

SKRIPSI

ANALISIS RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH MENGUNAKAN *NETWORK ANALYSIS EXTENSION* (BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS) DI KECAMATAN SOMBA OPU KABUPATEN GOWA

Disusun dan diajukan oleh:

NOVIYANTI PASOLANG
D131 19 1069



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH MENGUNAKAN *NETWORK ANALYSIS EXTENSION* (BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS) DI KECAMATAN SOMBA OPU KABUPATEN GOWA

Disusun dan diajukan oleh

Noviyanti Pasolang
D131191069

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 31 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Penguji,



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

Pembimbing Pendamping,



Annisa Dwi Damayanti, S.T., M.T.
NIP 199304282021016000

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
 Nama : Noviyanti Pasolang
 NIM : D131 19 1069
 Program Studi : Teknik Lingkungan
 Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**ANALISIS RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH MENGGUNAKAN
 NETWORK ANALYSIS EXTENSION (BERBASIS SISTEM INFORMASI
 GEOGRAFIS) DI KECAMATAN SOMBA OPU KABUPATEN GOWA**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 21 November 2023

Yang Menyatakan



Noviyanti Pasolang



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
KATA PENGANTAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Definisi Sampah.....	6
2.2 Timbulan Sampah	7
2.3 Pengangkutan Sampah	8
2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG)	17
2.4.4 Komponen pengolahan SIG.....	20
2.5 Ekstensi Analisis Jaringan (<i>Network Analysis Extension</i>).....	21
2.6 Penelitian Terdahulu	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Diagram Alir Penelitian	29
3.2 Kerangka Berpikir Penelitian.....	30
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	30
3.4 Kebutuhan Data.....	31
3.5 Populasi dan Sampel	32
3.6 Metode Pengambilan Data	35
3.7 Metode Pengolahan dan Analisis Data	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Kondisi Eksisting Pengangkutan Sampah Kecamatan Somba Opu.....	40
4.2 Timbulan Sampah Kecamatan Somba Opu	44
4.3 Rute Pengangkutan <i>Arm Roll</i>	48
4.4 Rute Pengangkutan <i>Dump Truck</i>	89
4.5 Perbandingan Rute Eksisting dan Perencanaan pada Pengangkutan Sampah Kecamatan Somba Opu Menggunakan <i>Network Analysis</i> <i>Vehicle Routing Problem</i>	151
4.6 Perencanaan Rute Pengangkutan Sampah Kec. Somba Opu Menggunakan <i>Google Maps</i>	154
4.7 Perbandingan Rute Eksisting dan Perencanaan pada Pengangkutan Sampah Kecamatan Somba Opu Menggunakan <i>Google Maps</i>	156



4.8 Rekapitulasi Perbandingan Rute Eksisting dan Rute Perencanaan Menggunakan <i>Network Analysis</i>	158
4.9 Rekapitulasi Perbandingan Rute Eksisting dan Rute Perencanaan Menggunakan <i>Google Maps</i>	159
4.10 Rekapitulasi Perbandingan Rute Eksisting dan Rute Perencanaan Terhadap Penggunaan Lahan Kec. Somba Opu.....	160
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	163
5.1 Kesimpulan	163
5.2 Saran.....	164
DAFTAR PUSTAKA	165



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Pola sistem kontainer angkat (HCS)	9
Gambar 2 Pola pengangkutan SCS mekanis	10
Gambar 3 Pola pengangkutan SCS manual	10
Gambar 4 Pola pengangkutan <i>door to door</i>	11
Gambar 5 Pola pengangkutan transfer depo	11
Gambar 6 Pola pengangkutan kontainer cara 1.....	12
Gambar 7 Pola pengangkutan kontainer cara 2.....	13
Gambar 8 Pola pengangkutan kontainer cara 3.....	13
Gambar 9 Pola pengangkutan sistem kontainer tetap	14
Gambar 10 Kendaraan pengangkut sampah.....	16
Gambar 11 Jenis-jenis data SIG	20
Gambar 12 Contoh hasil analisis <i>route</i>	22
Gambar 13 Contoh hasil analisis <i>closest facility</i>	23
Gambar 14 Contoh hasil analisis <i>OD cost matrix</i>	23
Gambar 15 Hasil analisis <i>service area</i>	24
Gambar 16 Contoh hasil analisis <i>vehicle routing problem</i>	25
Gambar 17 Contoh hasil analisis <i>location-allocation</i>	26
Gambar 18 Diagram alir penelitian.....	29
Gambar 19 Kerangka berpikir penelitian.....	30
Gambar 20 Peta lokasi penelitian.....	31
Gambar 21 Diagram alir pengukuran timbunan sampah	36
Gambar 22 Alur analisis rute perencanaan menggunakan <i>network analysis</i> <i>vehicle routing problem</i>	39
Gambar 23 Lokasi <i>pool</i> pengangkutan sampah Kec. Somba Opu.....	41
Gambar 24 Lokasi kontainer sampah di Kecamatan Somba Opu.....	41
Gambar 25 Cakupan layanan <i>dump truck</i> di Kec. Somba Opu.....	42
Gambar 26 Peta tutupan lahan Kec. Somba Opu	43
Gambar 27 Jaringan jalan Kec. Somba Opu	43
Gambar 28 Rute perencanaan <i>arm roll</i> Jl. Macanda.....	50
Gambar 29 Rute eksisting <i>arm roll</i> Jl. Macanda.....	50
Gambar 30 Dokumentasi jalan rute <i>arm roll</i> Jl. Macanda	51
Gambar 31 Rute <i>Google Maps arm roll</i> Jl. Macanda	52
Gambar 32 Peta rute eksisting <i>arm roll</i> Jl. Sultan Alauddin	54
Gambar 33 Rute perencanaan <i>arm roll</i> Jl. Sultan Alauddin	54
Gambar 34 Dokumentasi jalan rute <i>arm roll</i> Jl. Sultan Alauddin.....	55
Gambar 35 <i>Rute Google Maps arm roll</i> Jl. Sultan Alauddin.....	56
Gambar 36 Rute perencanaan <i>arm roll</i> Jl. Tun Abdul Razak.....	58
Gambar 37 Rute eksisting <i>arm roll</i> Jl. Tun Abdul Razak.....	58
Gambar 38 Dokumentasi jalan rute <i>arm roll</i> Jl. Tun Abdul Razak	59
Gambar 39 Rute <i>Google Maps arm roll</i> Jl. Tun Abdul Razak	60
Gambar 40 Rute eksisting <i>arm roll</i> Jl. Inspeksi Kanal	62
Gambar 41 Rute perencanaan <i>arm roll</i> Jl. Inspeksi Kanal.....	62
Gambar 42 Dokumentasi jalan rute <i>arm roll</i> Jl. Inspeksi Kanal.....	63
Gambar 43 Rute <i>Google Maps arm roll</i> Jl. Inspeksi Kanal.....	64
Gambar 44 Rute eksisting <i>arm roll</i> Pandang-Pandang	66



