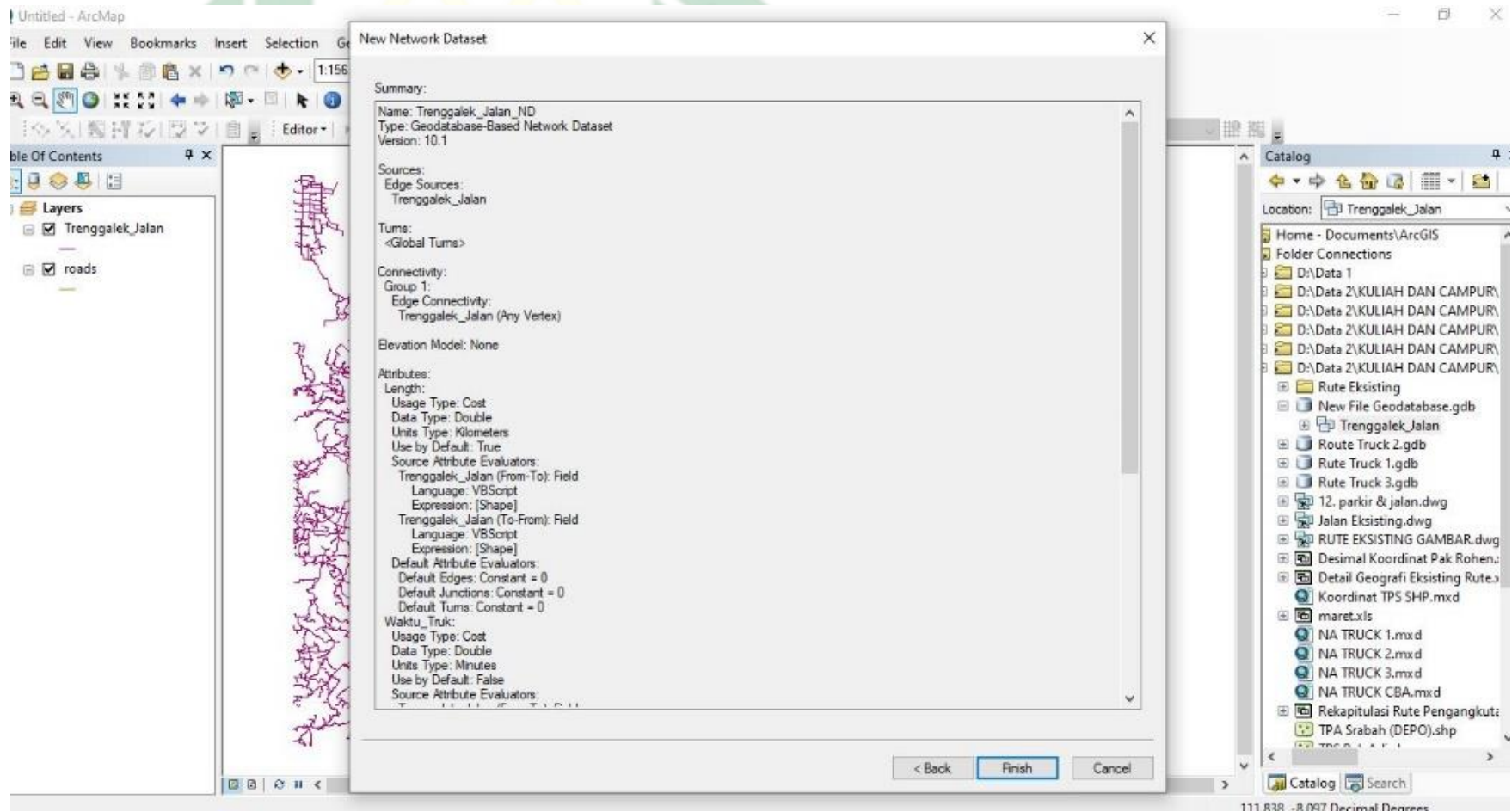
Pada pembuatan *network dataset* pada *geodatabase* diperlukan juga *feature dataset* yang berisi data jaringan jalan Kabupaten Trenggalek beserta koordinat UTM nya. Kemudian import data *feature class (single)* pada *feature dataset* untuk memasukkan SHP jaringan jalan Kabupaten Trenggalek, sehingga membentuk jaringan jalan baru yang menampilkan *edges* (tepi), *junction* (persimpangan), dan *turns* (belokan).

c. Membuat Network Dataset

Untuk membuat *network dataset* ialah dengan memilih “*network dataset*” pada *geodatabase*. Kemudian pada lembar kerja *network dataset* diatur beberapa hal yang diperlukan untuk

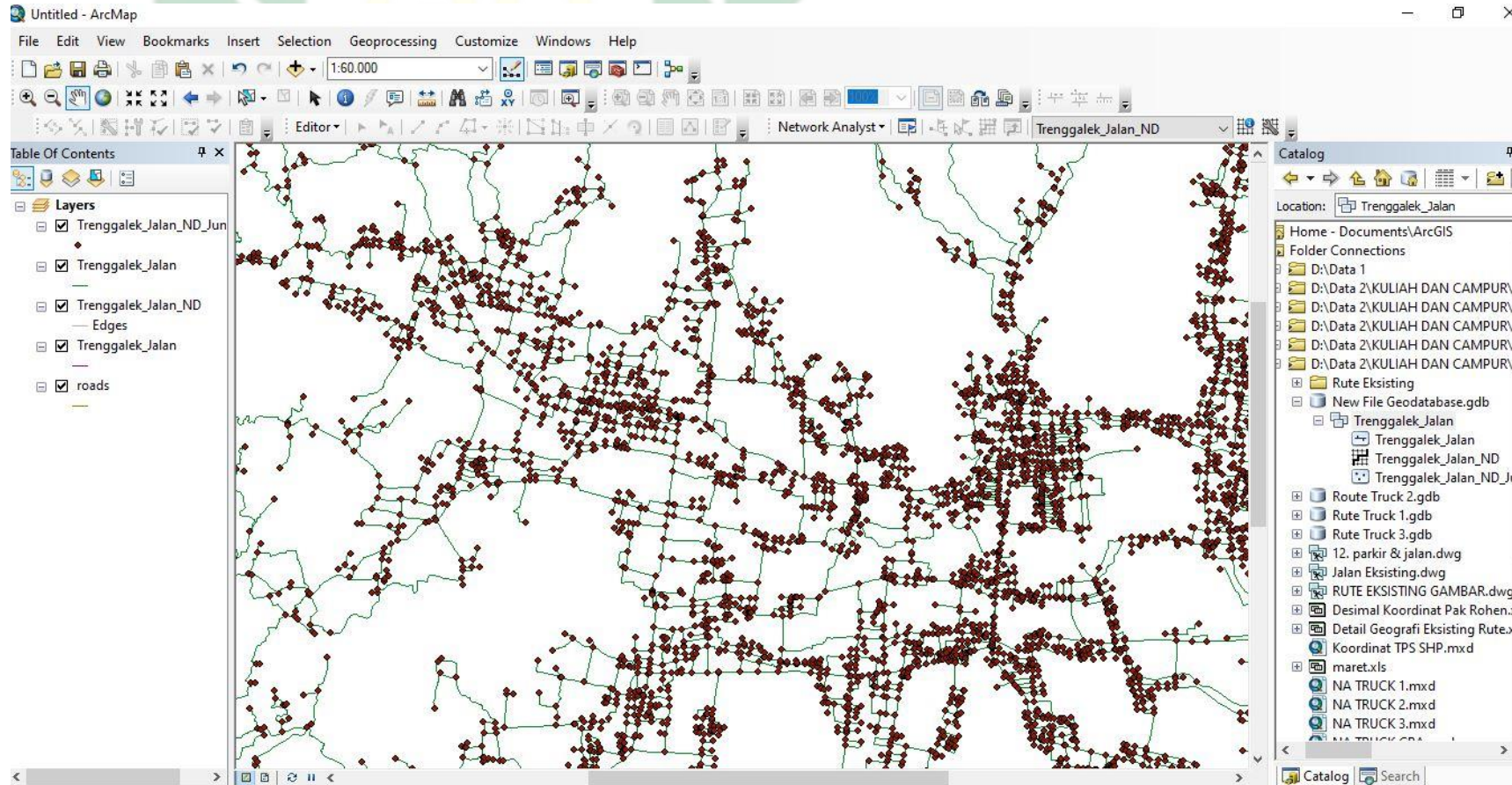
mendukung analisis rute jaringan jalan . Berikut beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mengatur network dataset :

- 1.) Memilih *feature class* untuk dimasukkan pada *network dataset*. Adapun *feature class* yang digunakan ialah Trenggalek_Jalan.
- 2.) Pada pilihan model *turns in this* dipilih "yes" hal ini dikarenakan model jaringan bisa dirubah sesuai impedansi yang telah ditentukan.
- 3.) Pengaturan konektivitas pada setiap *edge* yang telah ditetapkan. Dalam hal ini dikarenakan jaringan jalan dianggap sama dan agar semua dapat dilalui maka pilih *connectivity policy* yaitu "any vertex".
- 4.) Pengaturan data atribut dalam *network dataset* diperlukan untuk mengontrol navigasi property jaringan. Pada data atribut ini disesuaikan dengan unit yang telah ada atau digunakan sebelumnya. Seperti *length* menggunakan unit kilometer dan waktu tempuh menggunakan unit menit.
- 5.) Pada pengaturan *directions* atau arah lalu lintas pilih "yes", kemudian atur *display length* menggunakan unit kilometer dan *network source* menggunakan SHP jaringan jalan kabupaten trenggalek yang telah digunakan.
- 6.) Kemudian akan muncul ringakasan dari *network dataset* yang telah di *setting* sebelumnya. Dan kemudian tekan perintah "yes" untuk membangun *network dataset*.



Gambar 4. 8 Ringkasan Network Dataset
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

7.) Kemudian muncul hasil pembuatan network dataset

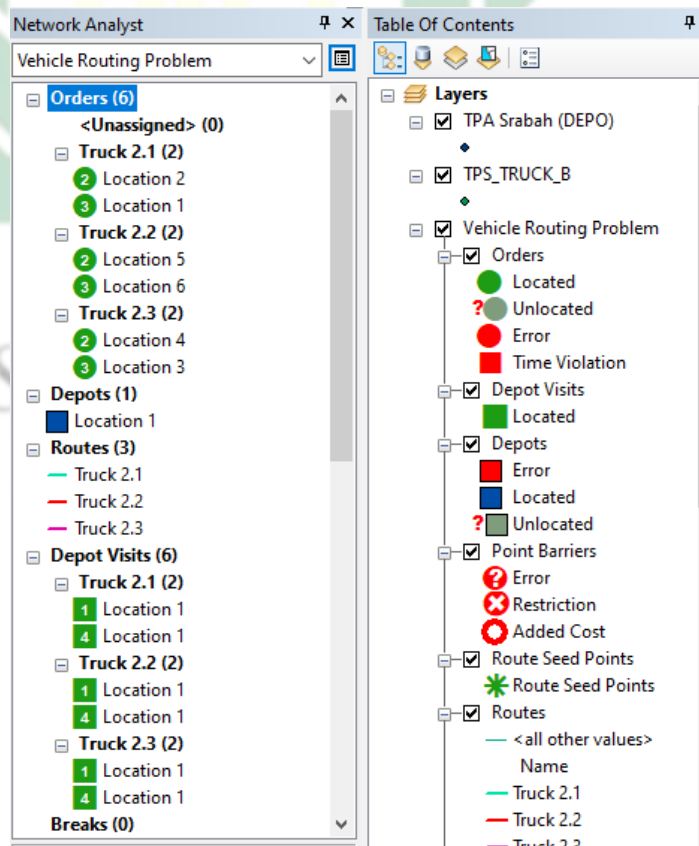


Gambar 4. 9 Output Network Dataset
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

3. Membuat Analisa Jaringan Rute Terbaik

Adapun dalam membuat rute terbaik menggunakan fitur *network analyst*, berikut tahapan dari *network analyst* :

- 1.) Mengaktifkan ekstensi dari fitur *network analyst* dan mencetang *network analyst*.
- 2.) Mengaktifkan toolbar *network analyst*.
- 3.) Kemudian pada fitur *network analyst* mengaktifkan *network analyst window* dan pada pilih *vehicle routing problem* untuk menganalisa rute terbaik.
- 4.) Ketika *vehicle routing problem* diaktifkan maka layer baru ditambahkan pada *network analys window*. Adapun kelas-kelas pada *network analyst* yaitu *orders*, *depots*, *routes*, *depot visits*, *breaks*, *route zones*, *route seed points*, *route renewals*, *specialties*, *order pairs*, *point barriers*, *line barriers*, and *polygon barriers* berisi kosong.



