

**ANALISIS SPASIAL DAN TEMPORAL KEMACETAN PADA JALUR-JALUR  
TRUK PENGANGKUT SAMPAH DI KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN GIS**

**MUHAMMAD GUNTUR  
D131201016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

**ANALISIS SPASIAL DAN TEMPORAL KEMACETAN PADA JALUR-JALUR  
KEMACETAN TRUK PENGANGKUT SAMPAH DI KOTA MAKASSAR  
MENGUNAKAN GIS**

MUHAMMAD GUNTUR

D131201016

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Lingkungan

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

## SKRIPSI

# ANALISIS SPASIAL DAN TEMPORAL KEMACETAN PADA JALUR-JALUR KEMACETAN TRUK PENGANGKUT SAMPAH DI KOTA MAKASSAR MENGUNAKAN GIS

**MUHAMMAD GUNTUR**  
**D131201016**

Skripsi,

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada 19 November 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan  
pada



Departemen Teknik  
Lingkungan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,



Dr. Eng. Ir. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng.  
NIP. 197512142015041001

Mengetahui:

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER  
NIP. 197204242000122001

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul **“Analisis Spasial dan Temporal Kemacetan pada Jalur – Jalur Truk Pengangkut Sampah di Kota Makassar Menggunakan GIS”** adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr. Eng. Ir. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M. Eng.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, September 2024



Muhammad Guntur  
NIM D131201016

## UCAPAN TERIMA KASIH

Maha Besar Allah Subhanahu Wata'ala dengan segala keagungan dan kekuasaannya yang telah memberikan kesehatan dan kesempatan hingga pada hari ini, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Analisis Spasial dan Temporal Kemacetan pada Jalur-Jalur Truk Pengangkut Sampah di Kota Makassar Menggunakan GIS". Sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW., yang telah membawa umat manusia dari alam kegelapan ke masa yang cerah seperti saat sekarang ini.

Penelitian yang penulis lakukan dapat terlaksana dengan sukses serta dapat terampungkan dalam bentuk tugas akhir ini atas bimbingan, diskusi, dan arahan dari Bapak Dr. Eng. Ir. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak/Ibu dosen serta karyawan dan staf Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak pengetahuan kepada penulis selama bangku perkuliahan.

Teruntuk teman-teman Lingkungan 2020 serta ENTITAS 2021, penulis berterima kasih atas segala cerita dan pengalaman yang kalian berikan kepada penulis selama menjalani dinamika perkuliahan. Terima kasih kepada **Dina Amalia Ahmad, S.T.** yang selalu memberikan dukungan, semangat, doa serta menjadi pendengar yang baik untuk penulis dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian.

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada keluarga tercinta, Ayahanda **Rajamuddin**, Ibunda **Resnawati**, serta adik **Muhammad Idris**, orang-orang hebat yang menjadi penyemangat penulis serta sandaran terkuat dari kerasnya dunia, yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta dan selalu memberikan motivasi, terima kasih selalu berjuang untuk kehidupan penulis, terima kasih atas doa dan dukungan sehingga saya berada di titik ini. Dengan tulus dan penuh rasa syukur mengucapkan terima kasih kepada kalian yang senantiasa memberikan perhatian, kasih sayang, doa, bimbingan, dan dukungan yang tiada hentinya.

Penulis,  
Muhammad Guntur

## ABSTRAK

MUHAMMAD GUNTUR. **Analisis spasial dan temporal kemacetan pada jalur-jalur truk pengangkut sampah di Kota Makassar menggunakan GIS** (dibimbing oleh Ibrahim Djamaluddin).

**Latar Belakang.** Makassar adalah salah satu kota terpadat di Indonesia, sehingga kemacetan lalu lintas menjadi masalah yang belum terselesaikan dan berdampak negatif terhadap lingkungan, seperti meningkatkan polusi udara dan emisi gas rumah kaca. Sistem pengangkutan sampah yang kurang tepat waktu memperburuk kondisi lalu lintas dan lingkungan. **Tujuan.** Penelitian ini menganalisis jalur pengangkutan sampah, titik dan waktu kemacetan menggunakan Google Maps, serta potensi jalur alternatif dan hubungan jalur truk dengan tata guna lahan. **Metode.** Data kemacetan diperoleh dari Google Maps, sementara Google Earth dan ArcGIS digunakan untuk memetakan jalur truk sampah dan segmen rute. Berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Makassar, dilakukan pemantauan kemacetan di tiap rute, penentuan rute alternatif, dan analisis kaitan titik kemacetan dengan tata guna lahan. **Hasil.** Dari data yang diperoleh, Rute 1 sangat rentan kemacetan dengan waktu bebas macet antara pukul 23.00–06.00 WITA; Rute 2 sebagian besar bebas kemacetan, kecuali pukul 15.00–21.00 WITA; dan Rute 3 rentan macet dengan waktu bebas macet sama seperti Rute 1. Rekomendasi waktu pengangkutan sampah adalah pukul 23.00–06.00 WITA. **Kesimpulan.** Adapun hasil dari analisis yaitu rekomendasi waktu pengangkutan truk sampah yaitu pada rentang waktu 23.00-06.00 WITA. Dari hasil analisis rute alternatif tidak ada rekomendasi rute yang disarankan, dan mengacu pada hasil analisis titik kemacetan terhadap tata guna lahan yaitu 87,5% berada di daerah permukiman dan 12,5% berada di RTH.

Kata Kunci: Rute truk sampah, kemacetan, tata guna lahan

## ABSTRACT

MUHAMMAD GUNTUR. *Spatial and temporal analysis of congestion on truck routes carrying waste in Makassar City using GIS* (Supervised by Ibrahim Djamaluddin)

**Background.** Makassar is one of the most densely populated cities in Indonesia, leading to unresolved traffic congestion issues that negatively impact the environment by increasing air pollution and greenhouse gas emissions. Inefficient waste collection schedules worsen traffic and environmental conditions. **Aim.** This study analyzes waste collection routes, identifies congestion points and times using Google Maps, and examines alternative routes and the relationship between truck routes and land use. **Method.** Traffic congestion data was obtained from Google Maps, while Google Earth and ArcGIS were used to map waste truck routes and segment the routes. Based on data from the Environmental Agency of Makassar, congestion points along each route were monitored, alternative routes were evaluated, and congestion points were analyzed in relation to land use. **Results.** The findings show that Route 1 is highly congested, with free-flow periods between 11:00 PM and 6:00 AM WITA; Route 2 is mostly congestion-free except between 3:00 PM and 9:00 PM WITA; and Route 3 is also highly congested, with free-flow times similar to Route 1. The recommended waste collection time is between 11:00 PM and 6:00 AM WITA. **Conclusion.** The analysis recommends waste collection during 11:00 PM to 6:00 AM WITA. No alternative routes are suggested, and congestion points analysis indicates that 87.5% of congestion occurs in residential areas, while 12.5% is in green open spaces (RTH).

Keywords: Garbage truck routes, traffic jams, land use

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGANTAR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan .....	3
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan .....	3
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan.....	3
1.6 Teori .....	4
1.6.1 Kemacetan.....	4
1.6.2 Hambatan Samping .....	4
1.6.3 Kapasitas dasar .....	6
1.6.4 Definisi sampah .....	6
1.6.5 Pengangkutan sampah.....	7
1.6.6 GIS.....	14
1.6.7 Analisis Tata Guna Lahan .....	18
1.6.8 Penelitian Terdahulu .....	18
BAB II METODE PENELITIAN .....	20
2.1 Tahap Penelitian.....	20
2.2 Lokasi Penelitian .....	21
2.3 Benda Uji dan Alat.....	21
2.4 Variabel Penelitian .....	22
2.4.1 Variabel Bebas .....	22
2.4.2 Variabel Terikat.....	22
2.4.3 Variabel Kontrol .....	23
2.5 Metode Pengumpulan Data .....	23
BAB III Hasil dan pembahasan .....	25
3.1 Rute Pengangkutan Sampah .....	25
3.1.1 Analisis rute .....	25
3.1.2 Analisis titik-titik dan waktu kemacetan .....	27

3.1.3 Pembagian segmen .....	64
3.1.4 Hasil analisis titik-titik dan waktu kemacetan.....	65
3.1.5 Data aktual titik-titik kemacetan .....	70
3.2 Analisis Rekomendasi Rute Alternatif .....	71
3.3 Analisis Tata Guna Lahan Titik-Titik Kemacetan .....	73
BAB Iv KESIMPULAN DAN SARAN .....	75
4.1 Kesimpulan.....	75
4.2 Saran .....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76
LAMPIRAN .....	78

**DAFTAR TABEL**

Nomor urut	Halaman
1. Kelas hambatan samping .....	5
2. Jenis hambatan samping jalan .....	5
3. Kapasitas Dasar (Co) Jalan Perkotaan (MKJI 1997) .....	6
4. Penelitian Terdahulu .....	18
5. Analisis rute alternatif rute 1 .....	71
6. Analisis rute alternatif rute 2 .....	71
7. Analisis rute alternatif rute 3 .....	72

## DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
Gambar 1. Pola sistem kontainer angkat (HCS).....	8
Gambar 2. Pola pengangkutan SCS mekanis .....	8
Gambar 3. Pola pengangkutan SCS manual.....	9
Gambar 4. Pola pengangkutan <i>door to door</i> .....	9
Gambar 5. Pola pengangkutan transfer depo.....	10
Gambar 6. Pola pengangkutan kontainer cara 1 .....	10
Gambar 7. Pola pengangkutan kontainer cara 2 .....	11
Gambar 8. Pola pengangkutan kontainer cara 3 .....	12
Gambar 9. Pola pengangkutan sistem kontainer tetap.....	12
Gambar 10. Kendaraan pengangkut sampah.....	14
Gambar 11. Jenis-jenis data SIG .....	17
Gambar 12. Tahap penelitian .....	20
Gambar 13. Lokasi penelitian .....	21
Gambar 14. Laptop .....	21
Gambar 15. <i>Google Maps</i> .....	22
Gambar 16. Google Earth Pro .....	22
Gambar 17. Handphone.....	22
Gambar 18. Metode pengumpulan data .....	24
Gambar 19. Rute 1.....	25
Gambar 20. Rute 2.....	26
Gambar 21. Rute 3.....	27
Gambar 22. Pengambilan data titik-titik kemacetan jalur 1 hari ke – 1 .....	31
Gambar 23. Pengambilan data titik-titik kemacetan jalur 1 hari ke – 2 .....	35
Gambar 24. Pengambilan data titik-titik kemacetan jalur 1 hari ke – 3 .....	39
Gambar 25. Pengambilan data titik-titik kemacetan jalur 2 hari ke – 1 .....	43
Gambar 26. Pengambilan data titik-titik kemacetan jalur 2 hari ke – 2 .....	47
Gambar 27. Pengambilan data titik-titik kemacetan jalur 2 hari ke – 3 .....	51
Gambar 28. Pengambilan data titik-titik kemacetan jalur 3 hari ke – 1 .....	55
Gambar 29. Pengambilan data titik-titik kemacetan jalur 3 hari ke – 2 .....	59
Gambar 30. Pengambilan data titik-titik kemacetan jalur 3 hari ke – 3 .....	63
Gambar 31. Segmen rute 1 .....	64
Gambar 32. Segmen rute 2 .....	64
Gambar 33. Segmen rute 3 .....	65
Gambar 34. Matriks rute 1 hari ke – 1 .....	66
Gambar 35. Matriks rute 1 hari ke – 2 .....	66
Gambar 36. Matriks rute 1 hari ke – 3 .....	66
Gambar 37. Matriks rute 2 hari ke – 1 .....	67
Gambar 38. Matriks rute 2 hari ke – 2 .....	67
Gambar 39. Matriks rute 2 hari ke – 3 .....	67
Gambar 40. Matriks rute 3 hari ke – 1 .....	68
Gambar 41. Matriks Rute 3 Hari ke – 2 .....	68
Gambar 42. Matriks Rute 3 Hari ke – 3 .....	68
Gambar 43. Hasil Matriks Rute 1 .....	69
Gambar 44. Hasil Matriks Rute 2 .....	69
Gambar 45. Hasil Matriks Rute 3 .....	69

Gambar 46. Data aktual titik-titik kemacetan .....	70
Gambar 47. Analisis Tata Guna Lahan Kemacetan Rute 1 .....	73
Gambar 48. Gambar 47. Analisis Tata Guna Lahan Kemacetan Rute 2 .....	74
Gambar 49. Gambar 47. Analisis Tata Guna Lahan Kemacetan Rute 3 .....	74

**DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL**

---

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GUI	<i>Graphical user interface</i>

---

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor urut	Halaman
1. Dokumentasi lokasi TPS .....	79
2. Surat Rekomendasi Penelitian dari PTST Provinsi Sulawesi Selatan.....	80
3. Surat Rekomendasi Penelitian dari PTST Kota Makassar .....	82

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemacetan menjadi fenomena di kota-kota besar yang dipicu oleh meningkatnya jumlah penduduk itu sendiri dan meningkatnya tuntutan kehidupan masyarakat yang mengakibatkan meningkatnya volume dan frekuensi kegiatan penduduk. Akibat yang ditimbulkan pada aspek keruangan yang sangat jelas yaitu meningkatnya tuntutan akan ruang untuk mengakomodasikan sarana atau struktur fisik yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan-kegiatan tersebut. Persoalan yang dihadapi pemerintah kota di mana-mana sama, yaitu terbatasnya persediaan ruang yang dapat dimanfaatkan untuk mengakomodasikan prasarana-prasarana kegiatan baru. Ini akan menjadi tantangan karena peningkatan tuntutan ini justru dibarengi dengan menurunnya kapasitas finansial pemerintah dalam menyediakan sarana atau struktur fisik tersebut termasuk di Kota Makassar. (Maryam, 2021)

Makassar selain sebagai ibukota Provinsi Sulawesi Selatan juga menjadi pusat pergerakan ekonomi di Kawasan Timur Indonesia (KTI), perkembangan ekonomi yang begitu cepat tentu merupakan hal yang baik tetapi juga harus ditunjang dengan fasilitas perkotaan yang memadai. Jika pertumbuhan ekonomi yang pesat tidak diiringi dengan pertumbuhan fasilitas sebuah kota, salah satu akibatnya adalah kemacetan. (Maryam, 2021)

Menurut (Badan Pusat Statistik Kota Makassar, 2024) penduduk Kota Makassar pada tahun 2023 berjumlah 1.474.393 juta orang, tetapi ketika siang hari lebih dari dua juta orang beraktivitas di kota ini. Selanjutnya, jika ditinjau dari jumlah moda transportasi, menurut data Kementerian Perhubungan jumlah kendaraan di Kota Makassar pada siang hari berjumlah 2,4 Juta kendaraan yang terdiri dari 1,1 Juta kendaraan roda dua serta 1,3 Juta kendaraan roda 4. Lebih besar dari jumlah penduduk yang berdomisili di Kota Makassar. Makassar merupakan salah satu kota terpadat di Indonesia, sehingga salah satu permasalahan yang dihadapi adalah kemacetan lalu lintas, yang pada umumnya belum dapat terselesaikan (Dishub Kota Makassar, 2024)

Kemacetan yang terjadi di Kota Makassar juga disebabkan karena tidak mempunyai transportasi publik yang baik atau memadai. Selain itu, ketidakseimbangan kebutuhan jalan dengan kepadatan penduduk juga menjadi penyebab kemacetan. Begitu pula perkembangan penduduk yang cepat dan diiringi dengan tingkat perkembangan wilayah yang semakin maju akan mendorong manusia untuk bergerak dari satu tempat ke tempat lain sehingga menyebabkan mobilitas penduduk akan semakin meningkat. Untuk mendukung mobilitas penduduk, maka diperlukan adanya ketersediaan sarana dan prasarana transportasi yang memadai. (Dishub Kota Makassar, 2024)

Kemacetan dapat dilihat dari beberapa *software* salah satunya yaitu *Google maps*, dikutip dari *How Stuff Works*, *Google Maps* mendasarkan tampilan lalu lintas

dan rekomendasi rute yang lebih cepat pada dua jenis informasi yang berbeda. Pertama, data historis tentang waktu rata-rata yang diperlukan untuk menempuh bagian jalan tertentu pada waktu dan hari tertentu. Kedua, data real-time yang dikirim oleh sensor dan ponsel yang melaporkan seberapa cepat mobil bergerak saat itu. Versi awal *Google Maps* hanya mengandalkan data dari sensor lalu lintas, yang sebagian besar dipasang oleh badan transportasi pemerintah atau perusahaan swasta. Teknologi radar, infra merah aktif atau radar laser, dan sensor, mampu mendeteksi ukuran dan kecepatan kendaraan yang lewat. Mereka kemudian secara nirkabel mengirimkan informasi tersebut ke server. Data dari sensor ini dapat digunakan untuk memberikan pembaruan lalu lintas secara *real-time*. Setelah terkumpul, informasi tersebut menjadi bagian dari kumpulan data historis yang digunakan untuk memprediksi volume lalu lintas di masa mendatang.

Hingga saat ini sampah masih menjadi masalah serius di berbagai kota besar di Indonesia. Sistem penanganan sampah kota yang ada sekarang masih mengandalkan pada Tempat Pembuangan Sampah Akhir (TPA) sebagai tempat pengelolaan sampah harus semakin diperhatikan karena berhubungan dengan efisiensi waktu dan biaya. Transportasi sampah adalah sub-sistem persampahan yang bersasaran membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).

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

Kota Makassar mengalami permasalahan kompleks di bidang pengelolaan persampahan ini, khususnya mengenai sistem pengangkutan sampah pada Kota Makassar. Proses pengambilan sampah pada Kota Makassar ini dilakukan dengan menggunakan cara pengambilan sampah pada bak sampah yang ada di tiap rumah dan kontainer yang disediakan di Tempat Pembuangan Akhir (TPS). Namun, keadaan ini tidak ditunjang dengan sistem pengangkutan yang efektif dan efisien khususnya pada sub bagian penentuan waktu pelayanan pengangkutan sampah sehingga terjadi kemacetan terhadap truk-truk pengangkut sampah dan mengganggu kualitas lingkungan.