Gambar 45 Rute perencanaan <i>arm roll</i> Pandang-Pandang	66
Gambar 46 Dokumentasi jalan rute <i>arm roll</i> Kel. Pandang-Pandang.....	67
Gambar 47 Rute <i>Google Maps arm roll</i> Kel. Pandang-Pandang.....	68
Gambar 48 Rute eksisting <i>arm roll</i> Jl. Matahari.....	70
Gambar 49 Rute perencanaan <i>arm roll</i> Jl. Matahari.....	70
Gambar 50 Dokumentasi jalan rute <i>arm roll</i> Jl. Matahari	71
Gambar 51 Rute <i>Google Maps arm roll</i> Jl. Matahari	72
Gambar 52 Rute eksisting <i>arm roll</i> Pasar Induk Minasa Upa	74
Gambar 53 Rute perencanaan <i>arm roll</i> Pasar Induk Minasa Upa.....	74
Gambar 54 Dokumentasi jalan rute <i>arm roll</i> Pasar Induk Minasa Upa.....	75
Gambar 55 Rute <i>Google Maps arm roll</i> Pasar Induk Minasa Upa.....	76
Gambar 56 Rute eksisting <i>arm roll</i> Jl. Yusuf Bauty.....	78
Gambar 57 Rute perencanaan <i>arm roll</i> Jl. Yusuf Bauty	78
Gambar 58 Dokumentasi jalan rute <i>arm roll</i> Jl. Yusuf Bauty	79
Gambar 59 Rute <i>Google Maps arm roll</i> Jl. Yusuf Bauty	80
Gambar 60 Rute eksisting <i>arm roll</i> MP TAR 1	82
Gambar 61 Rute perencanaan <i>arm roll</i> MP TAR 1	82
Gambar 62 Dokumentasi jalan rute <i>arm roll</i> MP TAR 1.....	83
Gambar 63 Rute <i>Google Maps arm roll</i> MP TAR 1.....	84
Gambar 64 Rute perencanaan <i>arm roll</i> MP TAR 2	86
Gambar 65 Rute eksisting <i>arm roll</i> MP TAR 2	86
Gambar 66 Dokumentasi jalan rute <i>arm roll</i> MP TAR 2.....	87
Gambar 67 Rute <i>Google Maps arm roll</i> MP TAR 2.....	88
Gambar 68 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Andi Tonro	90
Gambar 69 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Andi Tonro.....	90
Gambar 70 Dokumentasi jalan rute <i>dump truck</i> Jl. Andi Tonro	91
Gambar 71 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Andi Tonro	92
Gambar 72 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Dr. Wahidin.....	94
Gambar 73 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Dr. Wahidin	94
Gambar 74 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Dr. Wahidin.....	95
Gambar 75 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Dr. Wahidin.....	96
Gambar 76 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Tun Abdul Razak	98
Gambar 77 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Tun Abdul Razak.....	98
Gambar 78 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Tun Abdul Razak.....	99
Gambar 79 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Tun Abdul Razak	100
Gambar 80 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. H. Agus Salim.....	102
Gambar 81 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. H. Agus Salim.....	102
Gambar 82 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. H. Agus Salim	103
Gambar 83 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. H. Agus Salim	104
Gambar 84 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Basoi	106
Gambar 85 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Basoi	106
Gambar 86 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Basoi Dg. Bunga.....	107
Gambar 87 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Basoi Dg. Bunga	108
Gambar 88 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Mesjid Raya	110
Gambar 89 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Mesjid Raya.....	110
Gambar 90 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Mesjid Raya.....	111
Gambar 91 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Mesjid Raya.....	112
Gambar 92 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Swadaya	114



Gambar 93 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Swadaya.....	114
Gambar 94 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Swadaya.....	115
Gambar 95 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Swadaya	116
Gambar 96 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Usman Salengke	118
Gambar 97 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Usman Salengke.....	118
Gambar 98 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Usman Salengke	119
Gambar 99 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Usman Salengke.....	120
Gambar 100 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Hos Cokroaminoto	122
Gambar 101 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Hos Cokroaminoto.....	122
Gambar 102 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Hos Cokroaminoto	123
Gambar 103 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Hos Cokroaminoto	124
Gambar 104 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Pallantikang.....	126
Gambar 105 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Pallantikang	126
Gambar 106 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Pallantikang	127
Gambar 107 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Pallantikang.....	128
Gambar 108 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Kacong Dg. Lalang	130
Gambar 109 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Kacong Dg. Lalang.....	130
Gambar 110 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Kacong Dg. Lalang.....	131
Gambar 111 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Kacong Dg. Lalang	132
Gambar 112 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Dg. Tata Lama	134
Gambar 113 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Dg. Tata Lama	134
Gambar 114 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Dg. Tata Lama	135
Gambar 115 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Dg. Tata Lama.....	136
Gambar 116 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Yusuf Bauty	138
Gambar 117 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Yusuf Bauty	138
Gambar 118 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Yusuf Bauty.....	139
Gambar 119 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Yusuf Bauty.....	140
Gambar 120 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Habibu	142
Gambar 121 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Habibu.....	142
Gambar 122 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Habibu	143
Gambar 123 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Habibu	144
Gambar 124 Rute eksisting <i>dump truck</i> Jl. Abd. Muthalib.....	146
Gambar 125 Rute perencanaan <i>dump truck</i> Jl. Abd. Muthalib	146
Gambar 126 Dokumentasi jalan <i>dump truck</i> Jl. Abd. Muthalib	147
Gambar 127 Rute <i>Google Maps dump truck</i> Jl. Abd. Muthalib	148
Gambar 128 Analisis tiap segmen jalan <i>arm roll</i> Jl. Macanda <i>google maps</i>	155



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Timbulan sampah berdasarkan komponen sumber sampah.....	8
Tabel 2 Timbulan sampah berdasarkan klasifikasi kota	8
Tabel 3 Penelitian terdahulu.....	27
Tabel 4 Kebutuhan data	31
Tabel 5 Jumlah dan kapasitas kontainer sampah Kec. Somba Opu	40
Tabel 6 Lokasi sumber sampah permukiman.....	42
Tabel 7 Perhitungan proyeksi penduduk.....	44
Tabel 8 Jumlah fasilitas dan hasil proyeksi Kec. Somba Opu	45
Tabel 9 Persebaran sampel timbulan sampah perumahan.....	46
Tabel 10 Jumlah sampel non perumahan	47
Tabel 11 Rekapitulasi timbulan sampah perumahan	47
Tabel 12 Rekapitulasi timbulan sampah non perumahan	48
Tabel 13 Rekapitulasi jarak tempuh dan waktu tempuh pengangkutan sampah Kec. Somba Opu	149
Tabel 14 Hasil perbandingan rute <i>arm roll</i> menggunakan <i>network analysis</i>	151
Tabel 15 Hasil perbandingan rute <i>dump truck</i> menggunakan <i>network analysis</i> .	152
Tabel 16 Hasil analisis rute perencanaan <i>arm roll</i> Jl. Macanda <i>google maps</i>	154
Tabel 17 Hasil perbandingan rute <i>arm roll</i> menggunakan <i>google maps</i>	156
Tabel 18 Hasil perbandingan rute <i>dump truck</i> menggunakan <i>google maps</i>	157
Tabel 19 Rekapitulasi perbandingan rute eksisting dan rute perencanaan <i>network analysis</i>	158
Tabel 20 Rekapitulasi perbandingan rute eksisting dan rute perencanaan <i>google maps</i>	159
Tabel 21 Rekapitulasi perbandingan rute eksisting dan rute perencanaan terhadap penggunaan lahan	160
Tabel 22 Detail perbandingan rute eksisting dan perencanaan terhadap penggunaan lahan.....	161



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
VRP	<i>Vehicle Routing Problem</i>
MP	<i>Meeting Point</i>
TAR	Tun Abdul Razak
NA	<i>Network Analysis</i>
GM	<i>Google Maps</i>



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Observasi di lapangan.....	167
Lampiran 2 Pengambilan sampel dan pengukuran timbulan sampah.....	168
Lampiran 3 Kontainer dan kendaraan pengangkut sampah Kec. Somba Opu....	169
Lampiran 4 Detail kondisi jalan pada pengangkutan sampah di Kec. Somba Opu.....	170



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Rute Pengangkutan Sampah Menggunakan *Network Analysis Extension* (Berbasis Sistem Informasi Geografis) di Kecamatan Somba Opu Kabupaten Gowa” ini dengan tepat waktu. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, tentunya penulis didukung oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, izinkan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis; Ir. Andarias Pasolang dan Ir. Gita Patulak, MT., yang senantiasa mengasihi, mendoakan, dan mendukung penulis dalam segala hal. Tuhan Memberkati.
2. Kakak penulis; Meidelin Sipa' Pasolang S.T., yang senantiasa mengasihi, mendoakan, dan mendukung penulis dalam segala hal. Tuhan Memberkati.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T, M.T., IPM., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
7. Ibu Annisa Dwi Damayanti, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.