Gambar 4. 10 Layer Network Analys Window
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

5.) Menambahkan Order

Order merupakan titik atau lokasi yang akan dikunjungi. Pada hal ini TPS pelayanan merupakan titik order yang akan dikunjungi oleh truk. Setiap kelas order akan menjadi titik pemberhentian dari truk. Adapun data atribut berisi mengenai informasi yang diperlukan seperti *service time* (waktu loading). Kemudian memasukkan data SHP TPS pelayanan.

6.) Pada order pilih *load location* untuk memasukkan informasi yang diperlukan dalam melakukan *network analyst*, seperti *service time* dan *pick up quantities*.

7.) Menambahkan Depots

Depot merupakan titik lokasi yang digunakan untuk lokasi berangkat dan lokasi terakhir. Adapun lokasi yang digunakan dalam penelitian ini ialah TPA Srabah Kabupaten Trenggalek. Kemudian memasukkan data SHP TPA Srabah.

8.) Pada depot pilih fitur *load location*. Pilih layer TPA Srabah yang telah dimasukkan data SHP nya. Kemudian biarkan *default*.

9.) Menambah Rute

Pada kelas rute pilih *add item* dimasukkan data yang diperlukan seperti maksimum beban yang diangkut truk, titik lokasi pertama dan terakhir truk, waktu bekerja truk, dan maksimum TPS yang dilayani dalam satu rute. Berikut spesifikasi attributes untuk rute yang digunakan dan hasil analisis atribut rute dari penelitian.

Tabel 4. 7 Spesifikasi Attributes Route

Atribut	Deskripsi
<i>Name</i>	Nama kendaraan
<i>Startdepotname</i>	Truk memulai dari gudang (Location1)

Atribut	Deskripsi
<i>Enddepotname</i>	Truk akan kembali ke gudang di akhir rute
<i>Startdepotservicetime</i>	Waktu (dalam menit) yang dibutuhkan untuk memuat truk dengan barang-barang
<i>Earlieststarttime</i>	Truk dapat mulai beroperasi pada pukul 8:00
<i>Lateststarttime</i>	Truk harus mulai beroperasi secepatnya
<i>Capacities</i>	Kapasitas maksimum truk dalam membawa barang yaitu 3000 kilogram
<i>Costperunittime</i>	Upah supir truk per satuan waktu
<i>Costperunitdistance</i>	Rata-rata jumlah uang yang dihabiskan untuk konsumsi bensin, depresiasi truk dan perawatan
<i>Maxordercount</i>	Maximum jumlah toko yang bisa didatangi truk
<i>Maxtotaltime</i>	Sesuai constraints jam kerja, driver tidak bisa bekerja lebih dari sekian jam (sekian menit)
<i>Maxtotaltraveltime</i>	Untuk memenuhi batasan hari kerja dan masih dapat melayani sejumlah toko yang wajar sambil memperhitungkan waktu servis yang diperlukan di toko truk tidak boleh menghabiskan lebih dari sekian jam (sekian menit) mengemudi di jalanan
<i>Maxtotaldistance</i>	Keseimbangan antara biaya bensin dan perawatan harian di antara armada, setiap truk tidak boleh

Atribut	Deskripsi
	menempuh jarak lebih dari sekian di jalurny

(Sumber : Nouri, 2022)

Attribute	Value
ObjectID	1
Name	Truck 2.1
Description	<Null>
StartDepotName	Location 1
EndDepotName	Location 1
StartDepotServiceTime	<Null>
EndDepotServiceTime	<Null>
EarliestStartTime	07:00:00
LatestStartTime	07:00:00
ArriveDepartDelay	<Null>
Capacities	4000
FixedCost	<Null>
CostPerUnitTime	1
CostPerUnitDistance	<Null>
OvertimeStartTime	<Null>
CostPerUnitOvertime	<Null>
MaxOrderCount	2
MaxTotalTime	420
MaxTotalTravelTime	<Null>
MaxTotalDistance	<Null>
SpecialtyNames	<Null>
AssignmentRule	Include
ViolatedConstraints	<Null>
OrderCount	2
TotalCost	114,669558
RegularTimeCost	114,669558
OvertimeCost	0
DistanceCost	0
TotalTime	114,669558

Gambar 4. 11 Hasil Attributes Route

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

- 10.) Kemudian ditambahkan kebutuhan truk sesuai dengan rute yang telah ditentukan dengan copy dan paste data yang telah ada.

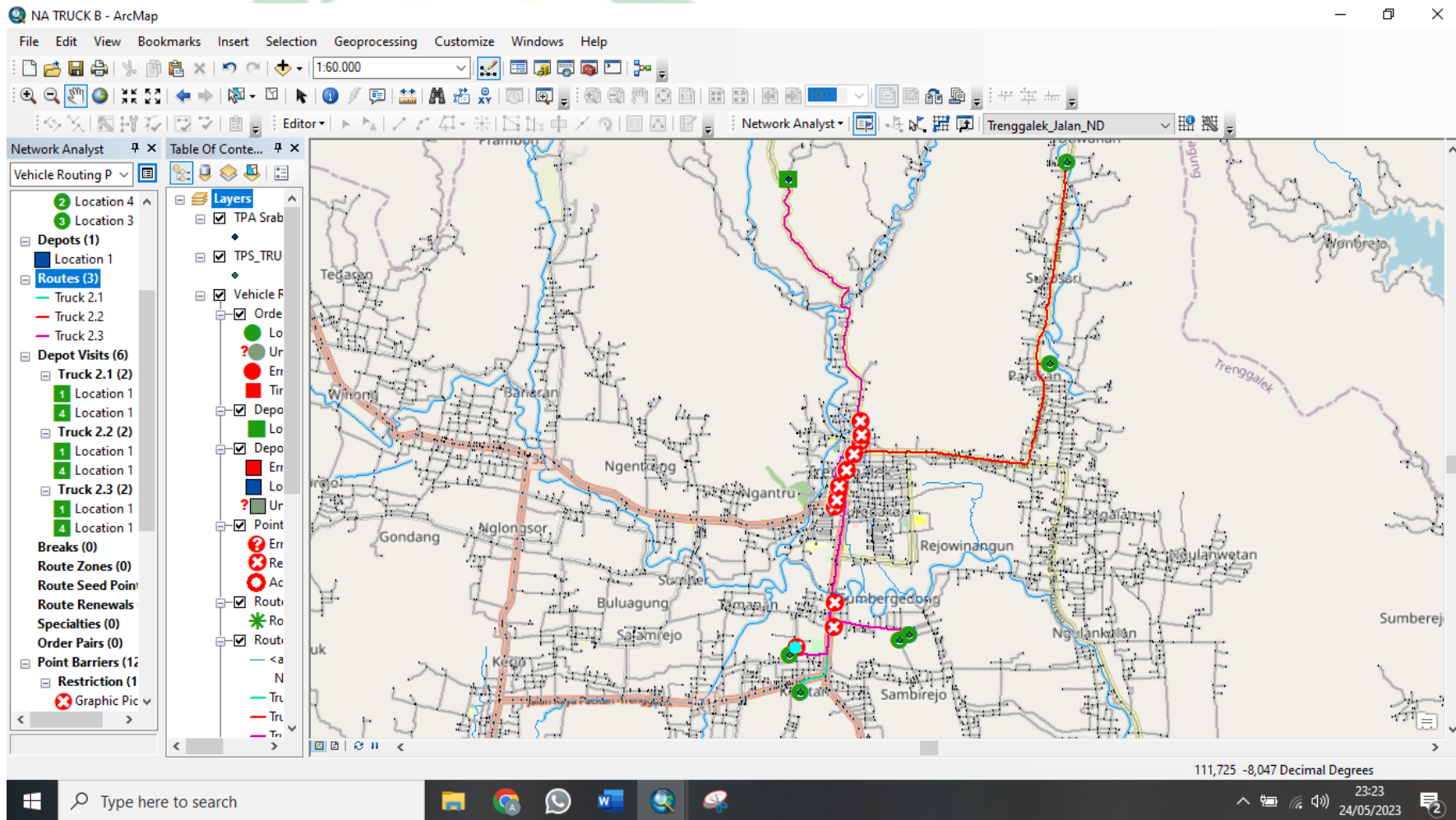
4. Mengatur Properti Analisis Rute

Pada tahap ini terdapat beberapa tahapan yaitu :

- 1.) Klik analisis layer properties pada tombol di *network analyst window*
- 2.) Mensetting Tab dan mengatur time attribute dengan memilih waktu truk (*minutes*) dan *distance attribute* berupa *length* (kilometer).
- 3.) Pilih *default date* yaitu “Monday”
- 4.) Atur *Capacity Count* bernilai 1 karena barang yang dikirimkan hanya memiliki 1 ukuran pada hal ini yaitu kilogram. Jika kapasitas dispesifikasi dalam 2 ukuran, seperti berat dan volume maka *capacity countnya* atur menjadi 2
- 5.) *Time fields unit* dalam menit dikarenakan seluruh atribut yang telah dibuat dibentuk dalam bentuk menit
- 6.) *Distance field units* dalam kilometer berdasarkan seluruh atribut yang telah dibuat dalam kilometer
- 7.) Dikarenakan sulit untuk truk pengirim barang melakukan belokan-U maka atur *U-Turns at Junction to Not Allowed*. Kemudian klik Ok
- 8.) *Output Shape type* berfungsi untuk menampilkan visualisasi rute, pilih *true shape with measures* agar rute yang ditampilkan berdasarkan jalan yang ada.

5. Menjalankan proses penentuan rute terbaik

Klik Solve yang ada pada toolbar *Network Analyst*. VRP solver akan menghitung rute untuk melayani pesanan (order) ke TPS dan menggambarkan garis yang menghubungkannya. Setiap rute dimulai dan berakhir di TPA Srabah. Berikut hasil analisis rute truk dari TPA Srabah untuk mengangkut sampah dari TPS pelayanan dan kembali ke TPA Srabah beserta waktu servisnya pada masing masing truk. Adapun hasil pemilihan rute sebagai berikut:



Gambar 4. 12 Hasil Analisis Jaringan Route Terbaik
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

4.2.2 Pembahasan Hasil Analisis Jaringan

Analisis jaringan dalam penentuan rute pengangkutan menghasilkan tiga ritase perjalanan pada masing – masing truk pengangkut sampah. Adapun hasil dari analisis jaringan (*network analyst*) pada sistem informasi geografi menggunakan aplikasi ArcGIS ialah sebagaimana berikut :

1. Truk Kode A

Pada truk kode A terbagi menjadi tiga ritase perjalanan pengangkutan sampah. Berikut deskripsi hasil analisis jaringan pada truk kode A, sebagaimana berikut :

a.) Rute 1

Hasil analisis rute pertama (1) pada truk A berdasarkan sistem informasi geografi ialah membentuk rute pengangkutan sampah yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Puskesmas Pucanganak ke TPS Pasar Tugu dan kembali ke TPA Srabah. Adapun waktu loading yang diperlukan di TPS Puskesmas Pucanganak ialah 20 menit dan TPS Pasar Tugu ialah 40 menit. Hasil analisis jaringan rute diperoleh waktu pergerakan truk ialah 85 menit. Sehingga waktu keseluruhan yang dibutuhkan oleh truk A rute 1 ialah 2 jam 25 menit. Adapun jarak tempuh setelah analisis jaringan didapat 36 kilometer, yang mana pada kondisi eksisting jarak tempuh yang diperlukan ialah 32 km. Dari hasil analisis jaringan terdapat penghematan waktu sebanyak 8 menit dan jarak sebesar 2,2 km. Berikut tabel dan gambar perbandingan rute eksisting dengan rute hasil analisis rute 1 truk A pada **Tabel 4.8** serta **Gambar 4.13**.