Dari gambaran permasalahan ini, sangat penting untuk melakukan kajian lebih lanjut tentang upaya untuk mengoptimalkan proses pengangkutan sampah agar tidak terjadi kemacetan dan menentukan jalur alternatif sehingga kemacetan lalu lintas tidak menghambat proses pengangkutan sampah di kota Makassar.

## 1.2 Rumusan Masalah

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

1. Membuat waktu pengangkutan sampah yang efektif dan efisien agar tidak terjadi kemacetan lalu lintas
2. Mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan akibat kemacetan yang berasal dari emisi kendaraan
3. Menentukan rute alternatif pada jalur truk sampah yang terdampak kemacetan
4. Menganalisa jalur-jalur truk sampah terhadap tata guna lahan

## 1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Memetakan jalur-jalur truk sampah menggunakan *GIS*
2. Menganalisa jalur-jalur pengangkutan sampah, titik-titik dan waktu kemacetan menggunakan *Google Maps*
3. Mengalisis potensi jalur-jalur alternatif truk pengangkutan sampah.
4. Menganalisa jalur-jalur truk sampah terhadap tata guna lahan

## 1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

1. Bagi Pemerintah Kota, khususnya Dinas Pertamanan dan Kebersihan dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Makassar untuk lebih mempertimbangkan manajemen waktu dalam pengangkutan sampah di kota Makassar.
2. Bagi Kalangan Akademik, khususnya Program Studi Teknik Lingkungan dapat dijadikan salah satu referensi untuk memperluas pemahaman mengenai kondisi Kota Makassar, khususnya dalam bidang pengelolaan sampah.
3. Bagi Penulis, untuk mengetahui lebih dalam mengenai sistem pengangkutan sampah kota dan pengoptimalan penjadwalan serta rute yang efektif dan efisien

## 1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Batas permasalahan pada Tugas Akhir ini yaitu:

1. perencanaan rute hanya dilakukan untuk kendaraan jenis truck yang digunakan untuk mengangkut sampah di Kota Makassar
2. Perencanaan rute mempertimbangkan waktu dan kepadatan kendaraan

## 1.6 Teori

### 1.6.1 Kemacetan

Kemacetan adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau mencapai 0 km/jam, sehingga menyebabkan terjadinya antrian. Pada saat terjadinya kemacetan, nilai derajat kejenuhan mencapai lebih dari 0,5 (MKJI, 1997).

Kemacetan lalu lintas di jalan terjadi karena ruas jalan yang sudah mulai tidak mampu lagi menerima atau melewatkan arus kendaraan yang datang. Hal ini terjadi karena pengaruh hambatan atau gangguan samping yang tinggi, sehingga mengakibatkan penyempitan ruas jalan seperti pejalan kaki, parkir di badan jalan, berjualan di trotoar dan badan jalan, pangkalan ojek, kegiatan sosial yang menggunakan badan jalan (pesta atau kematian) dan lain-lain. Kemacetan atau tundaan lalu lintas juga sering terjadi karena perilaku pengguna jalan raya yang tidak mematuhi peraturan lalu lintas, sehingga kemacetan tidak dapat terelakkan.

1. Macet Ringan

Terjadi ketika lalu lintas mulai melambat, tetapi kendaraan masih dapat bergerak dengan kecepatan yang jauh dibawah batas normal. Jenis kemacetan ini biasanya bersifat sementara dan cenderung tidak terlalu mengganggu

2. Macet sedang

Terjadi ketika volume kendaraan mulai mendekati kapasitas maksimum jalan. Kendaraan sering berhenti dan dalam pola yang disebut *stop-ang-go-traffic*. Situasi ini lebih umum terjadi di jalan-jalan utama selama jam sibuk.

3. Macet berat

Macet berat adalah kondisi di mana kendaraan bergerak sangat lambat, bahkan hampir berhenti total dalam periode waktu tertentu. Situasi ini sering kali terjadi di area dengan volume kendaraan yang sangat tinggi, terutama di kota-kota besar.

4. Gridlock (macet total)

Gridlock adalah tingkat kemacetan terburuk di mana lalu lintas benar-benar berhenti tanpa adanya ruang bagi kendaraan untuk bergerak. Situasi ini sering kali terjadi di persimpangan besar yang penuh, dan kendaraan dari berbagai arah saling mengunci.

### 1.6.2 Hambatan Samping

Hambatan samping yaitu aktifitas samping jalan yang dapat menimbulkan konflik dan berpengaruh terhadap pergerakan arus lalu lintas serta menurunkan fungsi kinerja jalan. Banyak aktifitas samping jalan di Indonesia sering menimbulkan

konflik, kadang-kadang besar pengaruhnya terhadap arus lalu lintas Dalam MKJI (1997), ada pun tipe hambatan samping terbagi menjadi:

1. Pejalan kaki dan penyebrang jalan. Aktifitas pejalan kaki merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai kelas hambatan samping, terutama pada daerah-daerah yang merupakan kegiatan seperti pusat-pusat perbelanjaan. Atau perkantoran.
2. Jumlah kendaraan berhenti dan parkir. Kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan akan mempengaruhi kapasitas lebar jalan, dimana kapasitas jalan akan semakin sempit karena Pada samping jalan tersebut telah diisi kendaraan parkir dan berhenti.
3. Jumlah kendaraan bermotor yang masuk dan keluar dari sisi jalan. Pada daerah-daerah yang lalu lintasnya sangat padat disertai dengan aktifitas masyarakat cukup tinggi, kondisi ini sering menimbulkan masalah dalam kelancaran lalu lintas.
4. Arus kendaraan lambat. Laju kendaraan yang berjalan lambat pada suatu ruas jalan dapat mengganggu aktifitas kendaraan kendaraan yang melewati suatu ruas jalan, juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya kelas hambatan samping

Tingkat hambatan samping dikelompokkan kedalam lima kelas sebagai fungsi dari frekuensi kejadian hambatan samping sepanjang segmen jalan, yang dapat dilihat seperti pada berikut.

Tabel 1. Kelas hambatan samping

<b>Kelas Hambatan Samping (SFC)</b>	<b>Kode</b>	<b>Jumlah bobot Kejadian Per 200 m/jam (dua sisi)</b>	<b>Kondisi Khusus</b>
Sangat rendah	VL	<100	Daerah pemukiman: jalan samping tersedia
Rendah	L	100 – 299	Daerah pemukiman: beberapa angkutan umum dsb
Sedang	M	300 – 499	Daerah industri: Beberapa toko sisi jalan
Tinggi	H	500 – 899	Daerah Komersial Aktifitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	900	Daerah komersial: Aktifitas pasar sisi jalan

Sumber: MKJI, 1997

Hambatan samping merupakan hal yang utama berpengaruh terhadap kapasitas dan kinerja jalan, sedangkan untuk criteria hambatan samping dibagi menjadi 4 bobot yaitu dapat dilihat pada berikut.

Tabel 2. Jenis hambatan samping jalan

<b>Tipe Kejadian Hambatan samping</b>	<b>Simbol</b>	<b>Faktor Bobot</b>
Pejalan Kaki	PED	0,5

Parkir	PSV	10
Kendaraan Masuk dan Keluar dari Sisi Jalan	EEV	0,7
Kendaraan Lambat	SMV	0,4

Sumber: MKJI, 1997

### 1.6.3 Kapasitas dasar

Kapasitas dasar ( $C_0$ ) adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melintasi suatu penampang pada suatu jalur atau jalan selama satu jam, dalam keadaan jalan dan lalu lintas yang mendekati ideal yang bias dicapai. Kapasitas kemampuan ruas jalan untuk menampang arus atau volume lalu lintas yang ideal dalam satuan waktu tertentu. Kapasitas segemen jalan untuk kondisi tertentu (geometri, pola arus lalu lintas dan factor lingkungan) dinyatakan dalam smp/jam. Kapasitas dasar ( $C_0$ ) kapasitas segemen jalan pada kondisi geometri, ditentukan berdasarkan tipe jalan, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kapasitas Dasar ( $C_0$ ) Jalan Perkotaan (MKJI 1997).

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar smp/jam	Catatan
Empat-lajur terbagi atau jalan satu-arah	1650	Per lajur
Empat-lajur tak-terbagi	1500	Per lajur
Dua-lajur tak-terbagi	2900	Per lajur

### 1.6.4 Definisi sampah

Menurut Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah didefinisikan sebagai hasil aktivitas manusia dan/atau proses alam yang berupa padatan. Sampah yang diatur dalam peraturan tersebut terdiri dari sampah rumah tangga, sampah sejenis rumah tangga, dan sampah spesifik.

#### 1. Sampah rumah tangga

Sampah yang termasuk ke dalam golongan ini merupakan sampah hasil kegiatan rumah tangga sehari-hari, namun tidak termasuk tinja dan sampahspesifik.

#### 2. Sampah sejenis rumah tangga

Sampah yang termasuk ke dalam golongan ini merupakan sampah hasil kegiatan pada kawasan komersial, industri, fasilitas umum, dan berbagai fasilitas sejenis lainnya.