8. Seluruh Tendik Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala ilmu dan pengalaman berharga yang diberikan kepada penulis.
9. Staff Administrasi Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Bu Sumi, Kak Tami, dan Kak Olan yang senantiasa membantu penulis dalam pengurusan administrasi-administrasi.
10. Teman-teman TB; Inu, Nisaf, Nuaz, Danti O, Dhea, Cesha, Rehana, dan Izzah, yang ada dan mewarnai cerita perkuliahan penulis, terima kasih atas kehangatannya, semoga selalu dimampukan dan dimudahkan dalam segala urusan.
11. Anisa Safitri, S.T. yang membersamai penulis dari awal penulisan Tugas Akhir, teman diskusi, dan partner dalam pengambilan data Tugas Akhir. Terima kasih sudah menjadi tempat bertukar pikiran yang baik.
12. Teman-teman Asisten Lab. Sanitasi dan Persampahan yang membersamai penulis menjelang akhir perkuliahan, Danti, Nisaf, Nuaz, Enjel, Buya, Yani, Pute, Naya, Cipa, Airin, dan Aul, terima kasih atas kerja sama, canda tawa, dan pengalamannya, semoga selalu dimampukan dan dimudahkan dalam segala urusan.
13. Teman-teman Teknik Lingkungan 2019 yang membersamai penulis dari awal hingga akhir perkuliahan, terima kasih beberapa tahunnya, semoga selalu dimampukan dan dimudahkan dalam segala urusan.
14. Teman-teman dan adik-adik Teknik Lingkungan 2020 yang membantu penulis dalam pengambilan data, TB, Rifqi, Didik, Arya, Adam, Arya Elektro, Cipa, Mega, Sophi, Wiwi, Yo, Marco, Shafira, dan teman-teman lain yang namanya tidak dapat ditulis satu persatu, semoga selalu dimampukan dan dimudahkan dalam segala urusan.
15. Teman-teman KP, Petro Genk. Terima kasih Inu, Nisaf, dan Nuaz sudah memberikan memori tersendiri bagi penulis. Semoga api dalam mencari ilmu terjaga.



16. Teman-teman kelompok laboratorium dan mata kuliah yang berkesan, mulai dari Fisdas I, Fisdas II, Kimdas, Hidro I, Hidro II, IUT, Bising, Udara, Air, Kesling, PLT, dan PBPAM.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dan keterbatasan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis meminta maaf dan mengharapkan masukan yang membangun demi penulisan selanjutnya yang lebih baik lagi. Penulis juga berharap sekiranya Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang memiliki kesempatan untuk membacanya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberkati kita semua.



ABSTRAK

NOVIYANTI PASOLANG. *ANALISIS RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH MENGGUNAKAN NETWORK ANALYSIS EXTENSION (BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS) DI KECAMATAN SOMBA OPU KABUPATEN GOWA* (dibimbing oleh Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng. dan Annisa Dwi Damayanti, S.T., M.T.)

Peningkatan timbulan sampah tanpa adanya pengelolaan sampah yang baik hanya akan menimbulkan permasalahan baru bagi lingkungan maupun kesehatan, sehingga diperlukan adanya pengelolaan sampah yang tidak memiliki dampak negatif bagi berbagai sektor. Salah satu komponen pengelolaan sampah, yaitu pengangkutan, merupakan komponen yang memiliki biaya terbesar dalam pengelolaan sampah. Oleh karena itu, perencanaan pengangkutan perlu dilakukan secara efisien, sehingga biaya yang dibutuhkan dapat berkurang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting pengangkutan sampah, rata-rata timbulan sampah perumahan dan non perumahan, merencanakan rute pengangkutan, dan membandingkan rute pengangkutan eksisting dan perencanaan terhadap jarak tempuh dan waktu tempuh pada pengelolaan sampah di Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa. Analisis dilakukan dengan menggunakan *network analysis extension* jenis *vehicle routing problem* pada ArcGIS 10.1. Metode ini mampu memecahkan masalah perutean yang cukup kompleks. Dalam penelitian ini, rute ditentukan berdasarkan jarak tempuh dan waktu tempuh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kecamatan Somba Opu memiliki 8 rute pengangkutan sampah untuk *arm roll* dan 15 rute untuk *dump truck*. Adapun rata-rata timbulan sampah perumahan di Kecamatan Somba Opu sebesar 0,745 kg/h atau 0,0132 m³/hari; sedangkan non perumahan sebesar toko 2,06 kg/h atau 0,015 m³/hari untuk toko; rumah makan 2,71 kg/h atau 0,012 m³/hari; sekolah 3,13 kg/h atau 0,136 m³/hari; rumah ibadah 0,003 kg/h atau 0,00002 m³/hari; kantor 0,86 kg/h atau 0,011 m³/hari; dan pasar 1,03 kg/hari atau 0,038 m³/hari. Sementara itu, rata-rata jarak tempuh *arm roll* sebesar 41,72 km dengan rata-rata waktu tempuh selama 71,77 menit, sedangkan untuk *dump truck* rata-rata memiliki jarak tempuh 41,85 km dengan waktu tempuh 75,29 menit. Jika dibandingkan terhadap jarak tempuh dan waktu tempuh, rute perencanaan memiliki efisiensi jarak dan waktu 0,57% bagi *arm roll*; sedangkan *dump truck* memiliki efisiensi jarak dan waktu 1,14%.

Kata Kunci: Rute, Pengangkutan Sampah, *Network Analysis*



ABSTRACT

NOVIYANTI PASOLANG. *ANALYSIS OF WASTE COLLECTION ROUTES USING NETWORK ANALYSIS EXTENSION (BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM) IN SOMBA OPU DISTRICT, GOWA REGENCY* (supervised by Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng. and Annisa Dwi Damayanti, S.T., M.T.)

An increase in waste generation without proper waste management will only create new problems for the environment and health, so it is necessary to have waste management that does not have a negative impact on various sectors. Sub-system of waste management, transportation, is the component that has the largest cost in waste management. Therefore, transportation planning needs to be done efficiently, so that the costs needed can be reduced. This study aims to determine the existing condition of waste transportation, the average residential and non-residential waste generation, plan the transportation route, and compare the existing and planned transportation routes to the distance traveled and travel time in waste management in Somba Opu District, Gowa Regency. The analysis was carried out using a network analysis extension type of vehicle routing problem in ArcGIS 10.1. This method is capable of solving quite complex routing problems. In this study, the route is determined based on the distance and travel time. The results showed that Somba Opu District has 8 waste transport routes for arm rolls and 15 routes for dump trucks. The average residential waste generation in Somba Opu District is 0.745 kg/day or 0.0132 m³/day; while for non-residential shops it is 2.06 kg/h or 0.015 m³/day for shops; restaurant 2.71 kg/day or 0.012 m³/day; school 3.13 kg/day or 0.136 m³/day; houses of worship 0.003 kg/day or 0.00002 m³/day; office 0.86 kg/d or 0.011 m³/day; and market 1.03 kg/day or 0.038 m³/day. Meanwhile, the average arm roll mileage is 41.72 km with an average travel time of 71.77 minutes, while dump trucks have an average mileage of 41.85 km with a travel time of 75.29 minutes. When compared to the travel distance and travel time, the planning route has a distance and travel time efficiency of 0.57% for arm roll; while the dump truck has a distance and travel time efficiency of 1.14%.

Keywords: Route, Waste Transportation, Network Analysis



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah didefinisikan sebagai hasil dari kegiatan manusia dan/atau proses alam dalam bentuk padatan (UU No. 18 Tahun 2008). Berdasarkan definisi tersebut, dapat diketahui bahwa perkembangan aktivitas manusia sebagai hasil dari pertumbuhan penduduk dapat mempengaruhi timbulan sampah yang dihasilkan. Hal tersebut didukung dengan data BPS (2019 & 2020), bahwa jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2019 adalah 268.074.600 jiwa dan pada tahun 2020 adalah 270.203.900 jiwa; sedangkan data SIPSN MENLHK (2019 & 2020) menunjukkan bahwa timbulan sampah Indonesia pada tahun 2019 adalah 29.187.594,96 ton/tahun atau 79.966,01 ton/hari, sedangkan timbulan sampah Indonesia pada tahun 2020 adalah 32.303.098,28 ton/tahun atau 88.501,64 ton/hari. Dengan demikian, pertumbuhan penduduk mempengaruhi timbulan sampah yang dihasilkan.