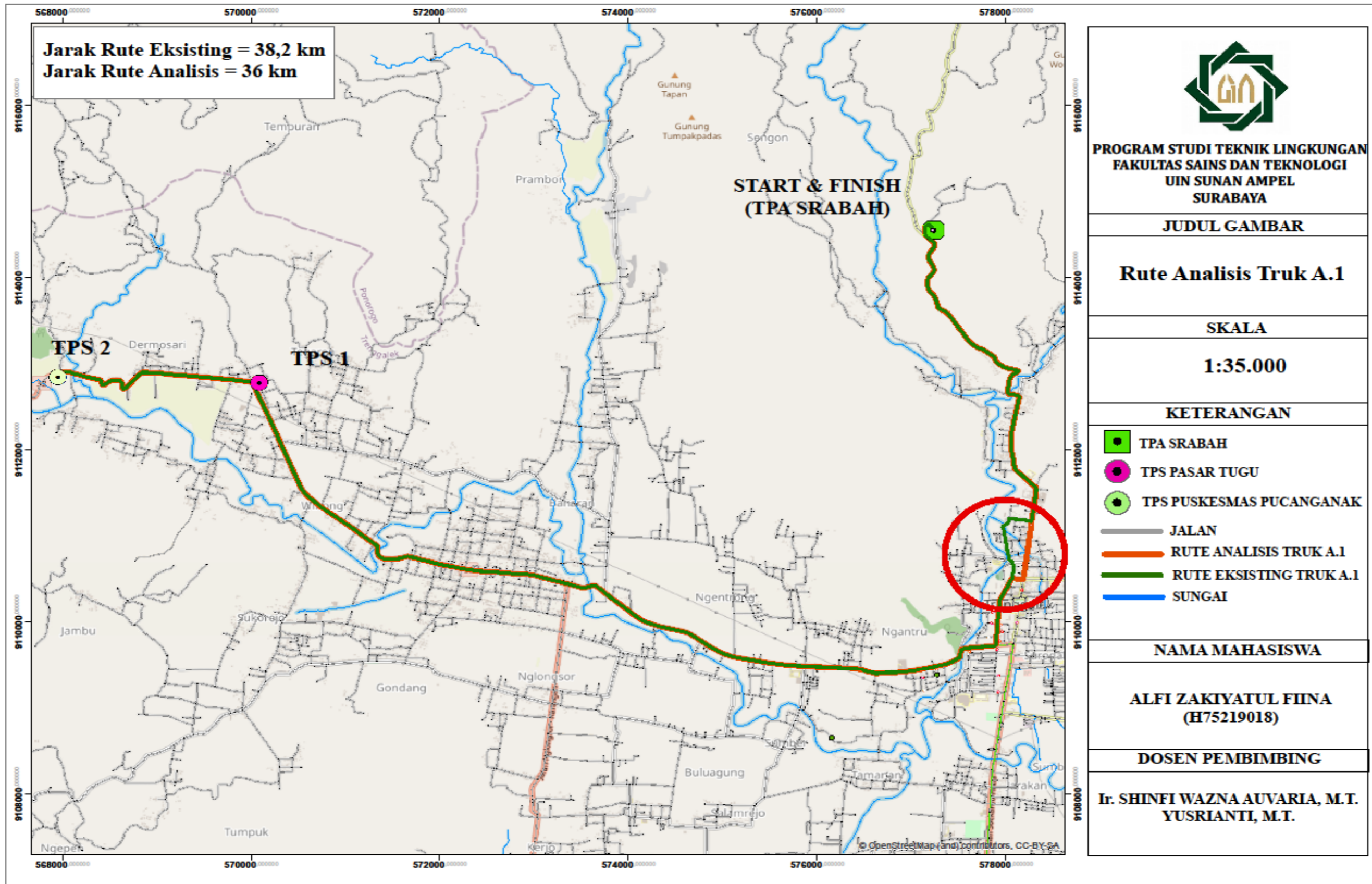
Tabel 4. 8 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk A Rute 1

Rute Eksisting	Rute Analisis	Jarak Eksisting	Jarak Analisis	Waktu Eksisting	Waktu Analisis
TPA Srabah – Puskesmas Pucanganak – TPS Pasar Tugu	TPA Srabah – TPS Puskesmas Pucanganak – TPS Pasar Tugu	38,2 km	36 km	93 menit	85 menit

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4. 13 Rute Eksisting dan Analisis Truk A.1
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

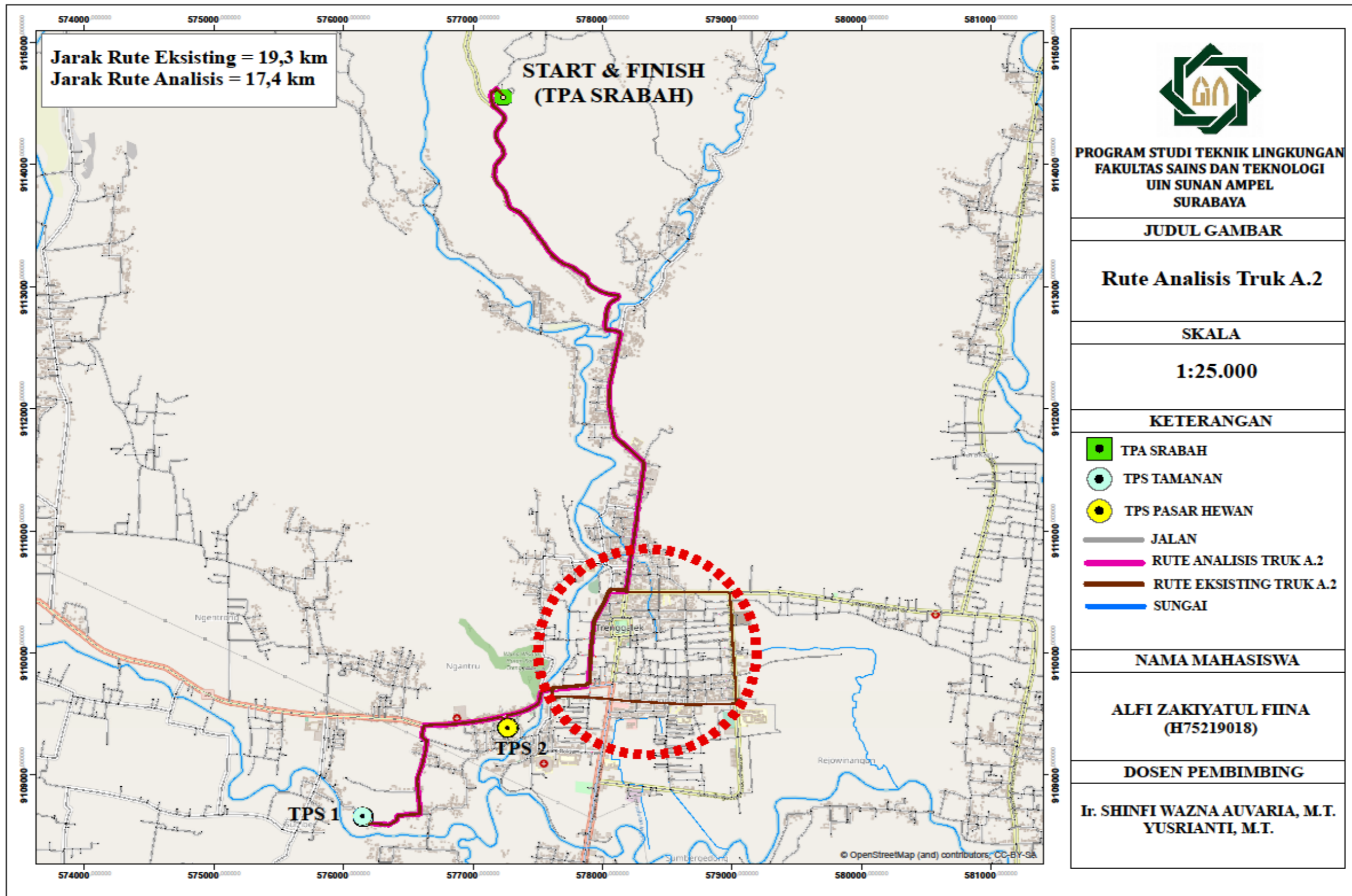
b.) **Rute 2**

Hasil analisis rute kedua (2) pada truk A berdasarkan sistem informasi geografi ialah membentuk rute pengangkutan sampah yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Tamanan ke TPS Pasar Hewan dan kembali ke TPA Srabah. Adapun waktu loading yang diperlukan di TPS Tamanan ialah 45 menit dan TPS Pasar Hewan ialah 35 menit. Hasil analisis jaringan rute diperoleh waktu pergerakan truk ialah 42 menit. Sehingga waktu keseluruhan yang dibutuhkan oleh truk A rute 2 ialah 2 jam 2 menit. Adapun jarak tempuh setelah analisis jaringan didapat 17,4 kilometer, yang mana pada kondisi eksisting jarak tempuh yang diperlukan ialah 19,3 km. Dari hasil analisis jaringan terdapat penghematan waktu sebanyak 5 menit dan jarak sebesar 1,9 km. Berikut tabel dan gambar perbandingan rute eksisting dengan rute hasil analisis rute 2 truk A pada **Tabel 4.9** serta **Gambar 4.14**.