#### 3. Sampah spesifik

Sampah yang termasuk ke dalam golongan ini merupakan sampah yang terdiri dari sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3), sampah yang mengandung limbah B3, sampah hasil bencana, sisa kegiatankonstruksi, sampah yang belum dapat diolah oleh teknologi, ataupun sampah yang timbul secara tidak periodik.

Badan Standarisasi Nasional (2002) melalui SNI 19-2454-2002 turut mendefinisikan bahwa sampah merupakan limbah padat yang dapat berupa bahan organik dan anorganik yang sudah tidak bermanfaat, sehingga perlu dikelola agar

tidak berbahaya bagi lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Tchobanoglous dan Kreith (2002) juga mendefinisikan bahwa sampah merupakan suatu bahan hasil kegiatan manusia berupa padatan yang sudah tidak berguna dan tidak dikehendaki, namun dapat diubah ke bentuk lain jika dikelola dengan baik.

### 1.6.5 Pengangkutan sampah

Dalam UU No. 18 Tahun 2008, pengangkutan sampah didefinisikan sebagai kegiatan membawa sampah dari sumbernya secara langsung menuju tempat penampungan sementara ataupun tempat pengolahan sampah. Definisi lain pengangkutan sampah menurut PermenPU No. 03 Tahun 2013 yaitu kegiatan membawa sampah dari sumbernya secara langsung atau tempat penampungan sementara menuju fasilitas pengolahan sampah atau tempat pemrosesan akhir dengan menggunakan kendaraan bermotor yang dikhususkan untuk mengangkut sampah. Pengangkutan sampah merupakan salah satu komponen pada pengelolaansampah yang dapat didefinisikan sebagai proses membawa sampah dari sumber dan/atau tempat penampungan sementara menuju tempat pemrosesan akhir (SNI 19-2454-2002).

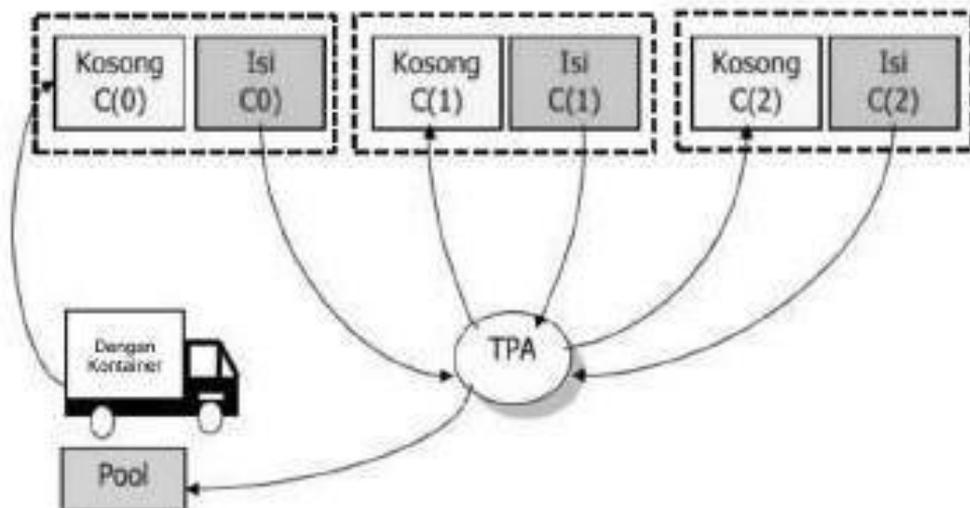
Dalam PermenPU No. 3 Tahun 2018 dijelaskan bahwa, pengangkutan sampah harus mempertimbangkan pola pengangkutan, armada pengangkut, rute, operasional, dan aspek pembiayaan. Untuk pola pengangkutan, dapat dilakukan dengan dua sistem, yaitu *hailed container system* (HCS) dan *stationary container system* (SCS).

#### 1. Sistem kontainer angkat (*Hauled Container System/HCS*)

Sistem pengangkutan HCS dilakukan pada wadah yang dapat dipindahkan dan diangkut ke tempat pemrosesan akhir, artinya metode pengangkutan ini mengangkut sampah dengan cara membawa langsung wadah tersebut ke tempat pemrosesan akhir. Proses pengangkutannya adalah sebagai berikut:

- a. Dari *pool*, truk pengangkut membawa kontainer kosong menuju lokasi kontainer isi pertama untuk mengganti atau mengambil sampah.
- b. Setelah itu, truk menuju TPA untuk dilakukan pengosongan.
- c. Setelah pengosongan selesai, truk dengan kontainer kosong tersebut menuju kontainer isi berikutnya.
- d. Demikian seterusnya hingga ritasi pengangkutan sampah terpenuhi.

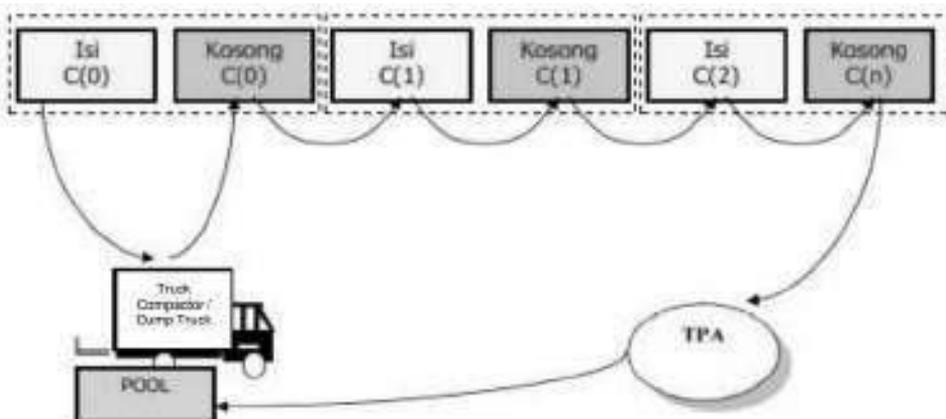
Skema pengangkutan dapat dilihat pada gambar berikut:



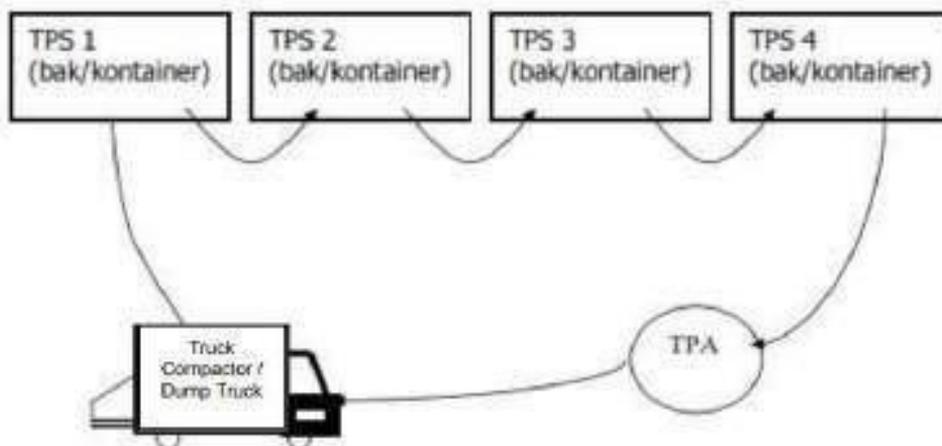
Gambar 1. Pola sistem kontainer angkat (HCS)  
Sumber: Permen PU No. 3 Tahun 2018

## 2. Sistem kontainer tetap (*Stationery container system/SCS*)

Sistem pengangkutan SCS dilakukan pada wadah yang tidak dapat dipindahkan, artinya metode pengangkutan ini mengangkut sampah yang telah dipindahkan dari wadah sebelumnya. Metode SCS dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara mekanis ataupun manual. Secara mekanis, pengangkutan dilakukan dengan menggunakan truk kompaktor atau kontainer yang sesuai dengan jenis truk; pola pengangkutan dapat dilihat pada **Gambar 2**. Sementara itu, jika secara manual, pengangkutan dilakukan dengan menggunakan sumber daya manusia dan kontainer dapat berupa bak sampah atau jenis wadah lainnya; polapengangkutan dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 2. Pola pengangkutan SCS mekanis  
Sumber: PermenPU No. 3 Tahun 2018



Gambar 3. Pola pengangkutan SCS manual  
Sumber: Permen PU No. 3 Tahun 2018

Menurut SNI 19-2454-2002, pola pengangkutan sampah terbagi menjadi dua kelompok utama, yaitu pengangkutan dengan sistem pengumpulan individual langsung (*door to door*), pengangkutan dengan sistem pemindahan di transfer depo, dan pengangkutan dengan menggunakan kontainer.

1. Pola pengangkutan dengan cara *door to door*

Pengangkutan dilakukan dengan cara:

- Dari *pool*, truk pengangkut mengambil sampah pada titik sumber sampah pertama dan titik sumber sampah berikutnya hingga kapasitas truk penuh.
- Setelah itu, truk menuju TPA untuk dilakukan pengosongan.
- Setelah pengosongan selesai, truk menuju ke lokasi sumber sampah berikutnya hingga ritasi pengangkutan sampah terpenuhi.