Peningkatan timbulan sampah tanpa adanya pengelolaan sampah yang baik hanya akan menimbulkan permasalahan baru bagi lingkungan maupun kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan sampah yang terencana dengan baik untuk meminimalisir dampak yang dihasilkan (Arribas, Carola, dan Alejandro, 2020). Pengelolaan sampah merupakan suatu kegiatan yang terstruktur, menyeluruh, dan berkesinambungan, yang mencakup pengurangan serta penanganan sampah (UU No. 18 Tahun 2008). Menurut Putra, dkk. (2020), pengelolaan sampah dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu segi non-operasional dan segi operasional. Segi non-operasional meliputi peraturan, institusi, retribusi, dan keterlibatan masyarakat. Sementara itu, dalam SNI 19-2454-2002 dijelaskan bahwa segi operasional meliputi pewadahan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan, pengolahan dan pemilahan, serta pembuangan akhir sampah.

Menurut Coffey dan Coad (2010), sub-sistem pengelolaan sampah, yaitu pengumpulan dan pengangkutan, merupakan komponen yang memiliki biaya

dalam pengelolaan sampah. Hal tersebut didukung oleh pernyataan r (2013), bahwa biaya pengumpulan dan pengangkutan sampah mencapai lari total biaya pengelolaan sampah. Shafik, dkk. (2022) turut menjelaskan



bahwa biaya pengumpulan dan pengangkutan sampah mencapai 60-70% dalam pengelolaan sampah. Besarnya biaya yang dibutuhkan dipengaruhi oleh jumlah dan komposisi sampah, serta metode transportasi. Oleh karena itu, perencanaan pengumpulan dan pengangkutan perlu dilakukan secara efisien, sehingga biaya yang dibutuhkan dapat berkurang.

Pengumpulan dan pengangkutan sampah tidak hanya berkaitan dengan biaya, melainkan juga dengan kualitas lingkungan. Tidak adanya pengumpulan dan pengangkutan sampah yang teratur dapat memicu masyarakat untuk membuang sampahnya secara sembarangan (*illegal dumping*) (Akbar, 2018). Coffey dan Coad (2010) turut menjelaskan bahwa pengumpulan dan pengangkutan sampah yang tidak teratur dapat menyebabkan penumpukan sampah pada suatu lahan, jalan, dan di sekitar badan air. Hal tersebut tentunya berdampak pada lingkungan, karena air lindi dari sampah dapat merembes ke tanah ataupun masuk ke sumber air terdekat, sehingga mempengaruhi kualitas air. Selain itu, permasalahan ini dapat mempengaruhi kesehatan manusia karena tumpukan sampah dapat menjadi tempat berkembangbiakan berbagai vektor penyakit. Menurut Coad (2011), perilaku *illegal dumping* juga dapat dipengaruhi oleh pelayanan pengelolaan sampah yang kurang memuaskan, kurangnya kapasitas wadah sampah atau tempat penampungan sementara (TPS), dll.

Berbagai penelitian terkait pengumpulan dan pengangkutan sampah telah dilakukan, antara lain mengenai optimasi rute pengangkutan terhadap jarak dan waktu (Rahman dan Maryono, 2020), optimasi rute pengangkutan terhadap jarak, waktu, dan biaya bahan bakar (Putra, dkk., 2020 dan Sulemana, dkk., 2018), dll. Penelitian Sulemana, dkk., (2019) membuktikan bahwa pengoptimalan rute pengumpulan dan pengangkutan sampah dapat mengurangi jarak tempuh sebesar 4.79%, waktu tempuh sebesar 14,21%, dan konsumsi bahan bakar sebesar 10,81% dari rute eksisting. Penelitian lainnya juga telah dilakukan oleh Aulenia, Jinca, dan Sutopo (2020) mengenai konsep pengangkutan sampah di Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa. Pada penelitian tersebut, dilakukan analisis terhadap jumlah

n TPS dan kendaraan pengangkut, perencanaan rute pengangkutan, dan aan jadwal pengangkutan sampah. Metode yang digunakan dalam an titik TPS perencanaan adalah *tools buffer* pada ArcGIS, sedangkan rute



perencanaan dianalisis dengan meninjau kondisi lalu lintas Kabupaten Gowa melalui *Google Maps*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rute perencanaan dapat mengurangi ± 1 km jarak tempuh dan 2-3 menit waktu tempuh dari rute eksisting.

Kecamatan Somba Opu merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Gowa dengan penduduk terbanyak, yaitu sebanyak 153,445 jiwa (BPS, 2021). Dari data tersebut, potensi timbunan sampah dari Kecamatan Somba Opu semakin besar. Berdasarkan hasil observasi awal di lapangan, kondisi pengumpulan dan pengangkutan sampah di kecamatan ini diduga belum efisien. Hal tersebut didukung dengan adanya beberapa titik penumpukan sampah di lahan terbuka serta kondisi sampah pada kontainer (wadah sampah komunal) yang melebihi kapasitas kontainer. Dapat dilihat Lampiran 1. Kondisi tersebut dikhawatirkan akan mengganggu kesehatan masyarakat ataupun kualitas lingkungan. Dengan adanya perencanaan rute yang efisien, diharapkan dapat meminimalkan jarak dan waktu tempuh kendaraan pengangkut, sehingga dapat memiliki waktu ritasi lebih banyak, dengan demikian sampah yang diangkut ke TPA akan lebih banyak dan mengurangi penumpukan sampah pada lahan-lahan terbuka.

Pada penelitian ini, efisiensi rute pengangkutan didasarkan pada jarak tempuh, waktu tempuh, dan kapasitas kendaraan. Adapun metode yang akan digunakan berbasis sistem informasi geografis, dimana untuk merencanakan rute yang efisien menggunakan *Vehicle Routing Problem* pada *Network Analysis Extension* ArcGIS. Metode *Vehicle Routing Problem* dipilih karena mampu merencanakan rute terbaik bagi suatu kendaraan untuk dapat memberikan pelayanan sebanyak-banyaknya dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan, waktu istirahat pengemudi, dan faktor lainnya, sehingga dapat meminimalkan biaya operasional (Esri, 2022).

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka diperlukan adanya perencanaan rute pengangkutan sampah di Kecamatan Somba Opu. Oleh karena itu, penulis memilih judul Tugas Akhir “Analisis Rute Pengangkutan Sampah Menggunakan *Network Analysis Extension* (Berbasis Sistem Informasi Geografis) di Kecamatan Somba Opu Kabupaten Gowa”



1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini yaitu:

1. Bagaimana kondisi eksisting pengangkutan sampah di Kecamatan Somba Opu?
2. Berapa rata-rata timbulan sampah perumahan dan non perumahan yang dihasilkan Kecamatan Somba Opu?
3. Bagaimana perencanaan rute pengangkutan sampah yang efisien berdasarkan jarak tempuh dan waktu tempuh pada pengelolaan sampah di Kecamatan Somba Opu?
4. Bagaimana perbandingan tingkat efisiensi rute eksisting dengan rute perencanaan terhadap jarak tempuh dan waktu tempuh pada pengangkutan sampah di Kecamatan Somba Opu?

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini yaitu:

1. Mengetahui kondisi eksisting pengangkutan sampah di Kecamatan Somba Opu.
2. Mengetahui rata-rata timbulan sampah perumahan dan non perumahan yang dihasilkan Kecamatan Somba Opu.
3. Merencanakan rute pengangkutan sampah yang efisien berdasarkan jarak tempuh dan waktu tempuh pada pengelolaan sampah di Kecamatan Somba Opu.
4. Membandingkan tingkat efisiensi rute eksisting dengan rute perencanaan terhadap jarak tempuh dan waktu tempuh pada pengangkutan sampah di Kecamatan Somba Opu

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut adalah beberapa manfaat penelitian bagi beberapa pihak, yaitu:



1. Bagi Pemerintah

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan dan pertimbangan dalam perencanaan pengelolaan sampah di Kecamatan Somba Opu, terutama pada komponen pengangkutan sampah.

2. Bagi Masyarakat dan Umum

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi tambahan mengenai konsep perencanaan pengangkutan sampah yang lebih efisien terhadap jarak tempuh dan waktu tempuh.

3. Bagi Penulis

- a. Penelitian ini membantu penulis untuk lebih mempelajari dan memahami konsep pengelolaan sampah, terutama pada komponen pengangkutan sampah.
- b. Penelitian ini membantu penulis untuk lebih mempelajari aplikasi sistem informasi geografis, yang sangat bermanfaat apabila terdapat penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan sistem informasi geografis.