Tabel 4. 9 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk A Rute 2

Rute Eksisting	Rute Analisis	Jarak Eksisting	Jarak Analisis	Waktu Eksisting	Waktu Analisis
TPA Srabah – TPS Pasar Hewan – TPS Tamanan	TPA Srabah – TPS Tamanan – TPS Pasar Hewan	19,3 km	17,4 km	47 menit	42 menit

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



Gambar 4. 14 Rute Eksisting dan Analisis Truk A.2
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

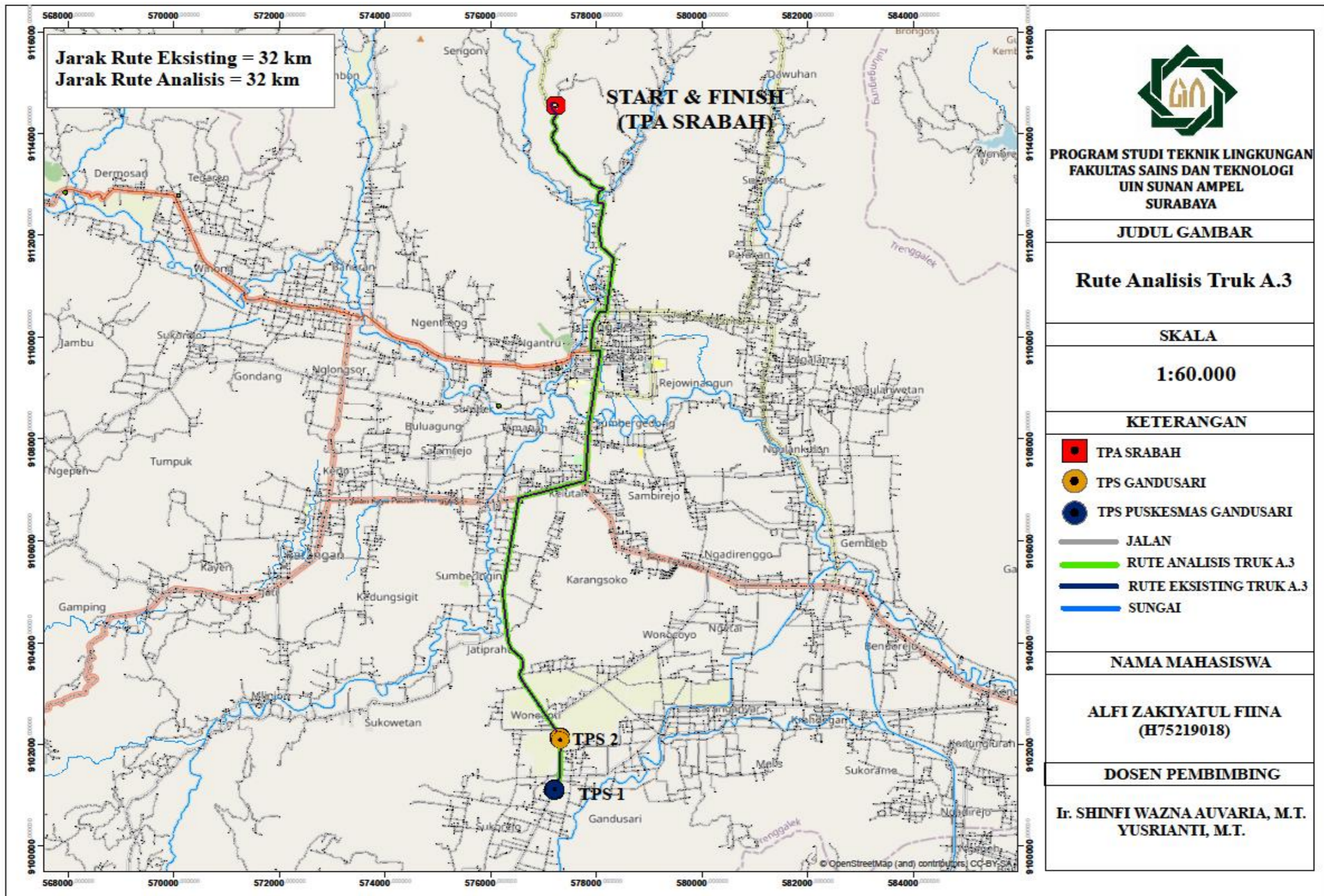
c.) **Rute 3**

Hasil analisis rute ketiga (3) pada truk A berdasarkan sistem informasi geografi ialah membentuk rute pengangkutan sampah yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Gandusari ke TPS Puskesmas Gandusari dan kembali ke TPA Srabah. Adapun waktu loading yang diperlukan di TPS Gandusari ialah 50 menit dan TPS Puskesmas Gandusari ialah 10 menit. Hasil analisis jaringan rute diperoleh waktu pergerakan truk ialah 78 menit. Sehingga waktu keseluruhan yang dibutuhkan oleh truk A rute 3 ialah 2 jam 17 menit. Adapun jarak tempuh setelah analisis jaringan didapat 32 kilometer, yang mana pada kondisi eksisting jarak tempuh yang diperlukan ialah 32 km. Dari hasil analisis jaringan tidak terdapat perbedaan antara rute eksisting dan rute setelah dianalisis jaringannya. Berikut tabel dan gambar perbandingan rute eksisting dengan rute hasil analisis rute 3 truk A pada **Tabel 4.10** serta **Gambar 4.15**.

Tabel 4. 10 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk A Rute 3

Rute Eksisting	Rute Analisis	Jarak Eksisting	Jarak Analisis	Waktu Eksisting	Waktu Analisis
TPA Srabah – Puskesmas Gandusari – TPS Gandusari	TPA Srabah – Puskesmas Gandusari – TPS Gandusari	32 km	32 km	78 menit	78 menit

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



Gambar 4. 15 Rute Eksisting dan Analisis Truk A.3
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

2. Truk Kode B

Pada truk kode B terbagi menjadi tiga ritase perjalanan pengangkutan sampah. Berikut deskripsi hasil analisis jaringan pada truk kode B, sebagaimana berikut :

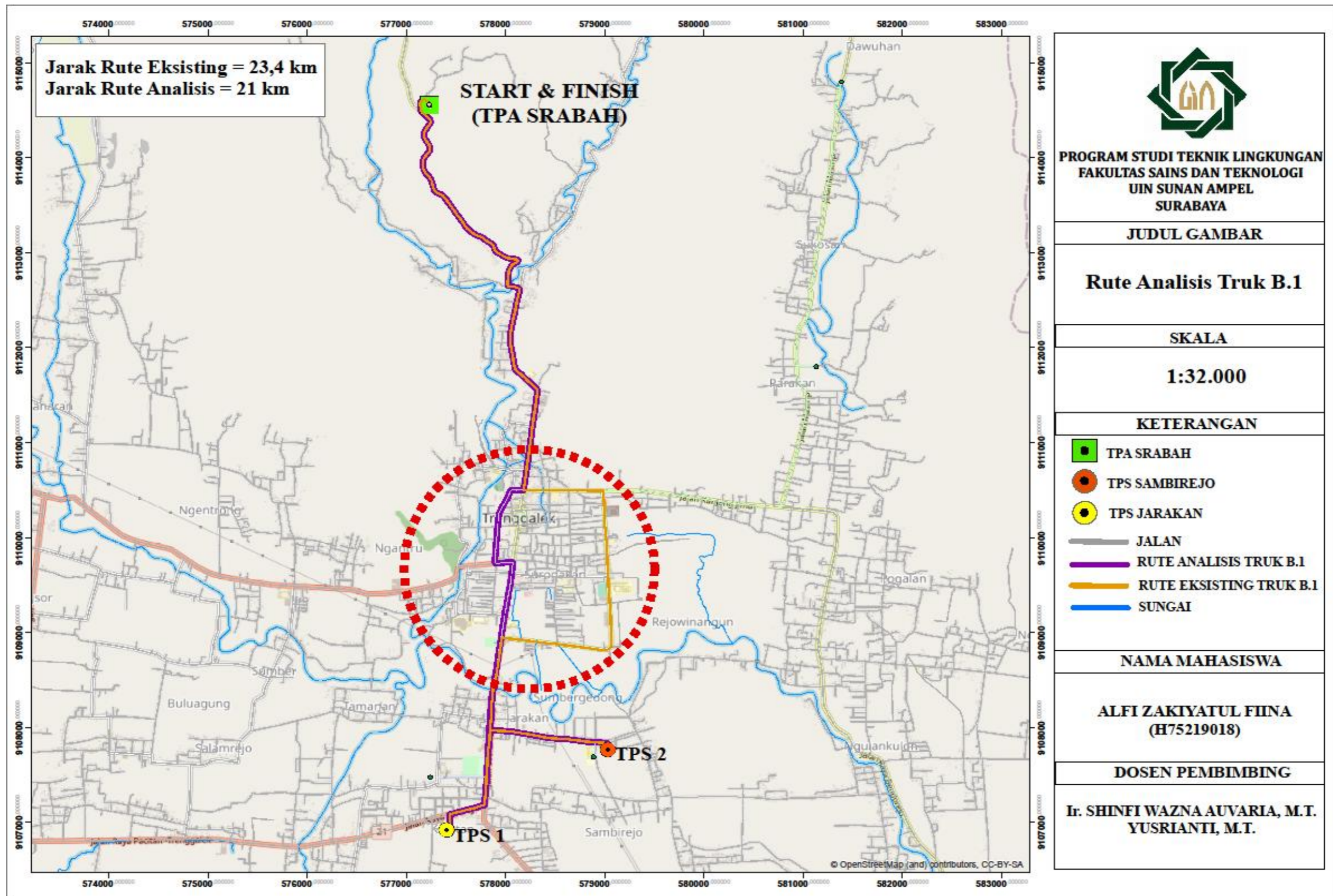
a.) Rute 1

Hasil analisis rute pertama (1) pada truk B berdasarkan sistem informasi geografi ialah membentuk rute pengangkutan sampah yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Jarakan ke TPS Sambirejo dan kembali ke TPA Srabah. Adapun waktu loading yang diperlukan di TPS Jarakan ialah 40 menit dan TPS Sambirejo ialah 30 menit. Hasil analisis jaringan rute diperoleh waktu pergerakan truk ialah 45 menit. Sehingga waktu keseluruhan yang dibutuhkan oleh truk B rute 1 ialah 1 jam 55 menit. Adapun jarak tempuh setelah analisis jaringan didapat 21 kilometer, yang mana pada kondisi eksisting jarak tempuh yang diperlukan ialah 23,4 km. Dari hasil analisis jaringan terdapat penghematan waktu sebanyak 5 menit dan jarak sebesar 2,4 km. Berikut tabel dan gambar perbandingan rute eksisting dengan rute hasil analisis rute 1 truk B pada **Tabel 4.11** serta **Gambar 4.16**.

Tabel 4. 11 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk B Rute 1

Rute Eksisting	Rute Analisis	Jarak Eksisting	Jarak Analisis	Waktu Eksisting	Waktu Analisis
TPA Srabah – TPS Sambirejo – TPS Jarakan	TPA Srabah – TPS Jarakan – TPS Sambirejo	23,4 km	21 km	50 menit	45 menit

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



Gambar 4. 16 Rute Eksisting dan Analisis Truk B.1
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