Skema pola pengangkutan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Pola pengangkutan *door to door*  
Sumber: SNI 19-2454-2002

2. Pola pengangkutan dtransfer depo:

- Dari *pool*, truk pengangkut mengambil sampah pada lokasi pemindahan di transfer depo.
- Setelah itu, truk menuju TPA untuk dilakukan pengosongan.

- c. Setelah pengosongan selesai, truk kembali ke transfer depo untuk pengambilan pada ritasi berikutnya.

Skema pola pengangkutan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Pola pengangkutan transfer depo

Sumber: SNI 19-2454-2002

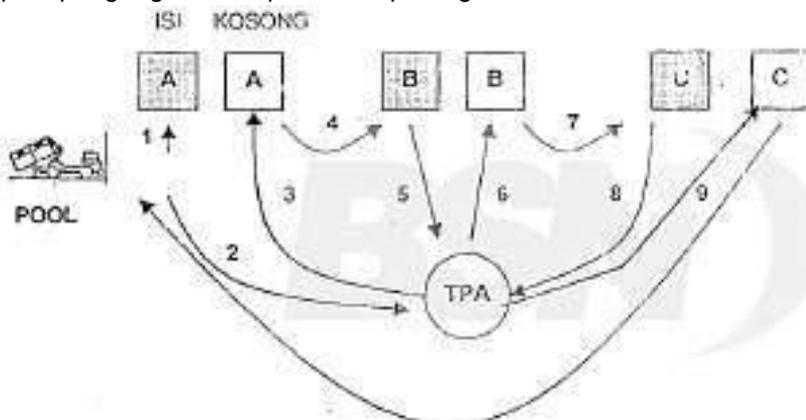
### 3. Pola pengangkutan dengan menggunakan kontainer

Pola pengangkutan ini terbagi menjadi empat, yaitu dengan pengangkutan dengan cara 1, cara 2, cara 3, dan sistem kontainer tetap.

a. Pengangkutan kontainer cara 1, yaitu:

- 1) Dari pool, truk pengangkut mengambil sampah pada kontainer isi pertama.
- 2) Setelah itu, truk menuju TPA untuk dilakukan pengosongan.
- 3) Setelah pengosongan selesai, truk mengembalikan kontainer kosong ke tempatnya semula.
- 4) Lalu, truk mengambil sampah pada kontainer isi berikutnya, kemudian dibawa ke TPA untuk dilakukan pengosongan, kemudian kontainer kosong dikembalikan ke tempatnya semula.
- 5) Demikian seterusnya hingga ritasi terpenuhi

Skema pola pengangkutan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 6. Pola pengangkutan kontainer cara 1

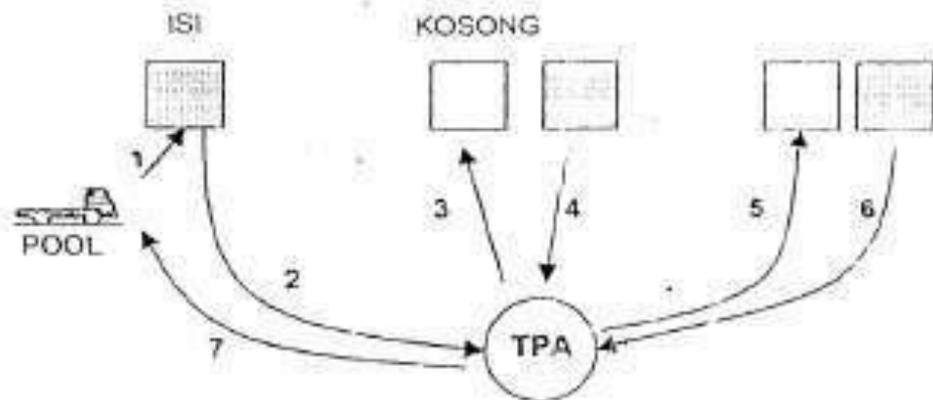
Sumber: SNI 19-2454-2002

b. Pengangkutan kontainer cara 2

Pengangkutan dilakukan hanya pada kondisi tertentu, misalnya untuk mengurangi kemacetan lalu lintas ataupun ketika pengambilan dilakukan pada jam tertentu. Pengangkutan dilakukan dengan cara berikut:

- 1) Dari pool, truk pengangkut mengambil sampah pada kontainer isi pertama.
- 2) Setelah itu, truk menuju TPA untuk dilakukan pengosongan.
- 3) Setelah pengosongan selesai, truk dengan kontainer kosong tersebut menuju lokasi kedua untuk menurunkan kontainer kosong, lalu membawa kontainer isi ke TPA.
- 4) Demikian seterusnya hingga ritasi terpenuhi.
- 5) Pada ritasi terakhir, truk dengan kontainer kosong dari TPA menuju lokasi kontainer pertama, kemudian truk kembali ke pool tanpa kontainer.

Skema pola pengangkutan dapat dilihat pada gambar berikut:



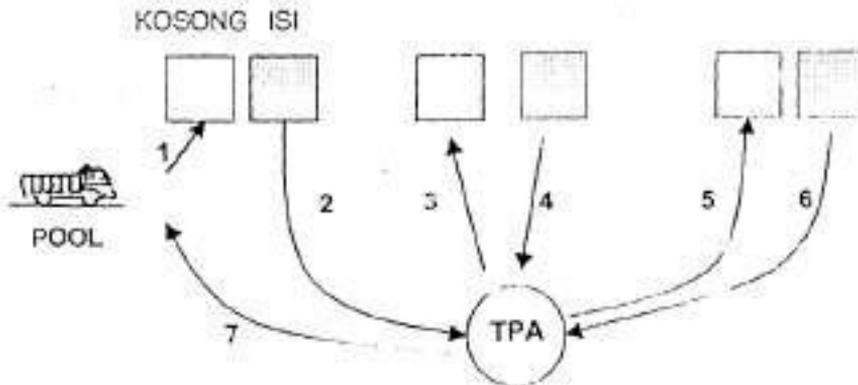
Gambar 7. Pola pengangkutan kontainer cara 2  
sumber: SNI 19-2454-2002

c. Pengangkutan kontainer cara 3

Pengangkutan dilakukan hanya pada kondisi tertentu, misalnya untuk mengurangi kemacetan lalu lintas ataupun ketika pengambilan dilakukan pada jam tertentu. Pengangkutan dilakukan dengan cara berikut:

- (1) Dari pool, truk membawa kontainer kosong menuju lokasi kontainer isi untuk mengambil sampah (dilakukan penggantian kontainer).
- (2) Setelah itu, truk menuju TPA untuk dilakukan pengosongan.
- (3) Setelah pengosongan selesai, truk dengan kontainer kosong tersebut menuju lokasi kedua.
- (4) Demikian seterusnya hingga ritasi terpenuhi.

Skema pola pengangkutan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8. Pola pengangkutan kontainer cara 3  
Sumber: SNI 19-2454-2002

d. Pengangkutan sistem kontainer tetap

Pengangkutan biasanya dilakukan untuk kontainer kecil, serta untuk alat angkut truk pemadat, *dump truck*, atau truk biasa. Pengangkutan dilakukan dengan cara berikut:

- Dari *pool*, truk menuju kontainer pertama. Sampah dituang ke dalam truk kompaktor, kemudian kontainer kosong diletakkan ke tempatnya semula.
- Setelah itu, truk menuju kontainer berikutnya hingga kapasitas truk penuh.
- Setelah itu, truk menuju TPA untuk dilakukan pengosongan.
- Demikian seterusnya hingga ritasi terpenuhi.

Skema pola pengangkutan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 9. Pola pengangkutan sistem kontainer tetap  
Sumber: SNI 19-2454-2002

Kendaraan pengangkut sampah dalam skala kota memiliki beberapa persyaratan, yaitu memiliki penutup agar sampah tidak tercecer, tinggi bak maksimum 1,6 meter, sebaiknya ada alat pengungkit, tidak bocor, disesuaikan dengan kondisi jalan yang dilalui, dan disesuaikan dengan kemampuan dan teknik pemeliharaan. Kendaraan pengangkut dapat berupa *dump truck*, *arm roll truck*, *compactor truck*, ataupun *trailer truck*. Pemilihan jenis kendaraan juga perlu memperhatikan berbagai faktor, antara lain umur teknis peralatan 5-7 tahun, kondisi jalan daerah layanan, jarak tempuh, karakteristik sampah, tingkat persyaratan sanitasi, dan daya dukung pemeliharaan (Permen PU No. 3 Tahun 2018).

1. *Dump truck*

Alat angkut jenis ini dilengkapi dengan sistem hidrolis untuk membantu

pengangkatan bak dan pembongkaran muatan. Untuk pengisian muatan dilakukan secara manual atau memanfaatkan sumber daya manusia. Kapasitas truk bervariasi, yaitu 6 m<sup>3</sup>, 8 m<sup>3</sup>, 10 m<sup>3</sup>, dan 14 m<sup>3</sup>. Efisiensi dapat tercapai apabila ritasi perhari minimum 3 dan jumlah awak maksimum 3. Selain itu, *dump truck* juga perlu dilengkapi dengan penutup guna meminimalisir dampak jhdjdnd yang dihasilkan bagi lingkungan ataupun masyarakat.