1.5 Ruang Lingkup

Batas permasalahan pada Tugas Akhir ini yaitu:

1. Perencanaan rute hanya dilakukan untuk kendaraan jenis *arm roll* dan *dump truck*, yang digunakan untuk mengangkut sampah di Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa.
2. Perencanaan rute mempertimbangkan jarak tempuh, waktu tempuh, dan kapasitas sampah terangkut.
3. Pada perhitungan waktu tempuh, jalanan diasumsikan tidak macet dan tidak termasuk waktu pelayanan pada setiap lokasi ataupun waktu pembongkaran sampah di tempat pemrosesan akhir (TPA).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 sampah spesifik.

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 kegiatan konstruksi, 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.



2.2 Timbunan Sampah

SNI 19-2454-2002 mendefinisikan timbunan sampah sebagai jumlah sampah yang dihasilkan oleh masyarakat yang dinyatakan dalam satuan volume atau berat per hari, per luas bangunan, ataupun per panjang jalan. Damanhuri dan Padmi (2010) menyatakan bahwa, data mengenai timbunan sampah merupakan hal mendasar yang diperlukan dalam perencanaan pengelolaan persampahan, karena data tersebut menjadi dasar pertimbangan dalam perencanaan pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, bahkan tempat pemrosesan akhir (TPA). Timbunan sampah dapat diperoleh dengan pengukuran secara langsung di lapangan sesuai dengan SNI 19-3964-1994 ataupun estimasi berdasarkan standar yang telah tersedia.

Sesuai dengan SNI 19-3964-1994, lokasi pengambilan sampel timbunan sampah terdiri dari dua kelompok utama, yaitu kelompok perumahan dan non perumahan. Untuk kelompok perumahan, lokasi pengambilan sampel terbagi lagi menjadi rumah permanen yang dinilai memiliki pendapat tinggi, rumah semi permanen berpendapatan sedang, dan rumah non permanen berpendapatan rendah. Sementara itu, untuk kelompok non perumahan, lokasi pengambilan sampel meliputi toko, kantor, sekolah, pasar, jalan, hotel, restoran atau rumah makan, serta berbagai fasilitas umum lainnya. Adapun pengambilan sampel dilakukan selama delapan hari berturut-turut pada lokasi yang sama dan dilaksanakan dalam dua pertengahan musim tahun pengambilan sampel, dengan dilakukan paling lama lima tahun sekali.

Di Indonesia, umumnya timbunan sampah dinyatakan dalam satuan berat ataupun volume, misalnya $\text{kg}/\text{o}/\text{h}$, $\text{kg}/\text{m}^2/\text{h}$, kg/bed , $\text{L}/\text{o}/\text{h}$, $\text{L}/\text{m}^2/\text{h}$, $\text{L}/\text{bed}/\text{h}$, dsb. Timbunan sampah yang dihasilkan setiap hari oleh suatu daerah akan bervariasi. Hal tersebut disebabkan oleh adanya beberapa faktor, antara lain tingkat pertumbuhan penduduk, musim, gaya hidup masyarakat, cara pengolahan sampah, dsb (Damanhuri dan Padmi, 2010).

Dalam SNI 19-3983-1995, besaran timbunan sampah diklasifikasikan ke dalam komponen sumber sampah dan klasifikasi kota, dapat dilihat pada tabel



Tabel 1 Timbulan sampah berdasarkan komponen sumber sampah

No.	Komponen Sumber Sampah	Satuan	Volume (Liter)	Berat (Kg)
1	Rumah permanen	/org/hari	2,25-2,50	0,350-0,400
2	Rumah semi permanen	/org/hari	2,00-2,25	0,300-0,350
3	Rumah non permanen	/org/hari	1,75-2,00	0,250-0,300
4	Kantor	/pegawai/hari	0,50-0,75	0,025-0,100
5	Toko/ruko	/petugas/hari	2,50-3,00	0,150-0,350
6	Sekolah	/murid/hari	0,10-0,15	0,010-0,020
7	Jalan arteri sekunder	/meter/hari	0,10-0,15	0,020-0,100
8	Jalan kolektor sekunder	/meter/hari	0,10-0,15	0,010-0,050
9	Jalan lokal	/meter/hari	0,05-0,1	0,005-0,025
10	Pasar	/meter ² /hari	0,20-0,60	0,1-0,3

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (1995)

Berikut adalah besaran timbulan sampah berdasarkan klasifikasi kota:

Tabel 2 Timbulan sampah berdasarkan klasifikasi kota

No.	Klasifikasi Kota	Satuan	
		Volume (L/o/h)	Berat (Kg/o/h)
1	Kota sedang	2,75-3,25	0,70-0,80
3	Kota kecil	2,5-2,75	0,625-0,70

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (1995)

2.3 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 pengelolaan sampah 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. 03 Tahun 2018 dijelaskan bahwa, pengangkutan sampah harus mempertimbangkan pola pengangkutan, armada pengangkut, rute, alat, dan aspek pembiayaan. Untuk pola pengangkutan, dapat dilakukan dua sistem, yaitu *hailed container system* (HCS) dan *stationary container system* (CS).

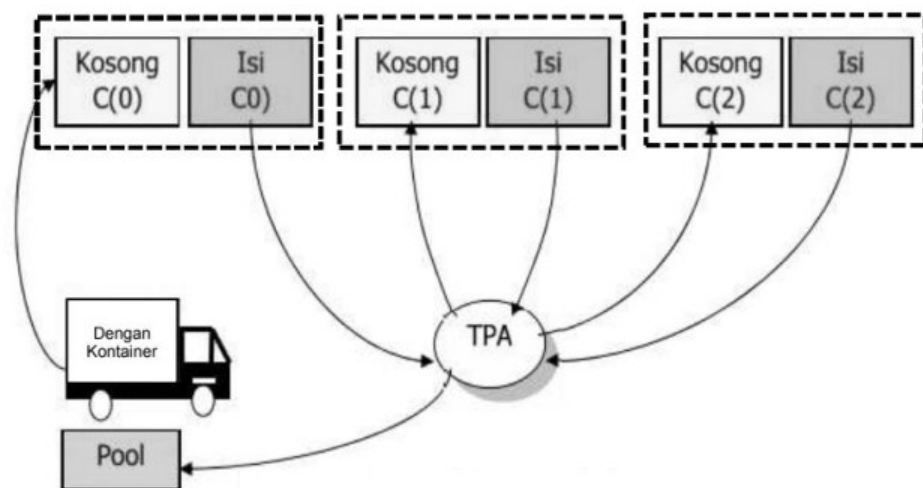


1. Sistem kontainer angkat (*Hauled Container System/HCS*)

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:

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

Skema pengangkutan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1 Pola sistem kontainer angkat (HCS)