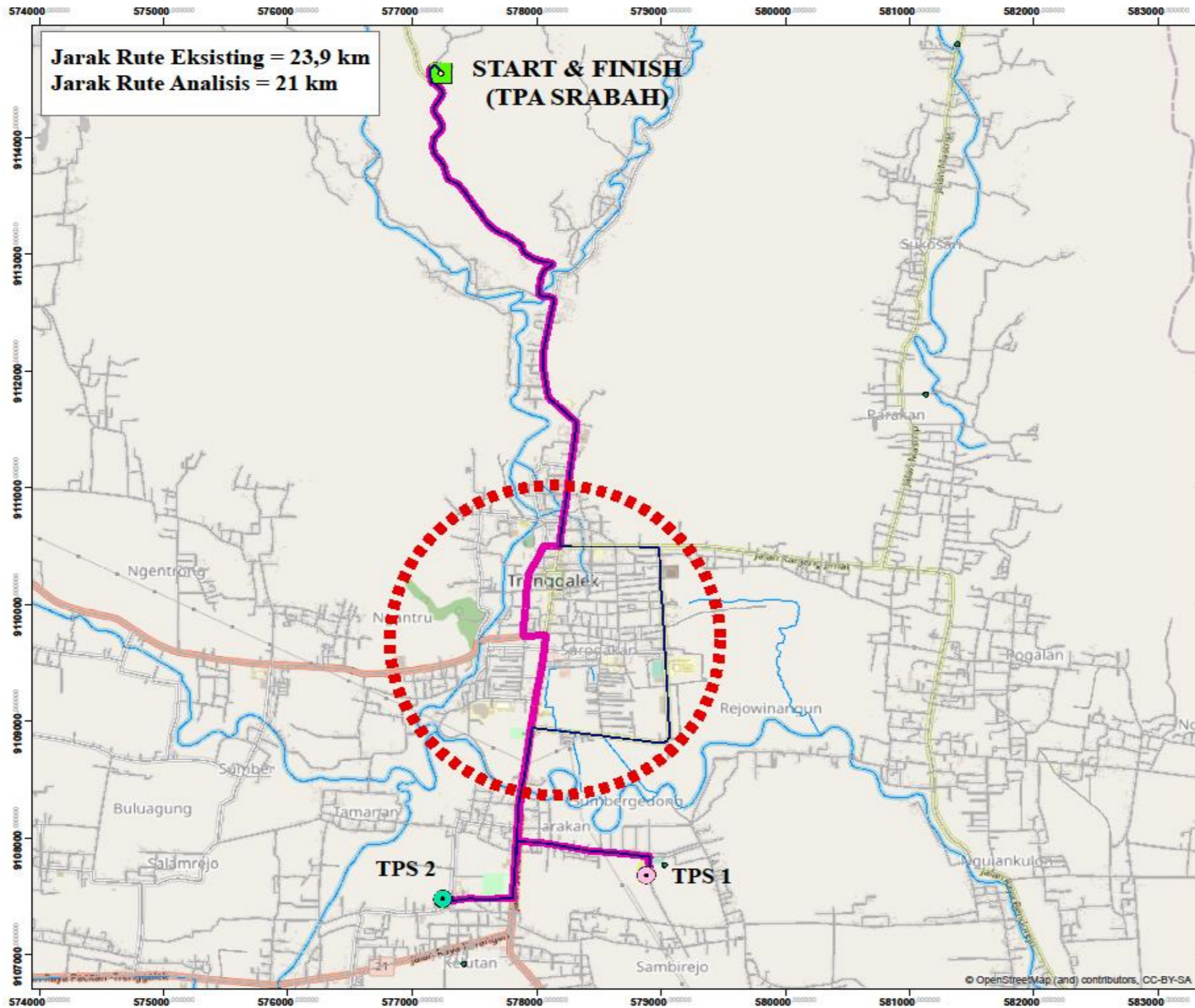
b.) Rute 2

Hasil analisis rute kedua (2) pada truk B berdasarkan sistem informasi geografi ialah membentuk rute pengangkutan sampah yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS SMADA ke TPS MAN (Kelutan) dan kembali ke TPA Srabah. Adapun waktu loading yang diperlukan di TPS SMADA ialah 20 menit dan TPS MAN (Kelutan) ialah 45 menit. Hasil analisis jaringan rute diperoleh waktu pergerakan truk ialah 43 menit. Sehingga waktu keseluruhan yang dibutuhkan oleh truk B rute 2 ialah 1 jam 48 menit. Adapun jarak tempuh setelah analisis jaringan didapat 21 kilometer, yang mana pada kondisi eksisting jarak tempuh yang diperlukan ialah 23,9 km. Dari hasil analisis jaringan terdapat penghematan waktu sebanyak 7 menit dan jarak sebesar 2,9 km. Berikut tabel dan gambar perbandingan rute eksisting dengan rute hasil analisis rute 2 truk B pada **Tabel 4.12** serta **Gambar 4.17**.

Tabel 4. 12 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk B Rute 2

Rute Eksisting	Rute Analisis	Jarak Eksisting	Jarak Analisis	Waktu Eksisting	Waktu Analisis
TPA Srabah – TPS MAN (Kelutan) – TPS SMADA	TPA Srabah – TPS SMADA – TPS MAN (Kelutan)	23,9 km	21 km	50 menit	43 menit

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



 <p>PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN SUNAN AMPEL SURABAYA</p>
JUDUL GAMBAR
Rute Analisis Truk B.2
SKALA
1:30.000
KETERANGAN
<ul style="list-style-type: none"> ■ TPA SRABAH ● TPS SMADA ● TPS MAN (Kelutan) — JALAN — RUTE ANALISIS TRUK B.2 — RUTE EKSTING TRUK B.2 — SUNGAI
NAMA MAHASISWA
ALFI ZAKIYATUL FIINA (H75219018)
DOSEN PEMBIMBING
Ir. SHINFI WAZNA AUVARIA, M.T. YUSRIANTI, M.T.

Gambar 4. 17 Rute Eksisting dan Analisis Truk B.2
 (Sumber : Hasil Analisis, 2023)

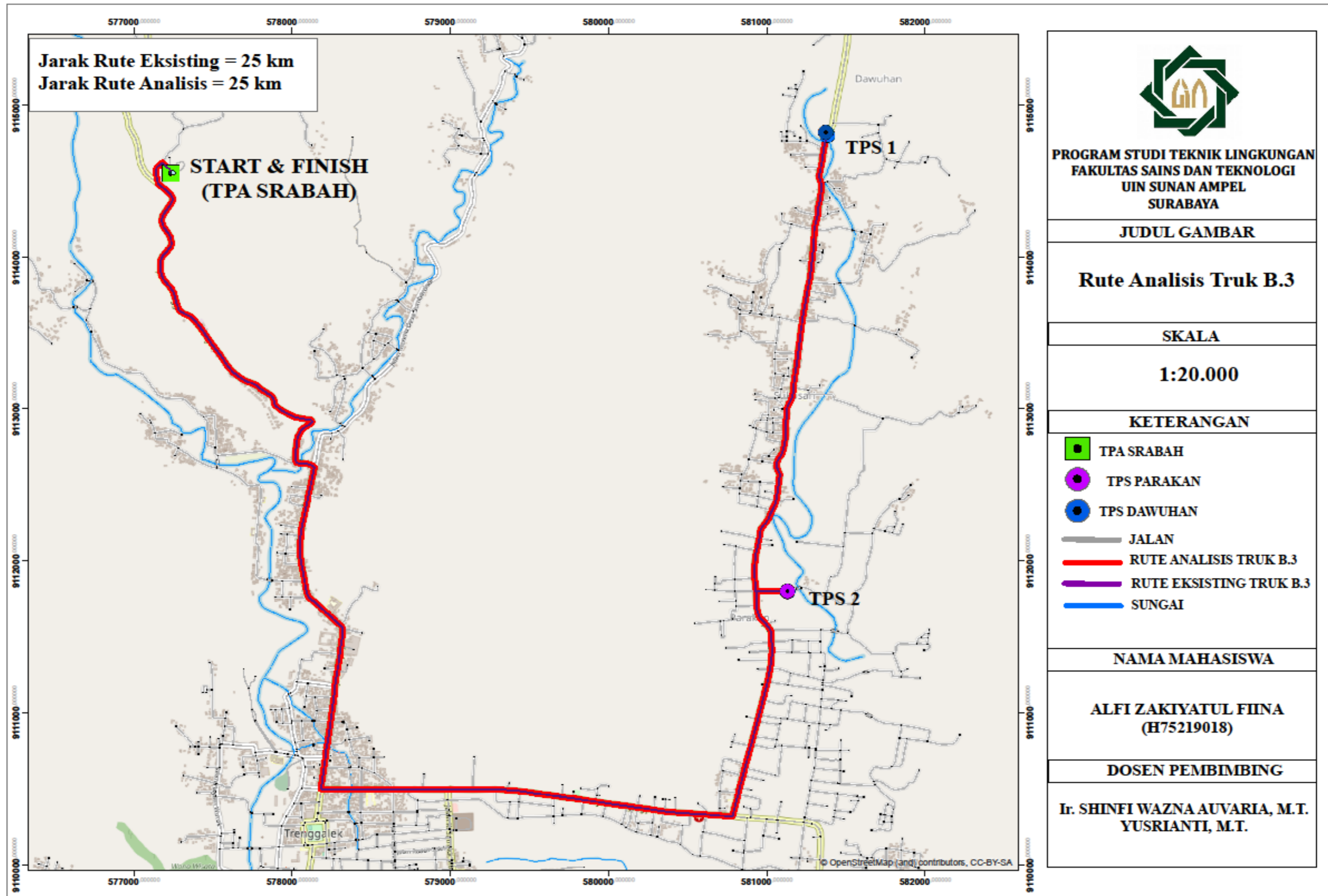
c.) Rute 3

Hasil analisis rute ketiga (3) pada truk B berdasarkan sistem informasi geografi ialah membentuk rute pengangkutan sampah yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Dawuhan ke TPS Parakan dan kembali ke TPA Srabah. Adapun waktu loading yang diperlukan di TPS Dawuhan ialah 40 menit dan TPS Parakan ialah 35 menit. Hasil analisis jaringan rute diperoleh waktu pergerakan truk ialah 45 menit. Sehingga waktu keseluruhan yang dibutuhkan oleh truk B rute 3 ialah 2 jam 8 menit. Adapun jarak tempuh setelah analisis jaringan didapat 25 kilometer, yang mana pada kondisi eksisting jarak tempuh yang diperlukan ialah 25 km. Dari hasil analisis jaringan tidak terdapat penghematan waktu dan jarak, dikarenakan hasil analisis jaringan dan kondisi eksisting sama. Berikut tabel dan gambar perbandingan rute eksisting dengan rute hasil analisis rute 3 truk B pada **Tabel 4.13** serta **Gambar 4.18**.

Tabel 4. 13 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk B Rute 3

Rute Eksisting	Rute Analisis	Jarak Eksisting	Jarak Analisis	Waktu Eksisting	Waktu Analisis
TPA Srabah – TPS Dawuhan – TPS Parakan	TPA Srabah – TPS Dawuhan – TPS Parakan	25 km	25 km	53 menit	53 menit

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



Gambar 4. 18 Rute Eksisting dan Analisis Truk B.3
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

3. Truk Kode C

Pada truk kode C terbagi menjadi tiga ritase perjalanan pengangkutan sampah. Berikut deskripsi hasil analisis jaringan pada truk kode C, sebagaimana berikut :