#### 2. *Arm roll truck*

Alat angkut jenis ini dilengkapi dengan sistem hidrolis untuk membantu pengangkatan bak dan pembongkaran muatan. Untuk pengisian muatan dilakukan secara manual atau memanfaatkan sumber daya manusia. Kapasitas truk bervariasi, yaitu 6 m<sup>3</sup>, 8 m<sup>3</sup>, dan 10 m<sup>3</sup>. Efisiensi dapat tercapai apabila ritasi perhari minimum 5 dan jumlah awak maksimum 1. Selain itu, *dump truck* juga perlu dilengkapi dengan penutup dan tidak bocor, guna meminimalisir dampak yang dihasilkan bagi lingkungan ataupun masyarakat.

#### 3. *Compactor truck*

Alat angkut jenis ini dilengkapi dengan sistem hidrolis untuk membantu pengangkatan bak dan pembongkaran muatan. Untuk pengisian muatan dilakukan secara manual atau memanfaatkan sumber daya manusia. Kapasitas truk bervariasi, yaitu 6 m<sup>3</sup>, 8 m<sup>3</sup>, dan 10 m<sup>3</sup>. Efisiensi dapat tercapai apabila ritasi perhari minimum 3 dan jumlah awak maksimum 2.

#### 4. *Trailer truck*

Alat angkut jenis ini memiliki daya yang besar, sehingga sampah yang terangkut lebih banyak, bahkan dapat mencapai 30 ton. *Trailer truck* terdiri dari *prime over* dan kontainer beroda, kontainernya juga dilengkapi dengan sistem hidrolis untuk membantu pembongkaran muatan. Pengisian muatan dilakukan secara hidrolis dengan kepadatan tinggi di *transfer station*. Kapasitas truk bervariasi, yaitu 20-30 ton. Efisiensi dapat tercapai apabila ritasi perhari minimum 5 dan jumlah awak maksimum 2.



Gambar 10. Kendaraan pengangkut sampah  
Sumber: PermenPU No. 3 Tahun 2018

Menurut PermenPU No. 3 Tahun 2018, rute pengangkutan sampah juga perlu direncanakan dengan baik, agar pekerja dan peralatan dapat digunakan secara efektif. Penentuan rute perlu memperhatikan beberapa faktor, yaitu:

1. Peraturan lalu lintas yang berlaku
2. Pekerja, ukuran, dan tipe alat angkut
3. Direncanakan dimulai dan berakhir di dekat jalan utama jika memungkinkan
4. Untuk daerah berbukit, rute dimulai dari atas dan berakhir di bawah.
5. Rute direncanakan agar kontainer/TPS terakhir yang akan diangkut berada di dekat TPA.
6. Timbulan sampah pada daerah dengan lalu lintas padat diangkut sepagi mungkin.
7. Daerah dengan timbulan sampah yang cukup banyak diangkut terlebih dahulu.
8. Daerah dengan timbulan sampah sedikit diusahakan terangkut dalam hari yang sama.

### 1.6.6 GIS

Budyanto (2002) menyatakan bahwa sistem informasi geografis terdiri dari kata sistem, informasi, dan geografis. Berdasarkan susunan kata tersebut, sistem informasi geografis merupakan salah satu jenis sistem informasi yang berfokus pada

unsur geografis. Informasi geografis sendiri memiliki arti segala informasi (atribut) yang terdapat di permukaan bumi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem informasi geografis merupakan suatu sistem yang terdiri dari berbagai sumber daya dan logika yang berkaitan dengan objek di permukaan bumi. SIG juga didefinisikan sebagai suatu sistem yang dapat digunakan untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisa, mengatur, dan menampilkan data-data yang berkaitan dengan geografis (Irwansyah, 2013).

Hartanto, dkk. (2019) turut menjelaskan bahwa SIG mampu menggabungkan, menghubungkan, dan memetakan hasil dari berbagai jenis data pada satu titik tertentu di permukaan bumi.

**Komponen GIS.** Sistem informasi geografis bekerja dengan mengintegrasikan berbagai komponen, seperti *hardware*, *software*, data, manusia, dan metode.

#### 1. *Hardware*

Pada komponen ini, SIG memerlukan perangkat keras seperti komputer untuk menyimpan dan mengolah data. Selain itu, untuk mengubah peta ke bentuk digital juga diperlukan perangkat keras seperti *digitizer*. Komponen *hardware* terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

- a. Alat masukan (*input*): berfungsi untuk memasukkan data ke dalam komputer. Contoh: *scanner* dan CD-ROM.
- b. Alat pemrosesan: berfungsi untuk mengolah, menganalisis, dan menyimpan data-data yang diperlukan. Contoh: CPU dan *disk drive*.
- c. Alat keluaran (*output*): berfungsi untuk menampilkan informasi geografis sebagai data. Contoh: *monitor*, *plotter*, dan *printer*.

#### 2. *Software*

Pada komponen ini, SIG memerlukan perangkat lunak yang berguna untuk menyimpan, menganalisis, dan menampilkan informasi geografis. Komponen *software* terdiri dari sistem operasi, *compiler*, dan program aplikasi. Adapun elemen yang harus dimiliki oleh komponen ini, yaitu:

- a. *Tools* yang mampu untuk menginput dan memproses data
- b. Sistem manajemen basis data
- c. *Tools* yang mampu mendukung *query* geografis, analisis, dan visualisasi
- d. *Graphical user interface* (GUI), guna memudahkan akses pada tools geografis

#### 3. Data

Pada komponen ini, SIG memerlukan data spasial (keruangan dan kebumihantaran) yang akan diolah. SIG juga memiliki kelebihan dapat mengolah data spasial dan data non-spasial sekaligus.

#### 4. Manusia

Pada komponen ini, manusia berperan sebagai pengoperasi data-data yang digunakan.

#### 5. Metode

Diperlukan adanya model dan teknik pengolahan data yang sesuai untuk setiap permasalahan yang akan diselesaikan.

**Jenis data.** Secara garis besar, jenis data dalam SIG terbagi menjadi dua

kelompok, yaitu data spasial dan data non spasial (Razak, 2018).

#### 1. Data spasial

Data spasial merupakan data yang berisikan informasi mengenai lokasi suatu objek dalam peta berdasarkan posisi geografisnya dengan menggunakan sistem koordinat.

#### 2. Data non spasial

Data non spasial merupakan data yang berisikan informasi mengenai suatu objek dalam peta, yang tidak berkaitan dengan posisi geografisnya. Contoh: jumlah penduduk, jumlah bangunan, tingkat pendapatan, dan sebagainya.

Irwansyah (2013) menjelaskan bahwa data spasial dikelompokkan menjadi dua, yaitu model data vektor dan model data raster.

#### 1. Data vektor

Merupakan data yang berupa koordinat yang menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dalam bentuk titik, garis, atau poligon. Data vektor merepresentasikan bumi sebagai suatu mosaik dari garis, poligon, ataupun titik, dimana pada setiap bagian data vektor memiliki informasi yang saling terintegrasi satu dengan yang lainnya, seperti adanya label untuk memberikan informasi bagi suatu lokasi.

##### a. Data vektor titik

Data titik atau point merupakan *node* yang mempunyai label. Data ini merepresentasikan grafis dengan sederhana pada suatu objek. Titik tidak memiliki dimensi, namun dapat ditampilkan dalam simbol, baik pada peta maupun *monitor*.

##### b. Data vektor garis

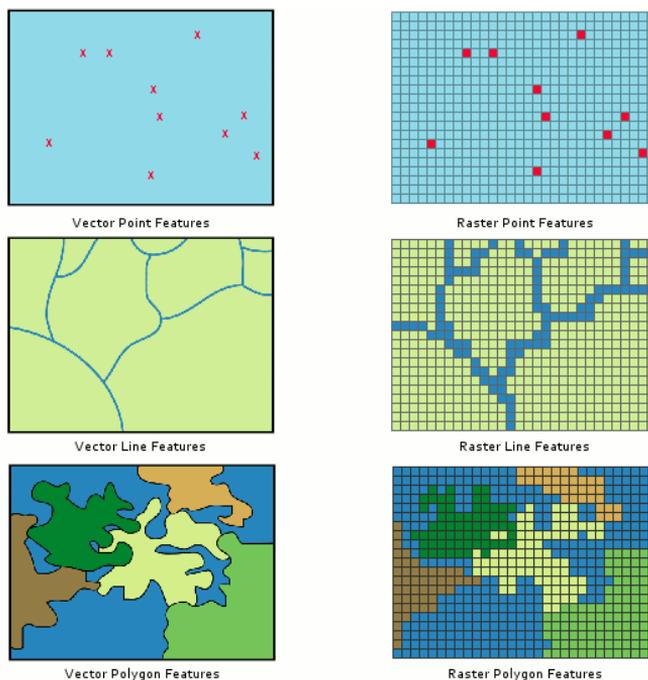
Data garis merupakan semua unsur liner yang dibuat dengan menggunakan segmen garis, yang dibentuk oleh dua titik koordinat atau lebih.

##### c. Data vektor poligon

Poligon merupakan daerah cakupan yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama. Data ini merepresentasikan objek dalam dua dimensi. Contoh objek yang dinyatakan dalam bentuk poligon antara lain wilayah administrasi kota, kabupaten, dsb; sungai, danau, dll.