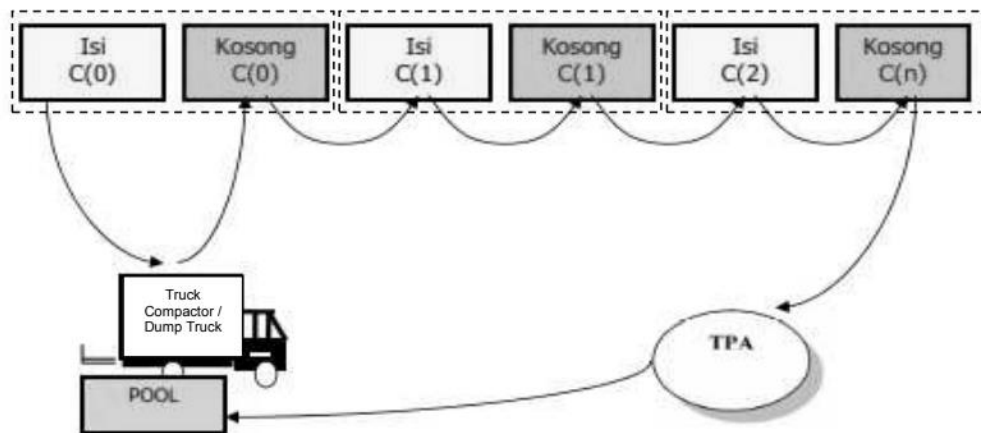
Sumber: PermenPU No. 03 Tahun 2018

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

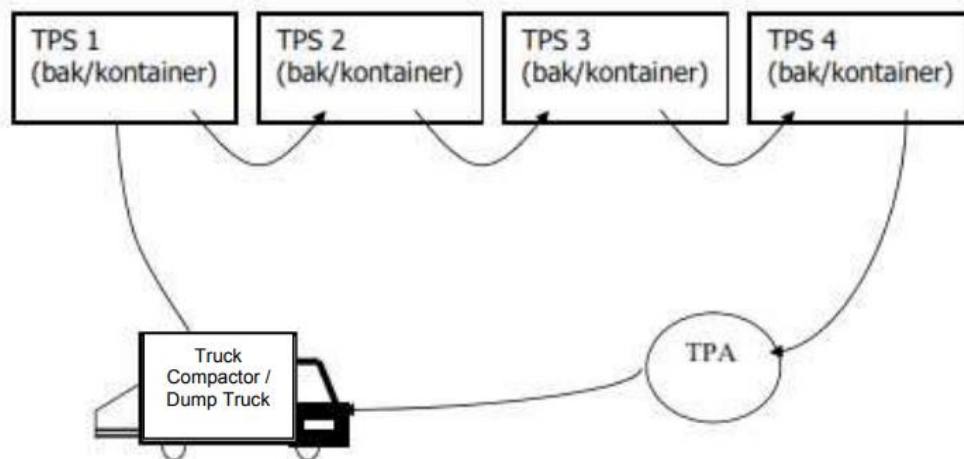
Sistem pengangkutan SCS dilakukan pada wadah yang tidak dapat dipindahkan, artinya metode pengangkutan ini mengangkut sampah yang telah dipindahkan dari wadah sebelumnya. Metode SCS dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara mekanis ataupun manual. Secara mekanis, pengangkutan dilakukan dengan menggunakan truk kompaktor atau kontainer yang sesuai dengan jenis 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; pola pengangkutan dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 2 Pola pengangkutan SCS mekanis
Sumber: PermenPU No. 03 Tahun 2018



Gambar 3 Pola pengangkutan SCS manual
Sumber: PermenPU No. 03 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*

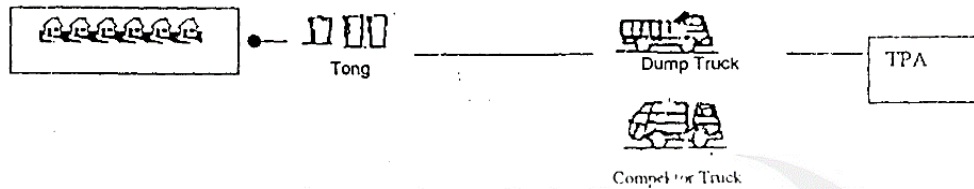
Pengangkutan dilakukan dengan cara:

- a. 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.



- c. 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*

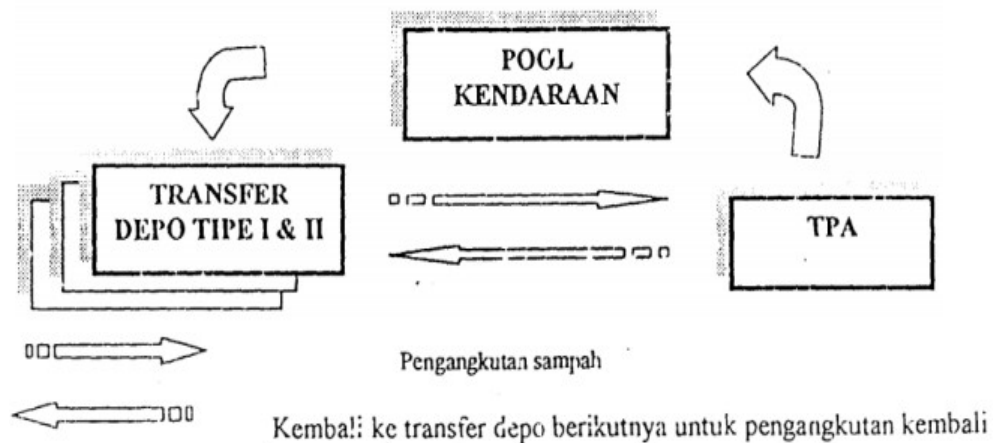
Sumber: SNI 19-2454-2002

2. Pola pengangkutan dengan cara transfer depo

Pengangkutan dilakukan dengan cara:

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

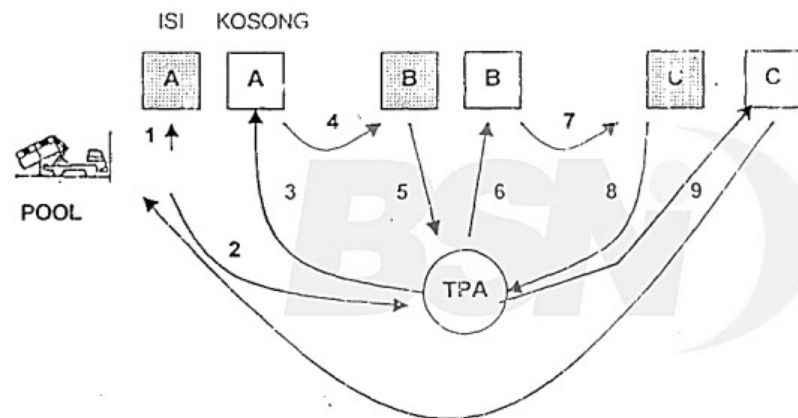
pengangkutan kontainer cara 1, yaitu:

- Dari *pool*, truk pengangkut mengambil sampah pada kontainer isi pertama.
- 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

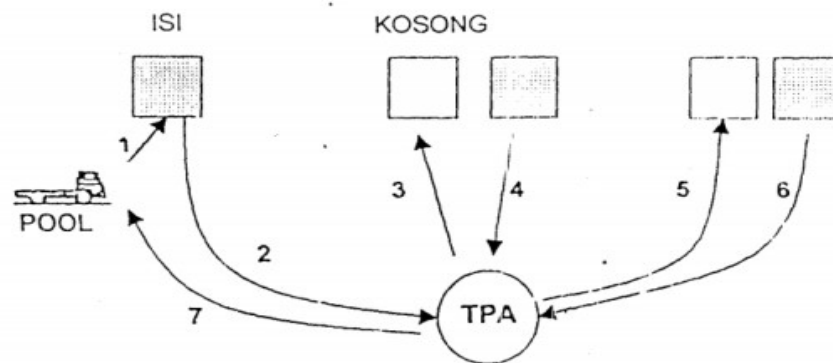
b. Pengangkutan kontainer cara 2

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:



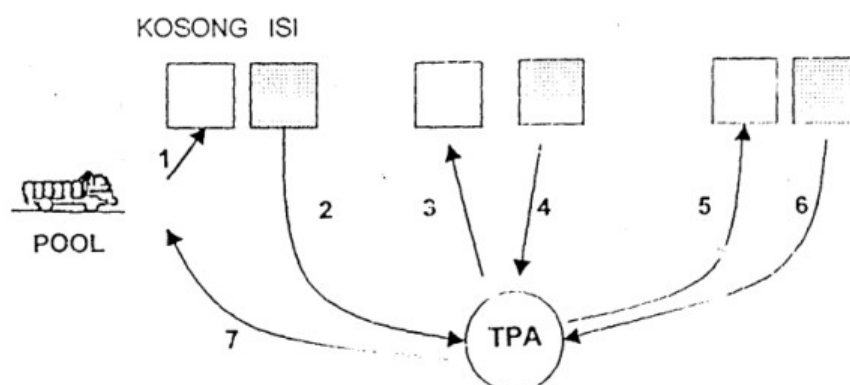
Gambar 7 Pola pengangkutan kontainer cara 2
Sumber: SNI 19-2454-2002

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

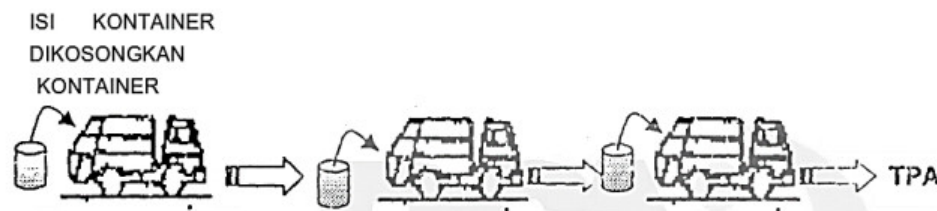


d. Pengangkutan sistem kontainer tetap

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

- (1) Dari *pool*, truk menuju kontainer pertama. Sampah dituang ke dalam truk kompaktor, kemudian kontainer kosong diletakkan ke tempatnya semula.
- (2) Setelah itu, truk menuju kontainer berikutnya hingga kapasitas truk penuh.
- (3) Setelah itu, truk menuju TPA untuk dilakukan pengosongan.
- (4) 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, tinggik 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 (PermenPU No. 03 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 bervariasi, yaitu 6 m³, 8 m³, 10 m³, dan 14 m³. Efisiensi dapat tercapai la ritasi perhari minmum 3 dan jumlah awak maksimum 3. Selain itu, *truck* juga perlu dilengkapi dengan penutup guna meminimalisir dampak



yang dihasilkan bagi lingkungan ataupun masyarakat. Contoh *dump truck* dapat dilihat pada **Gambar 10**.