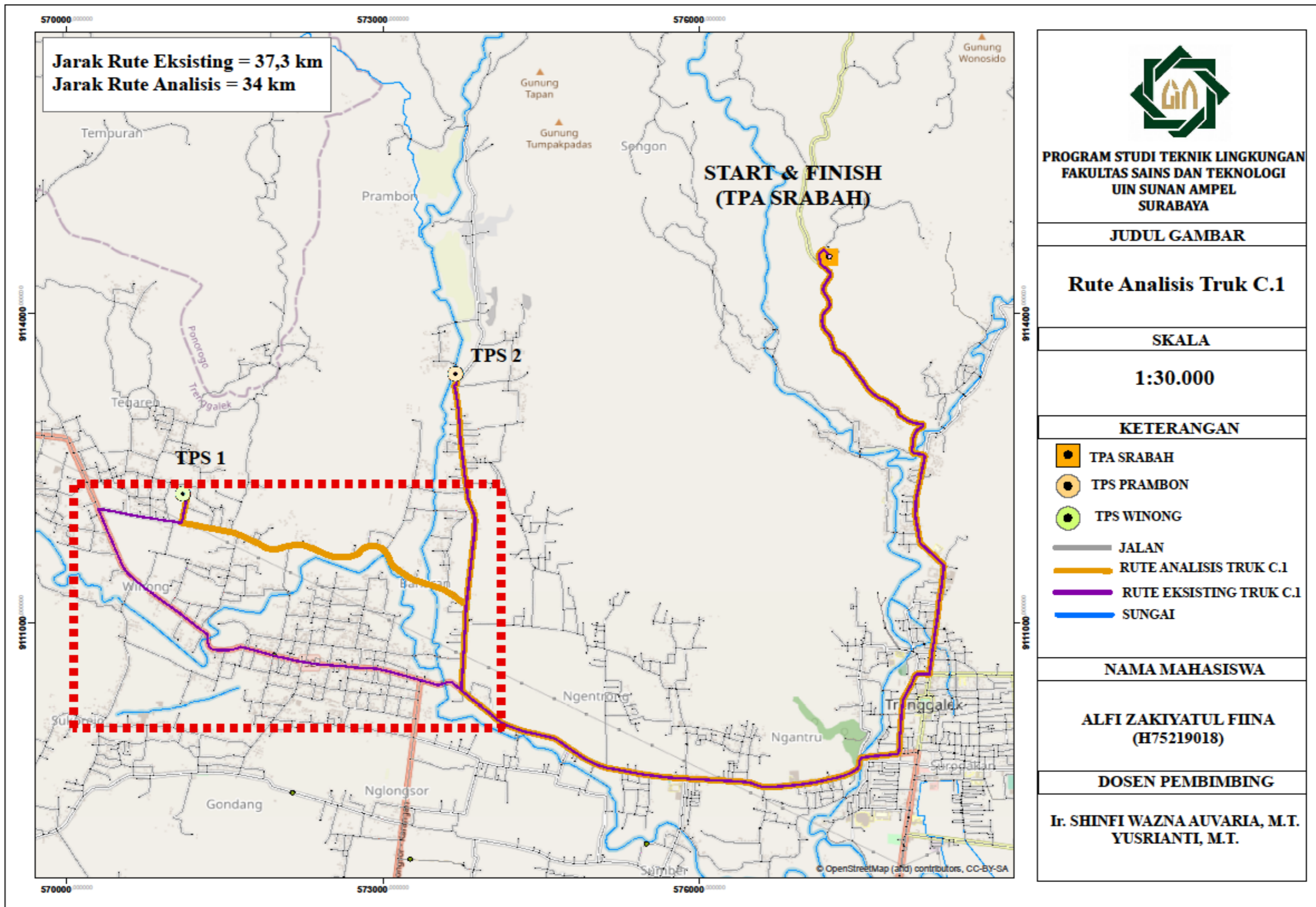
a.) Rute 1

Hasil analisis rute pertama (1) pada truk C berdasarkan sistem informasi geografi ialah membentuk rute pengangkutan sampah yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Winong ke TPS Prambon dan kembali ke TPA Srabah. Adapun waktu loading yang diperlukan di TPS Winong ialah 20 menit dan TPS Prambon ialah 40 menit. Hasil analisis jaringan rute diperoleh waktu pergerakan truk ialah 72 menit. Sehingga waktu keseluruhan yang dibutuhkan oleh truk C rute 1 ialah 2 jam 12 menit. Adapun jarak tempuh setelah analisis jaringan didapat 34 kilometer, yang mana pada kondisi eksisting jarak tempuh yang diperlukan ialah 37,3 km. Dari hasil analisis jaringan terdapat penghematan waktu sebanyak 11 menit dan jarak sebesar 3,3 km. Berikut tabel dan gambar perbandingan rute eksisting dengan rute hasil analisis rute 1 truk C pada **Tabel 4.14** serta **Gambar 4.19**.

Tabel 4. 14 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk C Rute 1

Rute Eksisting	Rute Analisis	Jarak Eksisting	Jarak Analisis	Waktu Eksisting	Waktu Analisis
TPA Srabah – TPS Winong – TPS Prambon	TPA Srabah – TPS Winong – TPS Prambon	37,3 km	34 km	83 menit	72 menit

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



Gambar 4. 19 Rute Eksisting dan Analisis Truk C.1
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

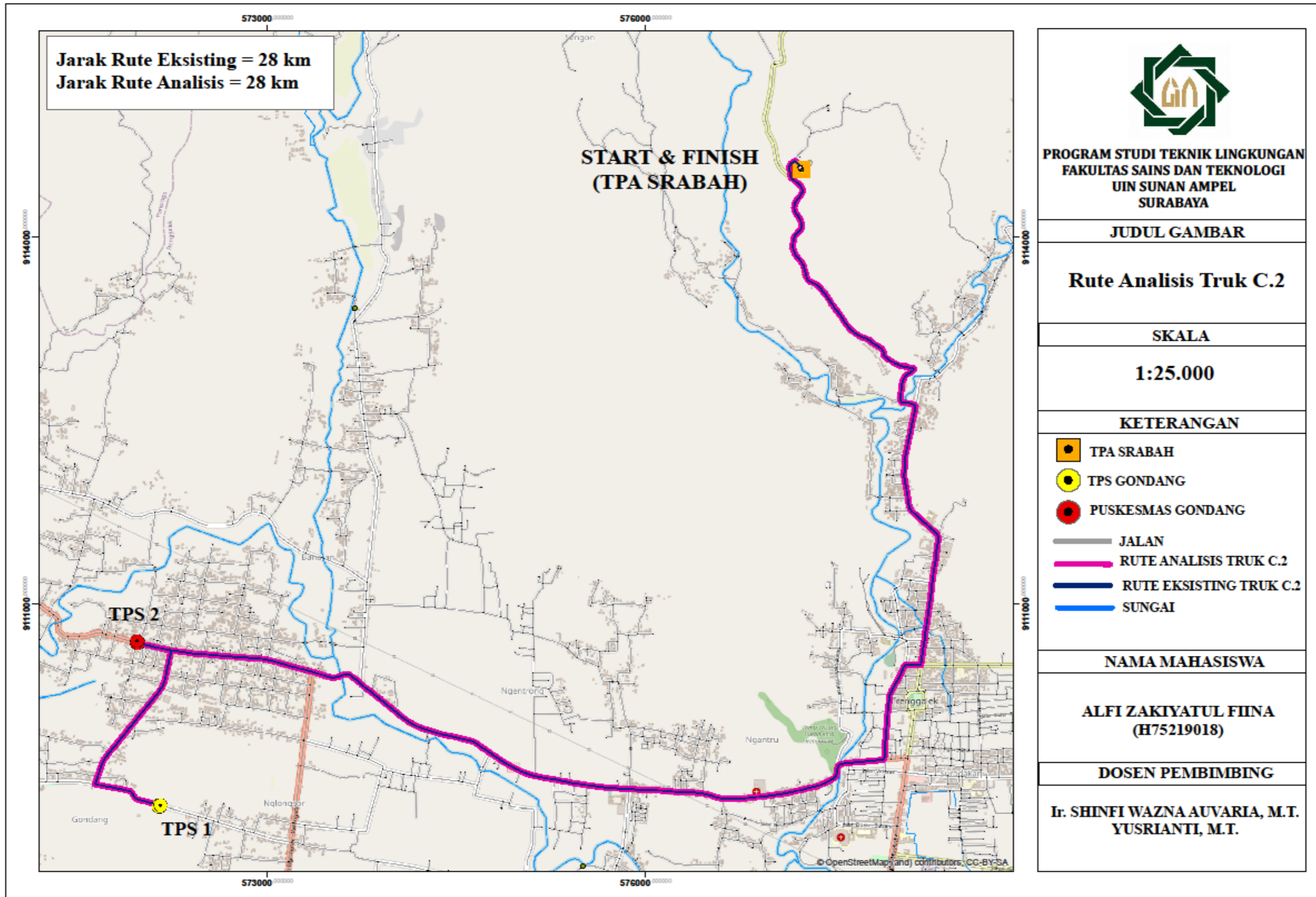
b.) Rute 2

Hasil analisis rute kedua (2) pada truk C berdasarkan sistem informasi geografi ialah membentuk rute pengangkutan sampah yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Gondang ke TPS Puskesmas Gondang dan kembali ke TPA Srabah. Adapun waktu loading yang diperlukan di TPS Gondang ialah 45 menit dan TPS Puskesmas Gondang ialah 15 menit. Hasil analisis jaringan rute diperoleh waktu pergerakan truk ialah 60 menit. Sehingga waktu keseluruhan yang dibutuhkan oleh truk C rute 2 ialah 2 jam. Adapun jarak tempuh setelah analisis jaringan didapat 28 kilometer, yang mana pada kondisi eksisting jarak tempuh yang diperlukan ialah 28 km. Dari hasil analisis jaringan tidak terdapat penghematan waktu dan jarak, dikarenakan hasil analisis jaringan dan kondisi eksisting sama. Berikut tabel dan gambar perbandingan rute eksisting dengan rute hasil analisis rute 2 truk C pada **Tabel 4.15** serta **Gambar 4.20**.

Tabel 4. 15 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk C Rute 2

Rute Eksisting	Rute Analisis	Jarak Eksisting	Jarak Analisis	Waktu Eksisting	Waktu Analisis
TPA Srabah – TPS Puskesmas Gondang – TPS Gondang	TPA Srabah – TPS Gondang – TPS Puskesmas Gondang	28 km	28 km	60 menit	60 menit

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



Gambar 4. 20 Rute Eksisting dan Analisis Truk C.2
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

c.) Rute 3

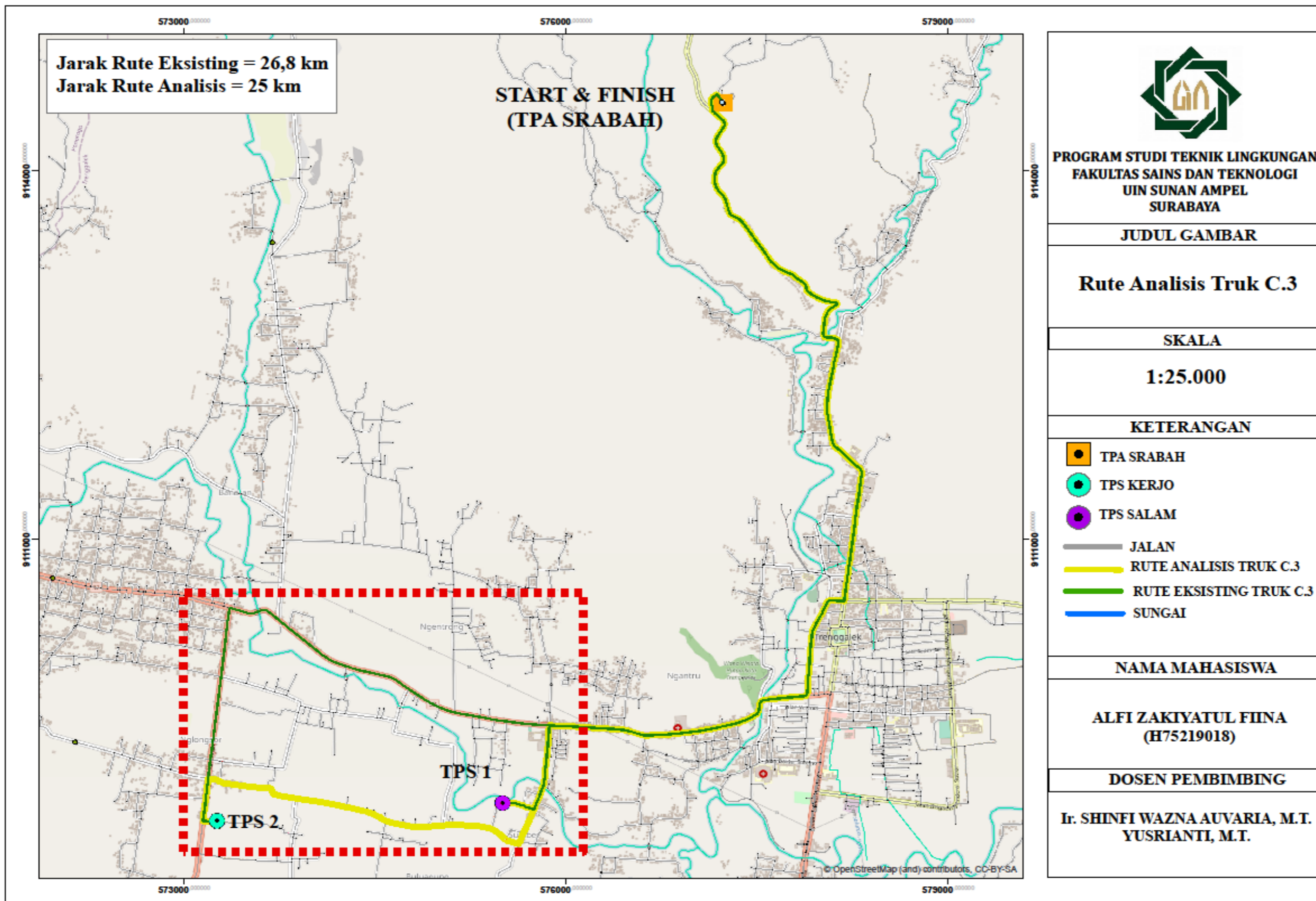
Hasil analisis rute ketiga (3) pada truk C berdasarkan sistem informasi geografi ialah membentuk rute pengangkutan sampah yang dimulai dari TPA Srabah ke TPS Kerjo ke TPS Salam dan kembali ke TPA Srabah. Adapun waktu *loading* yang diperlukan di TPS Kerjo ialah 45 menit dan TPS Salam ialah 30 menit. Hasil analisis jaringan rute diperoleh waktu pergerakan truk ialah 53 menit. Sehingga waktu keseluruhan yang dibutuhkan oleh truk C rute 3 ialah 2 jam 8 menit. Adapun jarak tempuh setelah analisis jaringan didapat 25 kilometer, yang mana pada kondisi eksisting jarak tempuh yang diperlukan ialah 26,8 km. Dari hasil analisis jaringan terdapat penghematan waktu sebanyak 4 menit dan jarak sebesar 1,8 km. Berikut tabel dan gambar perbandingan rute eksisting dengan rute hasil analisis rute 3 truk C pada **Tabel 4.16** serta **Gambar 4.21**.