#### 2. Data raster

Merupakan data yang tersimpan dalam bentuk persegi (*grid*) atau sel, sehingga terbentuk suatu ruang yang teratur. Data ini merepresentasikan objek sebagai susunan sel grid yang disebut pixel (*picture element*), adapun resolusi/definisi visualnya ditentukan oleh ukuran pixel, dimana jika semakin kecil ukuran permukaan bumi yang direpresentasikan oleh sel, maka semakin tinggi resolusinya. Contoh data raster yaitu fotografi digital suatu area seperti pada citra satelit.



Gambar 11. Jenis-jenis data SIG  
Sumber: [www.citrasatelit.com](http://www.citrasatelit.com)

#### 1.7.4 Komponen pengolahan SIG

Komponen ini terdiri dari penginputan, manipulasi, manajemen, *query* dan analisis, serta visualisasi data (Budiyanto, 2004).

##### 1. Input data

Pada proses ini, data diinput ke dalam SIG, baik berupa data spasial maupun non spasial.

##### 2. Manipulasi data

Sebelum proses pengolahan, data yang diperlukan terkadang perlu dimanipulasi agar dapat dianalisis oleh sistem.

##### 3. Manajemen data

Pada proses ini, dilakukan pengolahan data non spasial, seperti menggunakan DBMS untuk memanajemen data berukuran besar.

##### 4. *Query* dan analisis data

*Query* merupakan proses analisis dengan cara tabular. Jenis analisis oleh SIG terbagi menjadi dua kelompok utama, yaitu analisis *proximity* dan analisis *overlay*.

##### a. Analisis *proximity*

Merupakan analisis geografis berdasarkan jarak antar *layer*. Sebagai contoh, SIG dapat melakukan proses *buffering* untuk memberikan informasi mengenai jarak tertentu antar objek.

##### b. Analisis *overlay*

Merupakan proses penggabungan data dari berbagai lapisan *layer* yang berbeda

### **1.6.7 Analisis Tata Guna Lahan**

Tata Guna Lahan adalah pengaturan penggunaan lahan. Tata Guna Lahan menurut Undang-Undang Pokok Agraria adalah struktur dan pola pemanfaatan tanah, baik yang direncanakan maupun tidak, yang meliputi persediaan tanah, peruntukan tanah, penggunaan tanah dan pemeliharannya. Tata guna lahan merupakan pengaturan pemanfaatan lahan di suatu lingkup wilayah (baik tingkat nasional, regional, maupun lokal) untuk kegiatan tertentu (Miro, 2005). Biasanya terdapat interaksi langsung antara jenis dan intensitas tata guna lahan dengan penawaran fasilitas-fasilitas transportasi yang tersedia. Salah satu tujuan utama perencanaan setiap tata guna lahan dan sistem transportasi adalah untuk menjamin adanya keseimbangan yang efisien antara aktifitas tata guna lahan dengan kemampuan transportasi (Khisty & Lall, 2006).

### 1.6.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 4. Penelitian Terdahulu

No	Pengarang	Judul	Tujuan	Hasil
1	Ramadhani, dkk., 2020	Identifikasi Sistem Pengangkutan Sampah di Kecamatan Alang-Alang Lebar Kota Palembang	Mengidentifikasi kondisi eksisting pengangkutan sampah, meliputi jenis alat angkut yang digunakan, rute, jarak tempuh, dan waktu tempuh.	Sistem pengangkutan menggunakan sistem HCS bagi <i>arm roll</i> dan SCS bagi <i>dump truck</i> . Rata-rata jarak tempuh armada pengangkut 56,14 km/hari dengan rata-rata waktu tempuh 1,41 jam/hari
2	Mahmudah dan Weli, 2016	Analisis Sistem Pengangkutan Sampah di Wilayah Surabaya Utara	Mengetahui kondisi eksisting sistem pengangkutan sampah, yang meliputi rute dan jarak pengangkutan, kecepatan alat angkut, dan waktu pengangkutan	Sistem pengangkutan sampah menggunakan <i>arm roll truck</i> dan <i>dump truck</i> , dengan 2-3 rit/hari. Jarak pengangkutan <i>dump truck</i> 78,77 km/hari. Kec. rata-rata <i>arm roll</i> 20 km/jam dan <i>dump truck</i> 24 km/jam.
3	Rahman dan Maryono, 2020	<i>Optimization of Waste Transport Routes in Pati Regency using ArcGIS</i>	Merencanakan rute pengangkutan sampah terbaik berdasarkan jarak tempuh dan waktu tempuh	Rute perencanaan mengurangi waktu tempuh sebesar 39,04% dan jarak tempuh 37,38%
4	Vu, Kelvin, and Damien, 2018	<i>Parameter Interrelationships in a dual phase GIS-based municipal solid waste collection model</i>	Mengetahui jumlah dan peletakan TPS yang optimal guna meningkatkan pengumpulan dan pengangkutan sampah,	Jumlah TPS yang optimal adalah 11 buah, jarak optimal bagi TPS terhadap sumber sampah yaitu 500 m, dan hasil skenario dapat mengurangi jarak tempuh truk pengangkut sebesar 13,76%

---

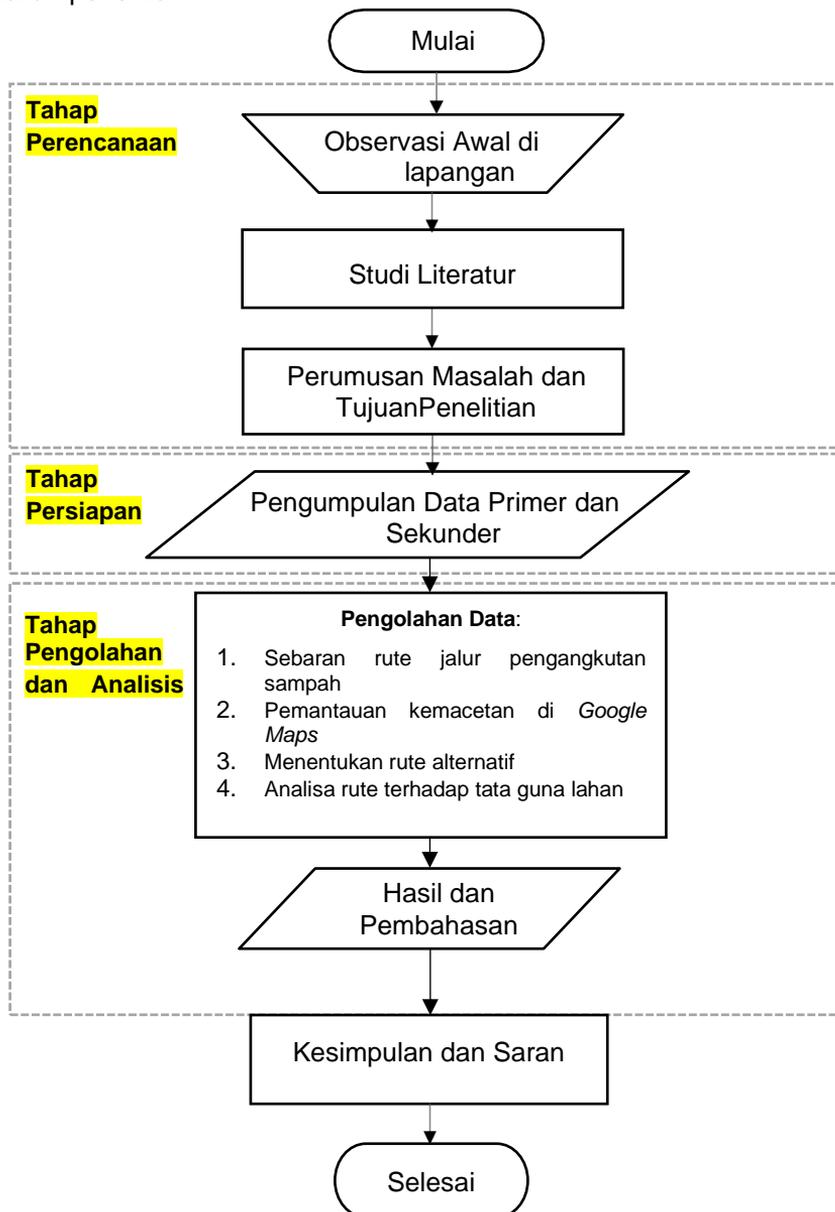
			sehingga biaya dapat berkurang	
5	Putra, et al, 2020	<i>Waste Transportation Route Optimization in Malang using Network Analysis</i>	Merencanakan rute pengangkutan sampah terbaik berdasarkan jarak tempuh dan waktu tempuh untuk mengurangi biaya operasional	Rute pengangkutan memiliki efisiensi sebesar 39,7% terhadap jarak tempuh; 34,5% terhadap waktu tempuh; dan 41,8% terhadap bahan bakar.
6	Andrian, Meidiana, dan Sari, 2020	Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah dari TPS di Kecamatan Purworejo Menuju TPA Jetis	Memberikan rekomendasi pengangkutan sampah yang optimal dan menghitung pengurangan emisi gas rumah kaca berdasarkan bahan bakar solar.	Dari segi pemindahan, pola pemindahan, dan lokasi pengangkutan, 3 dari 8 TPS belum sesuai. Adanya optimasi rute pengangkutan mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan truk sampah.
7	Sulemana et al, 2020	<i>Trucks for Institutional Solid Waste Collection in Kumasi, Ghana</i>	Mengoptimalkan rute pengumpulan sampah	Optimasi rute mampu mengurangi jarak tempuh sebesar 9% dan waktu tempuh 14,5%.