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 m³, 8 m³, dan 10 m³. Efisiensi dapat tercapai apabila ritasi perhari minmum 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. Contoh *arm roll truck* dapat dilihat pada **Gambar 10**.

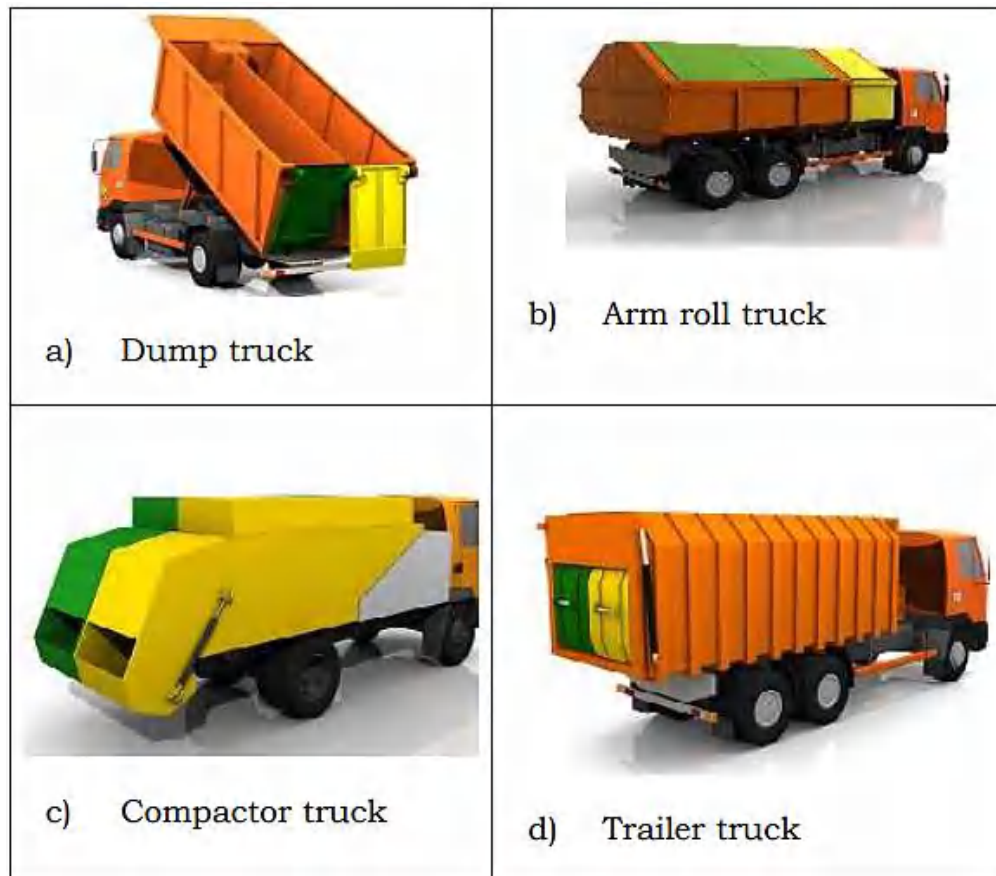
3. *Compactor truck*

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 m³, 8 m³, dan 10 m³. Efisiensi dapat tercapai apabila ritasi perhari minmum 3 dan jumlah awak maksimum 2. Contoh *compactor truck* dapat dilihat pada **Gambar 10**.

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 minmum 5 dan jumlah awak maksimum 2. Contoh *trailer truck* dapat dilihat pada **Gambar 10**.





Gambar 10 Kendaraan pengangkut sampah
Sumber: PermenPU No. 03 Tahun 2018

Menurut PermenPU No. 03 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.



ih dengan timbulan sampah yang cukup banyak diangkut terlebih dahulu.
ih dengan timbulan sampah sedikit diusahakan terangkut dalam hari yang

2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG)

2.4.1 Definisi

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

2.4.2 Komponen-komponen SIG

Sistem informasi geografis bekerja dengan menginterasikan 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.
- a. Alat pemrosesan: berfungsi untuk mengolah, menganalisis, dan menyimpan data-data yang diperlukan. Contoh: CPU dan *disk drive*.
- b. 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.

2.4.3 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



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

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. Dapat dilihat pada **Gambar 11**.

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

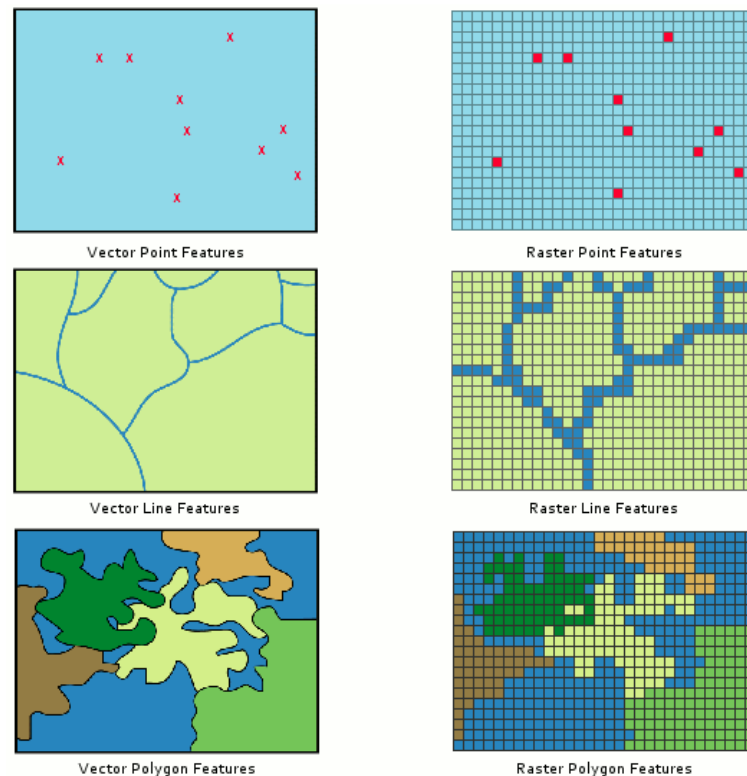
Poligon merupakan daerah cakupan yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama. Data ini merepresentasikan objek dalam dua dimensi. Contoh objek yang dinyatakan dalam bentuk poligon antara lain wilayah administrasi kota, kabupaten, dsb; sungai, danau, dll.

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

satelit. Dapat dilihat pada **Gambar 11**.





Gambar 11 Jenis-jenis data SIG

Sumber: www.citrasatelit.com

2.4.4 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

merupakan proses analisis dengan cara tabular. Jenis analisis oleh SIG 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.

5. Visualisasi data

Setelah analisis selesai dilakukan, data kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta atau grafis.

2.5 Ekstensi Analisis Jaringan (*Network Analysis Extension*)

Network analysis merupakan salah satu ekstensi pada aplikasi *ArcGIS*, yang dapat digunakan untuk melakukan analisa jaringan. Jaringan yang dimaksud antara lain jaringan listrik, jaringan pipa, jaringan sungai, jaringan jalan, dsb. Dalam melakukan analisa, ekstensi ini akan menghasilkan jalur dengan impedansi terkecil. Pada prosesnya, *network analysis* memerlukan sebuah *network dataset* terlebih dahulu, nantinya *network dataset* tersebutlah yang akan digunakan untuk melakukan proses analisis (Buana, 2010).