Tabel 4. 16 Perbandingan Rute Eksisting dan Analisis Truk C Rute 3

Rute Eksisting	Rute Analisis	Jarak Eksisting	Jarak Analisis	Waktu Eksisting	Waktu Analisis
TPA Srabah – TPS Salam – TPS Kerjo	TPA Srabah – TPS Kerjo – TPS Salam	26,8 km	25 km	57 menit	53 menit

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 4. 21 Rute Eksisting Truk C.3
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

4.3 Perbandingan Efisiensi Rute Eksisting dan Perencanaan

4.3.1 Perbandingan Jarak dan Waktu

Optimalisasi rute pengangkutan sampah berbasis sistem informasi geografi yang menghitung jarak awal dari TPA hingga antar TPS menghasilkan perbandingan pada **Tabel 4.17**. Adapun penggunaan sistem informasi geografi dengan memanfaatkan fitur analisis jaringan (*network analyst*) menunjukkan bahwasannya penggunaan teknologi SIG dapat digunakan untuk optimalisasi perencanaan rute, sehingga jarak dan waktu pengangkutan dapat diminimalisir.

Tabel 4. 17 Perbandingan Jarak dan Waktu Tempuh Truk

No.	Rute	Total Jarak Tempuh (KM)		Total Waktu Tempuh (Menit)	
		Eksisting	Analisis	Eksisting	Analisis
A.	Truk A				
1.	A.1	38,2	36	93	85
2.	A.2	19,3	17,4	47	42
3.	A.3	32	32	78	78
SUB TOTAL		89,5	85,4	218	205
B.	Truk B				
1.	B.1	23,4	21	50	45
2.	B.2	23,9	21	50	43
3.	B.3	25	25	53	53
SUB TOTAL		72,3	67	153	141
C.	Truk C				
1.	C.1	37,3	34	83	72
2.	C.2	28	28	60	60
3.	C.3	26,8	25	57	53
SUB TOTAL		92,1	87	200	185
TOTAL		253,9	239,4	571	531
SELISIH		14,5		40	

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

4.3.2 Perbandingan Biaya Bahan Bakar

A. Rekapitulasi Jumlah Jarak Tempuh 1 Bulan

Adapun jadwal kegiatan pelayanan pengangkutan sampah di TPA Srabah di lakukan setiap hari. Sehingga, rumus perhitungan

jarak tempuh pelayanan pengangkutan sampah dalam satu bulan ialah sebagaimana berikut :

$$\text{Sbulan} = \text{Struk} \times \text{HK}$$

Sbulan = Jarak tempuh satu bulan

Struk = Jarak truk yang ditempuh/hari

HK = Hari Kerja (Asumsi 30 hari)

Contoh perhitungan :

Diketahui : Struk = 38,2 km/hari

Ditanya : Sbulan ?

Jawab :

$$\text{Sbulan} = \text{Struk} \times \text{HK}$$

$$\text{Sbulan} = 38,2 \text{ km/hari} \times 30 \text{ hari}$$

$$\text{Sbulan} = 1146 \text{ km}$$

Berikut Hasil rekapitulasi perhitungan jumlah jarak yang ditempuh dalam satu bulan pada **Tabel 4.18**.

Tabel 4. 18 Perbandingan Jarak Tempuh dalam 1 Bulan

No.	Rute	Total Jarak Tempuh dalam 1 Bulan (KM)	
		Eksisting	Analisis
A.	Truk A		
1.	A.1	1146	1080
2.	A.2	579	522
3.	A.3	960	960
SUB TOTAL		2685	2562
B.	Truk B		
1.	B.1	702	630
2.	B.2	717	630
3.	B.3	750	750
SUB TOTAL		2169	2010
C.	Truk C		
1.	C.1	1119	1020
2.	C.2	840	840
3.	C.3	804	750
SUB TOTAL		2763	2610
TOTAL		7617	7182
SELISIH		435	

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

B. Perhitungan Kebutuhan dan Biaya Bahan Bakar dalam 1 Bulan

Adapun jenis bahan bakar minyak (BBM) yang digunakan oleh *dump truck* sampah di TPA Srabah Kabupaten Trenggalek adalah jenis bio solar. Berdasarkan keterangan spesifikasi pada truk, penggunaan biosolar untuk dump truk 6 roda dengan muatan 4 ton ialah 1 liter untuk jarak tempuh 7- 8 km. Dalam penelitian ini mengasumsikan dalam 1 liter biosolar dapat menempuh jarak 8 km. Berikut rumus perhitungan kebutuhan bahan bakar untuk 1 bulan :

$$\text{BBM/bulan} = \text{Sbulan} / 8$$

BBM/ bulan : Pemakaian BBM dalam 1 bulan

Sbulan : Jarak dalam satu bulan

Contoh Perhitungan

Diketahui : Sbulan : 1146 km

Ditanyakan : BBM bulan?

Jawab :

$$\text{BBM/bulan} = \text{Sbulan} / 8$$

$$\text{BBM/bulan} = 1146 / 8$$

$$\text{BBM/bulan} = 143,25 \text{ liter/bulan}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan jumlah BBM yang digunakan dalam 1 bulan pada **Tabel 4.19**.

Tabel 4. 19 Perbandingan Kebutuhan BBM dalam 1 Bulan

No.	Rute	Kebutuhan BBM dalam 1 Bulan (Liter)	
		Eksisting	Analisis
A.	Truk A		
1.	A.1	143,25	135
2.	A.2	72,375	65,25
3.	A.3	120	120
SUB TOTAL		335,625	320,25
B.	Truk B		
1.	B.1	87,75	78,75
2.	B.2	89,625	78,75
3.	B.3	93,75	93,75
SUB TOTAL		271,125	251,25
C.	Truk C		

No.	Rute	Kebutuhan BBM dalam 1 Bulan (Liter)	
		Eksisting	Analisis
1.	C.1	139,875	127,5
2.	C.2	105	105
3.	C.3	100,5	93,75
SUB TOTAL		345,375	326,25
TOTAL		952,125	897,75
SELISIH		54,375	

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Berdasarkan waktu eksisting dan update harga BBM jenis Biosolar terbaru ialah Rp 6.800,- per liter, sehingga rumus yang digunakan untuk mengetahui biaya BBM yang dikeluarkan untuk pelayanan pengangkutan sampah dalam 1 bulan ialah sebagaimana berikut :

$$\text{Biaya/bulan} = \text{BBM/bulan} \times \text{Hbiosolar}$$

Biaya/bulan : Biaya BBM dalam 1 bulan

BBM/bulan : Pemakaian BBM dalam 1 bulan

Hbiosolar : Rp 6.800,-

Contoh perhitungan :

Diketahui : BBM/bulan : 143,25 Liter/bulan

Ditanyakan : Biaya/bulan?

Jawab :

$$\text{Biaya/bulan} = \text{BBM/bulan} \times \text{Hbiosolar}$$

$$\text{Biaya/bulan} = 143,25 \text{ liter/bulan} \times \text{Rp } 6.800,-$$

$$\text{Biaya/bulan} = \text{Rp } 974.100,-$$

Hasil dari perhitungan biaya penggunaan BBM jenis biosolar dalam 1 bulan sebagaimana **Tabel 4.20**.

Tabel 4. 20 Perhitungan Biaya BBM dalam 1 Bulan

No.	Rute	Biaya BBM dalam 1 Bulan	
		Eksisting	Analisis
A	Truk A		
1	A.1	Rp974.100	Rp918.000
2	A.2	Rp492.150	Rp443.700
3	A.3	Rp816.000	Rp816.000
SUB TOTAL		Rp2.282.250	Rp2.177.700
B	Truk B		

No.	Rute	Biaya BBM dalam 1 Bulan	
		Eksisting	Analisis
1	B.1	Rp596.700	Rp535.500
2	B.2	Rp609.450	Rp535.500
3	B.3	Rp637.500	Rp637.500
SUB TOTAL		Rp1.843.650	Rp1.708.500
C	Truk C		
1	C.1	Rp951.150	Rp867.000
2	C.2	Rp714.000	Rp714.000
3	C.3	Rp683.400	Rp637.500
SUB TOTAL		Rp2.348.550	Rp2.218.500
TOTAL		Rp6.474.450	Rp6.104.700
SELISIH		Rp369.750	

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Hasil dari analisis jaringan rute menggunakan sistem informasi geografi untuk mencari efisiensi rute pengangkutan sampah di TPA Srabah Kabupaten Trenggalek menunjukkan bahwasannya terdapat pengurangan jarak yang ditempuh. Adapun berdasarkan analisis jaringan dari jumlah total jarak dan waktu *dump truck* pengangkut sampah yang telah diteliti terdapat perbedaan antara jarak dan waktu eksisting. Pada kondisi eksisting jumlah jarak yang ditempuh untuk melayani pengangkutan sampah ialah 253,9 km/hari, sedangkan hasil analisis jaringan pada SIG diperoleh jarak total sebesar 239,4 km/hari. Sehingga menunjukkan terdapat efisiensi jarak dari analisis jaringan SIG yakni sebesar 14,5 km/hari. Adanya permodelan ulang terhadap jarak dan waktu tempuh pada pengangkutan sampah menghasilkan rute optimal yang cenderung lebih singkat jika dibandingkan model rute awal (eksisting) yang semula belum optimal. Hal tersebut selaras dengan penelitian Haratua, S dan Byna Kameswara (2021) bahwasannya dalam proses optimalisasi pengangkutan sampah diperlukan adanya pengurangan jarak tempuh pada pengangkutan sampah.

Untuk hasil analisis total waktu tempuh eksisting dan analisis jaringan SIG juga menunjukkan perbedaan diantara keduanya, yaitu pada kondisi eksisting memerlukan waktu 571 menit, sedangkan hasil dari analisis jaringan SIG menghasilkan penghematan waktu sebesar 531 menit. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwasannya analisis jaringan SIG memberikan efisiensi waktu sebesar 40 menit.