---

## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Tahap Penelitian

Pada penelitian dikonsepsikan sebuah alur penelitian agar penelitian dapat berjalan secara efektif. Berikut diagram alir tahapan penelitian yang telah disusun dalam melakukan penelitian.

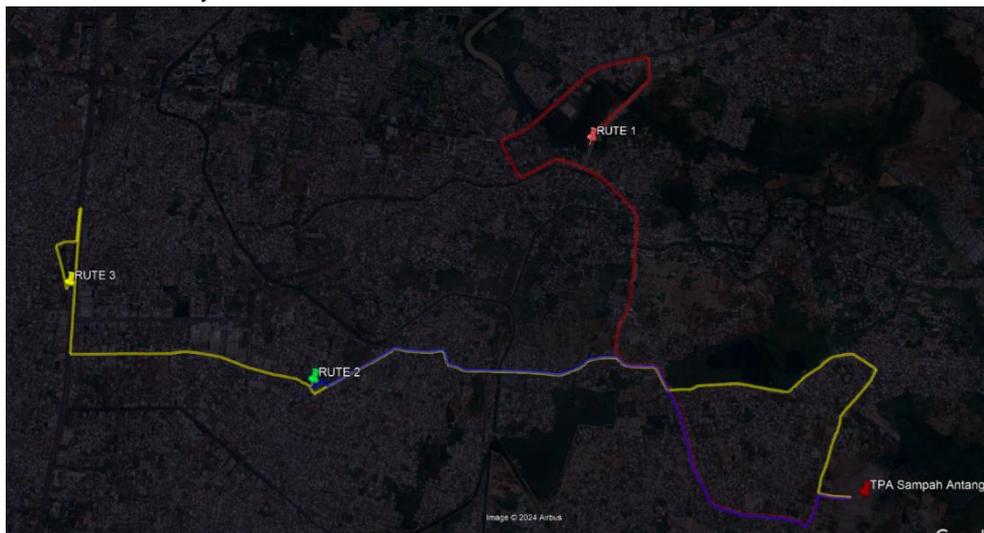


Gambar 12. Tahap penelitian

## 2.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berlokasi di Kota Makassar, Lokasi tersebut dipilih karena merupakan salah satu kota terpadat di Indonesia serta merupakan salah satu kota yang memiliki permasalahan kemacetan, sehingga potensi timbulan permasalahan kemacetan yang berdampak pada sistem pengangkutan sampah semakin besar. Selain itu, berdasarkan hasil observasi awal di lapangan, ditemukan adanya permasalahan dalam sistem pengangkutan sampah yang terhambat oleh kemacetan lalu lintas.

Waktu pengukuran penelitian ini dilakukan pada 4,7 dan 8 Agustus 2024, dilakukan selama tiga hari yaitu pada hari Minggu, Rabu dan Kamis yang dapat mewakili hari kerja dan hari libur



Gambar 13. Lokasi penelitian

## 2.3 Benda Uji dan Alat

Alat pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat-alat seperti pada gambar sebagai berikut:

1. Laptop



Gambar 14. Laptop

Laptop dengan Software Google Maps dan Googleearth berfungsi untuk menghitung jumlah dan mengukur jarak dari jalur pengangkutan sampah serta mendeteksi kemacetan

## 2. Google Maps



Gambar 15. Google Maps

Software *Google Maps* berguna dalam memantau keadaan lalu lintas

## 3. Google Earth Pro



Gambar 16. Google Earth Pro

Software *Google Earth Pro* berfungsi dalam pembuatan plot jalur dari truk sampah

## 4. Handphone



Gambar 17. Handphone

Handphone berfungsi untuk mengambil dokumentasi selama penelitian

## 2.4 Variabel Penelitian

### 2.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi perubahan atau dapat dimanipulasi untuk mengamati fenomena tertentu. Dalam konteks penelitian ini, variabel bebas dapat mencakup jumlah atau volume kendaraan.

### 2.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diamati dan diukur oleh peneliti untuk menentukan pengaruh dari variabel bebas. Dalam penelitian ini, variabel terikat yaitu tingkat kemacetan lalu lintas

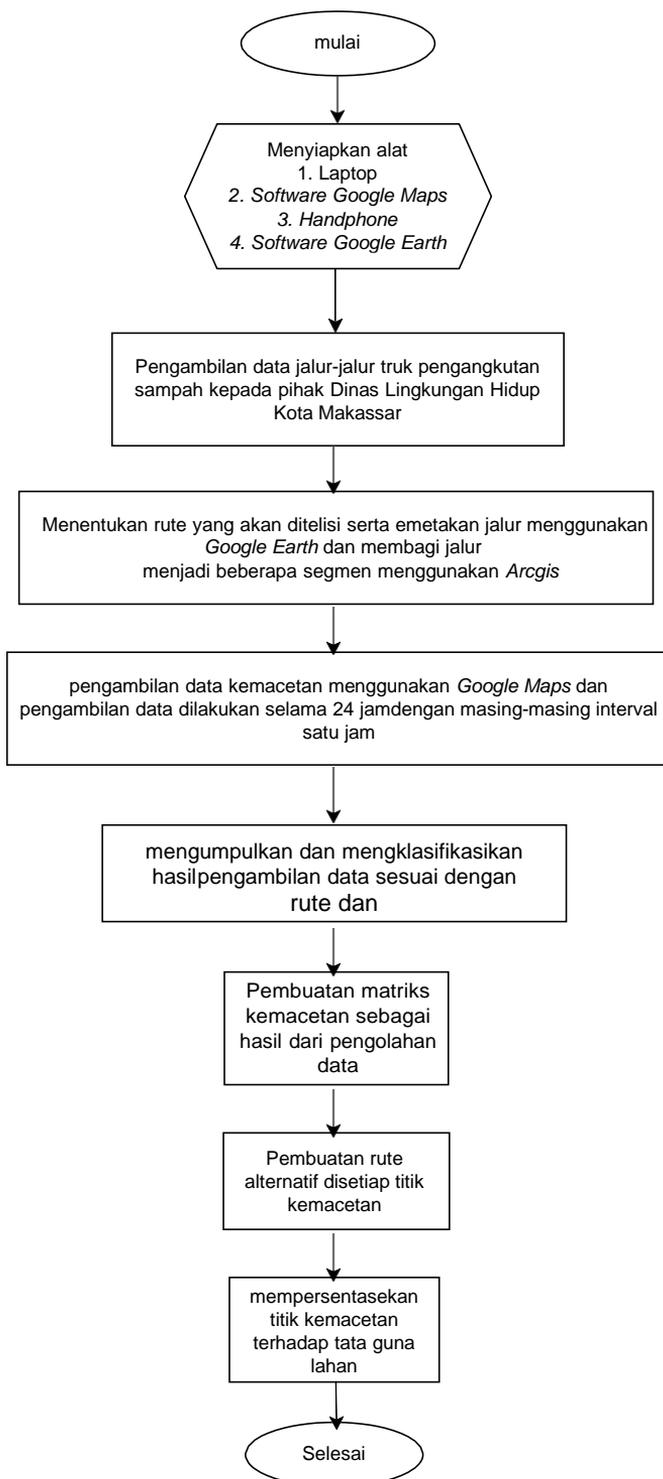
### 2.4.3 Variabel Kontrol

Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diamati dan diukur oleh peneliti untuk menentukan pengaruh dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel kontrol yaitu segmen pembagian jalur truk sampah dan waktu interval pengukuran.

## 2.5 Metode Pengumpulan Data

Alur pengukur timbulan data tingkat kemacetan dapat dilihat pada **Gambar 14**. Sebelumnya data jalur truk pengangkut sampah mengaju kepada data yang diberikan dari pihak Dinas Lingkungan Hidup kota Makassar dan kecamatan. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan dengan pemantauan google maps. Adapun langkah-langkah pengukuran tingkat kemacetan pada jalur-jalur truk sampah yaitu sebagai berikut:

- a) Pengambilan data jalur truk sampah kepada Dinas Lingkungan Hidup kota Makassar
- b) Pengambilan data jalur truk sampah di kantor Kecamatan
- c) Survei Tps, serta paninjauan jalur truk sampah
- d) Memetakan jalur truk sampah menggunakan Google Earth
- e) Menentukan segmen disetiap jalur yang akan diteliti
- f) Penelitian dilakukan dengan pemantauan oleh Google Maps sebagai penanda dalam tingkat kemacetan lalu lintas
- g) Pengukuran dilakukan selama 24 jam dan setiap satu jam dilakukan pengambilan data
- h) Mengambil foto dari data yang ditampilkan oleh Google Maps
- i) Mengumpulkan data dan mengklasifikasikannya dalam jalur masing-masing
- j) Membuat matriks tabel sebagai hasil penelitian



Gambar 18. Metode pengumpulan data