Adapun berdasarkan konsumsi penggunaan bahan bakar biosolar yang digunakan berdasarkan perhitungan pada **Tabel 4.20** menunjukkan penghematan konsumsi bahan bakar biosolar sebesar 54,4 liter. Hal ini juga mempengaruhi pada penghematan biaya bahan bakar yang dikeluarkan yakni sebesar Rp 369.750,- per bulan atau menghemat sebesar 6% dari total biaya bahan bakar pada kondisi eksisting. Berdasarkan penelitian Apriyanti dkk (2018) menunjukkan bahwasannya analisis jaringan jalan (*network analyst*) menggunakan system informasi geografi dapat diketahui rute efektif dan terpendek, sehingga dapat meminimalisir pengeluaran biaya bahan bakar dari truk pengangkutan sampah.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis jaringan menggunakan SIG menunjukkan bahwasannya optimalisasi rute pengangkutan sampah dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) dapat dijadikan alternatif dan rekomendasi untuk optimalisasi perencanaan rute pengangkutan sampah di TPA Srabah Kabupaten Trenggalek.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah ialah sebagaimana berikut :

1. Sarana pengangkut sampah yang digunakan di TPA Srabah ialah *Dump Truck* dan *Armroll Truck*. Adapun jumlah masing – masing dari sarana pengangkut sampah ialah 8 unit *Dump Truck* dengan kapasitas 14 m³ dan 6 unit *Armroll Truck* dengan kapasitas 6m³. Mekanisme sistem pengangkutan sampah yang digunakan di TPA Srabah ialah sistem HCS (*Hauled Container System*) dengan menggunakan unit sarana pengangkutan *Armroll Truck* dan SCS (*Stationary Container System*) dengan menggunakan unit pengangkutan *Dump Truck*.
2. Optimalisasi rute pengangkutan sampah berbasis sistem informasi geografi dapat dilakukan dengan menggunakan salah satu software SIG yaitu ArcGIS dengan memanfaatkan fitur *Network Analys* (analisis jaringan). Pada analisis jaringan rute menggunakan data koordinat TPA dan TPS sebagai data SHP dan data jarak jalan untuk digunakan sebagai data atribut. Adapun efisiensi rute analisis jaringan tergantung pada jarak dan waktu yang diinput pada data atribut. Hasil dari analisis jaringan menggunakan SIG menghasilkan 6 rute efisien dari 3truk yaitu terdiri dari rute truk A.1 dan A.2, rute truk B.1 dan B.2 serta rute truk C.1 dan C.3. Untuk rute A.3, B.3. dan B.2 terdapat kesamaan rute yang dilewati baik secara eksisting maupun secara analisis jaringan oleh sistem informasi geografi.
3. Adapun efisiensi jarak pengangkutan sampah berbasis sistem informasi geografi (SIG) menghasilkan jarak analisis sebesar 239,4 km/hari atau 7182 km/bulan, sehingga dapat menghemat jarak tempuh sebesar 14,6 km/hari atau 435 km/bulan, yang mana pada kondisi eksisting jarak tempuh yang diperlukan untuk mengangkut sampah sebesar 253,9 km/hari atau 7617 km/bulan. Untuk efisiensi waktu tempuh, hasil analisis jaringan didapatkan penghematan waktu sebesar 40 menit/ hari. Pada biaya penggunaan bahan bakar minyak (BBM) jenis biosolar, berdasarkan hasil

perhitungan dan analisis jaringan didapatkan Rp 6.104.700,-/ bulan yang mana pada kondisi eksisting biaya bahan bakar yang dikeluarkan sebesar Rp 6.474.450/bulan, sehingga terdapat penghematan biaya bahan bakar sebesar Rp 369.750,-/ bulan atau 6% dari biaya bahan bakar eksisting.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini ialah sebagaimana berikut :

1. Diharapkan dengan adanya sistem informasi geografi (SIG) dapat digunakan oleh Dinas PKPLH Kabupaten Trenggalek dalam penentuan rute optimal untuk pelayanan pengangkutan sampah di Kabupaten Trenggalek.
2. Permodelan SIG berikutnya sebaiknya lebih memperhatikan kondisi dan faktor lain yang mendukung dalam keakuratan analisis jaringan, seperti kondisi TPS, kriteria jalan yang dilalui truk, perubahan aturan berkendara dan sebagainya.
3. Penambahan jumlah akomodasi pengangkut sampah untuk meratakan daerah TPS yang jauh dari jangkauan rute pelayanan.
4. Proses pengangkutan sampah di TPS yang berkapasitas banyak salah satunya TPS Tamanan, yang mana masih dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu serta tenaga manusia yang cukup banyak sebaiknya metode pengangkut sampah diganti menggunakan sistem HCS menggunakan kendaraan armroll truck, sehingga dapat menghemat ketika waktu loading sampah di TPS.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, K., Juita, E., & Zuriyani, E. (2021). Analisis Pengelolaan Sampah Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Desa Sido Makmur Kecamatan Sipora Utara. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi*, 6(2), 115–124. <http://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JPIG/>
- Adyad, M. Adib Muhtaram. Optimalisasi Jalur Pengangkutan Sampah Wilayah Kabupaten Bantul Berbasis SIG. Universitas Islam Indonesia. Skripsi
- Banu Çakmak, G., İzzeddin Karabulut, A., İrfan Yeşilnacar, M., Yazici Karabulut, B., Derin, P., & Scholar, C. (2022). Using Network Analysis Optimization of Solid Waste Collection Route: The Example of İskenderun (Hatay) County. *EurAsia Waste Management Symposium*. <https://orcid.org/0000-0001-9724-8688><https://orcid.org/0000-0002-4920-9804>
- Baru, D. N., Poluan, R. J., & Moniaga, I. L. (2019). Evaluasi Sistem Pengelolaan Persampahan di Kota Sorong. *Jurnal Spasial*, 6(2).
- Damanhuri, Enri & Padmi, Tri. (2010). Pengelolaan Sampah Edisi Semester I – 2010/2011. Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Diana, A., Bani, R., Hendriarianti, E., Hardianto,), Prodi,), & Lingkungan, T. (2022). Optimasi Pewadahan Dan Pengangkutan Sampah Di Pasar Karangploso Kabupaten Malang Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). *Jurnal Enviro*.
- Elamin, M., Babiker, A., Khaild, H., & Idris, E. (2020). GIS Based Services Using Network Analysis of Khartoum North. In *International Journal of Innovative Science and Research Technology* (Vol. 5, Issue 7). www.ijisrt.com
- Gelbert, M., Suprihatin, A., & Prihanto, D. (1996). *Konsep Pendidikan Lingkungan Hidup dan "Wall Chart."* PPPGT / VEDC.
- Haratua, S., & Kameswara, B. (2021). Pemodelan rute optimal berbasis SIG terhadap sistem pengangkutan sampah kota Bandung. *Jurnal Geomedia*, 19(2), 122–135. <https://journal.uny.ac.id/index.php/geomedia/index>
- Hayati, Z. H., Hasanuddin, A., & Putra, P. P. (2020). Analisis Rute Ambulan Desa Menuju UGD Berdasarkan Waktu Tempuh Perjalanan Menggunakan SIG di Kabupaten Jember. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 17(2). <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/TerakreditasiSINTAPERINGKAT5>

- Herdiana, E., Somantri, L., & Setiawan, I. (2022). Penggunaan Analisa Jaringan Menggunakan Sistem Informasi Geografis Untuk Perencanaan Rute Menuju Daerah Tujuan Wisata Terasering Panyaweuyan Kabupaten Majalengka di Era New Normal. *Geography Science Education Journal* , 3(02).
- Khoiriyah Himmatul. (2021). Analisis Kesadaran Masyarakat Akan Kesehatan terhadap Upaya Pengelolaan Sampah di Desa Tegorejo Kecamatan Pegandon Kabupaten Kendal. *Indonesian Journal of Conservation*, 10(1), 13–20.
- Lau, B. (2018). *Route Optimization with ArcGIS on Waste Management in Hong Kong*.
- Nagrle, S. D., Khedkar, S., Rangdal, A., & Patil, S. (2018). Route Optimization of Solid Waste by using ArcGIS Application in Pune, India. *International Journal of Science Technology & Engineering* , 4(12). www.ijste.org
- Nurdin, A., Lidiawati, M., Faizatil Khairi, N., Studi Kesehatan Masyarakat, P., Kesehatan Masyarakat, F., Abulyatama, U., Blang Bintang Lama Km, J., Keude Aceh, L., & Kedokteran, F. (2020). Pengaruh Sampah Organik, Anorganik dan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) terhadap Kesehatan pada Pekerja di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Gampong Jawa Kota Banda Aceh. *Jurnal Aceh Medika*, 4(3), 113–121. <http://jurnal.abulyatama.ac.id/acehmedika>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03/Prt/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah sejenis Rumah Tangga
- Prahasta, E. (2009). *Sistem Informasi Geografis Konsep – Konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Bandung. Informatika
- Prameshwori, T., J, Wangshimenla., Surjit, L., & Ramananda, L. (2021). GIS Based Route Network Analysis for Tourist Places : A Case Study Of Greater Imphal. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 233–238. <https://doi.org/10.32628/ijrsrset218229>
- Pratama, Albiyan P., Frans, John H., & Utomo, Sudiyo,. (2019). Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Berbasis Sistem Informasi Geografis di Kupang. *Jurnal Teknik Sipil*. 8(1)
- Pratiwi, Y., Sukmawati, P. D., & Andriana, D. R. (2021). Penggunaan SIG Untuk Optimasi Pola Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah Dari Tempat Pembuangan Sementara(TPS) ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 14(1).

- Priambodo, B., Setiyo Huboyo, H., & Sumiyati, S. (2020). Optimization of Waste Transportation Systems in Semarang Selatan District. *Inkalindo Environmental Journal (IEJ)*, 1(2), 122–134.
- Purwanto, Taufik Hery,. (2018). Analisis Jaringan 3 - Dimensi Untuk Penentuan Rute Evakuasi Di Gedung Bertingkat. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan*. 2(2).
- Putra, A. H., Amalia, A., Putro, R. K. H., & Darmayani, L. F. (2020). Waste Transportation Route Optimization in Malang using Network Analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 506(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/506/1/012033>
- Putra, I. A., Yuniasih, B., & Mawandha, G. (2021). Aplikasi Sistem Informasi Geografis Terhadap Manajemen Transportasi Dari TPH ke PKS. *Journal Agroista*, 5(2).
- Rahardjo, Slamet. (2009) Perbaikan Pengelolaan Sampah di Indonesia
- Santoso, J. T. (2021). *Geographic Information System G I S Sistem Informasi Geografis* (M. Sholikan, Ed.). Yayasan Prima Agus Teknik.
- Setyawan, D., Laila Nugraha, A., & Sudarsono, B. (2018). Analisis Potensi Desa Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Kelurahan Sumurboto, Kecamatan Banyumanik, Kabupaten Semarang). In *Jurnal Geodesi Undip Oktober* (Vol. 7, Issue 4).
- Singh, M., & Gupta, A. (2022). *A GIS-Based Transportation Route Optimization For Solid Waste Management: Study On Ward95 Kanpur*. *International Research Journal of Engineering and Technology*. www.irjet.net
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. (2022)
- SNI 03-3242-1994 tentang Tata Cara Pengelolaan Sampah Pemukiman
- SNI 19-2454-2002 tentang Tata Cara Teknik Operasional Sampah Perkotaan
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook Of Solid Waste Management*.
- Tchobanoglous, G, Theisen, H, Vigil, S., (1993). *Integrated Solid Waste Management*. Singapore: Mc Graw-Hill Book Co
- Undang-undang Republik Indonesia Tahun 2008 Nomer 18 tentang pengelolaan sampah
- Wulan. (2002). *Methodology for Selection of Framework Data : Case Study for NSDI in China*. *Enschede: Thesis Degree of Master of Science in*

GeoInformation Management, International Institute fo GeoInformation and Earth Observation (ITC)

Wahyudin, & Erlan Siswandi. (2021). Pemetaan dan Analisis Tempat Penampungan Sampah Sementara Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Kecamatan Mataram, Kota Mataram. *Jurnal Serambi Engineering*. 4(4)

Zamzami, M. E., Nuril Ilmi, K., Tahrirah, T., Ahmad Zarnuzi, Y., Citra Suci, Y., Ragil Rahmawati, D., Kusumawardhani, R., Mahendra Dwi, D. P., Azizir Rohmawati, R., Aji Bhagaskoro, P., & Fuatjia Nasifa, I. (2018). Analisis Pengelolaan Sampah Pada Masyarakat Desa Disanah Kecamatan Sreseh Kabupaten Sampang *Analysis Of Waste Management In The Village Of Disanah, District Of Sreseh Sampang, Madura*.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A