Menurut Adilang, Tungka, dan Warouw (2022), *network analysis* mampu menyelesaikan permasalahan alternatif jaringan berdasarkan berbagai parameter. Menurut Yolitta (2018), pada suatu jaringan, hubungan atau konektivitas antar jaringan merupakan hal yang utama karena berperan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan diselesaikan. Kementerian Pekerjaan Umum (2014) dalam Yolitta (2018) menyatakan bahwa analisis jaringan adalah metode untuk mengetahui jaringan jalan dengan mempertimbangkan jarak tempuh, waktu tempuh, ataupun kecepatan kendaraan berdasarkan kondisi jalan. Hal ini berguna dalam identifikasi ataupun evaluasi kondisi jalan, sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam perencanaan berikutnya, terutama berguna dalam hal efisiensi waktu, biaya, ataupun meningkatkan aksesibilitas.

work analysis extension mampu memecahkan permasalahan jaringan seperti menentukan rute terbaik dari satu lokasi ke lokasi lainnya,



menemukan kendaraan atau fasilitas terdekat, mengidentifikasi area layanan, melayani suatu lokasi dengan memperhatikan kapasitas kendaraan, ataupun memilih fasilitas terbaik untuk dibuka atau ditutup. Dalam hal perencanaan rute, rute terbaik dapat berupa rute terpendek, tercepat, atau ternyaman, hal ini ditentukan berdasarkan impedansi yang digunakan. Impedansi merupakan sebuah tolak ukur atau acuan. Jika impedansi yang digunakan adalah waktu, maka rute terbaik adalah rute tercepat, begitu pula jika impedansi berupa jarak, maka rute terbaik adalah rute terdekat. Berdasarkan definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa rute terbaik adalah rute dengan impedansi terendah. Terdapat beberapa metode pemecahan masalah dalam ekstensi ini, yaitu (ESRI, 2021):

1. *Route*

Metode ini digunakan untuk mendapatkan rute terbaik dari satu lokasi ke lokasi lainnya, ataupun untuk mengunjungi beberapa lokasi. Jika terdapat lebih dari dua pemberhentian, rute terbaik dapat ditentukan berdasarkan urutan lokasi yang ditentukan oleh pengguna. Dengan demikian, metode ini bertujuan untuk mengunjungi suatu pemberhentian sebanyak-banyaknya. Dapat dilihat pada gambar berikut:



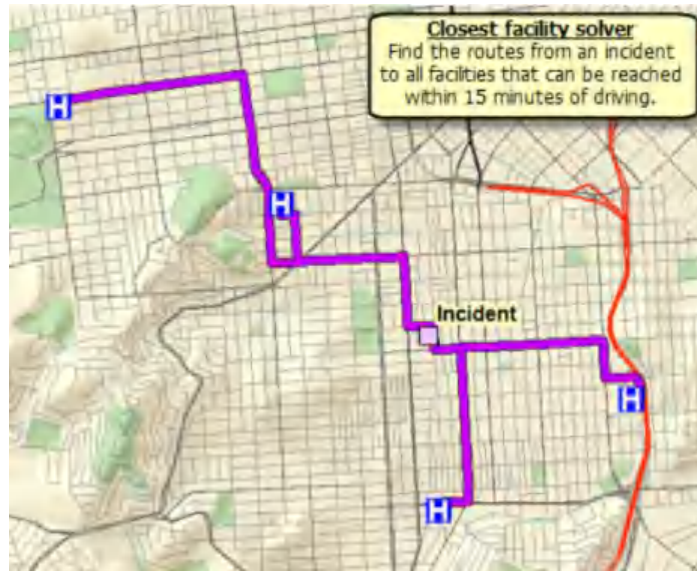
Gambar 12 Contoh hasil analisis *route*
Sumber: ESRI, 2021

2. *Closest facility*

Sesuai dengan namanya, metode ini digunakan untuk mendapatkan fasilitas terdekat dari suatu lokasi. Pada prosesnya, metode ini dapat menentukan jumlah as yang akan terpilih ataupun arah perjalanan menuju fasilitas atau uhi fasilitas. Sebagai contoh, metode ini digunakan untuk mencari rumah dalam waktu 15 menit berkendara dari suatu lokasi, maka hasil analisis



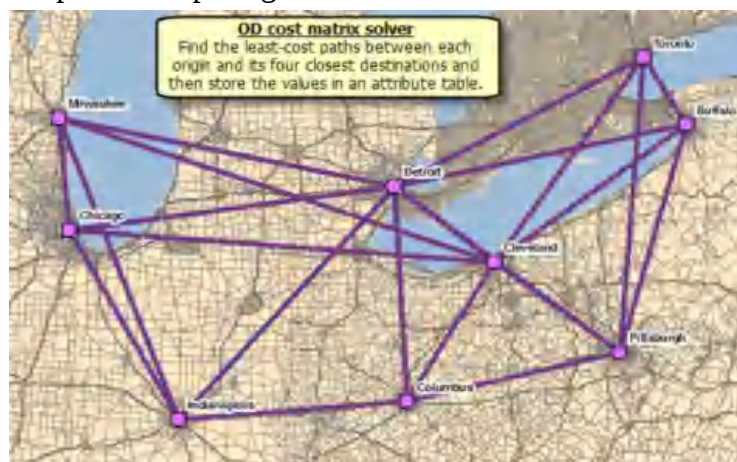
akan menampilkan semua rumah sakit yang memenuhi kriteria tersebut, jika terdapat rumah sakit yang memerlukan waktu lebih dari 15 menit untuk dicapai, maka *solver* tidak akan memasukkannya dalam hasil analisis. Dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 13 Contoh hasil analisis *closest facility*
Sumber: ESRI, 2021

3. *OD cost matrix*

Metode ini dapat digunakan untuk menentukan jalur dengan cost terendah dari beberapa asal ke beberapa tujuan, dalam artian, akan ditemukan jalur jaringan terbaik untuk setiap pasangan asal dan tujuan. Sebagai contoh, metode ini akan digunakan untuk mencapai empat lokasi terdekat dari dua lokasi asal, maka hasil analisis akan menampilkan empat lokasi terdekat dari masing-masing lokasi asal. Dapat dilihat pada gambar berikut:

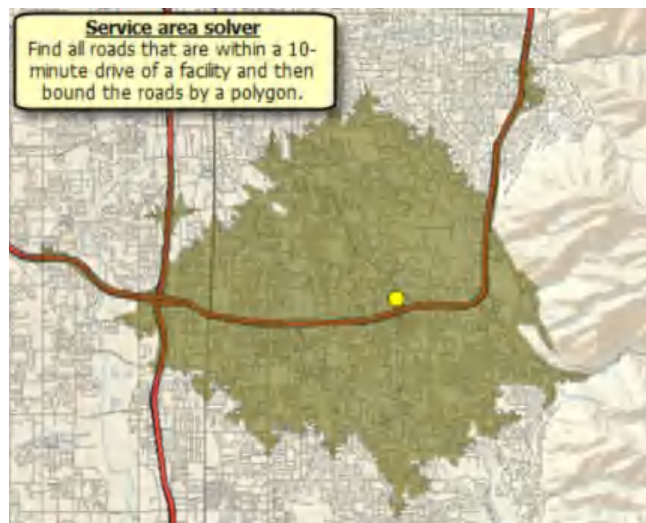


Gambar 14 Contoh hasil analisis *OD cost matrix*
Sumber: ESRI, 2021



4. *Service areas*

Metode ini dapat digunakan untuk menemukan suatu area cakupan layanan sekitar bagi sebuah lokasi, dalam kata lain, metode ini mampu menginformasikan wilayah mana saja yang dapat dicakup oleh sebuah fasilitas, dengan berdasar pada jalan-jalan yang dapat diakses. Sebagai contoh, akan ditemukan area mana saja yang dapat dijangkau dalam 10 menit, maka hasil analisis akan menampilkan semua area jalan yang dapat dijangkau dalam waktu 10 menit dari fasilitas tersebut. Dapat dilihat pada gambar berikut:



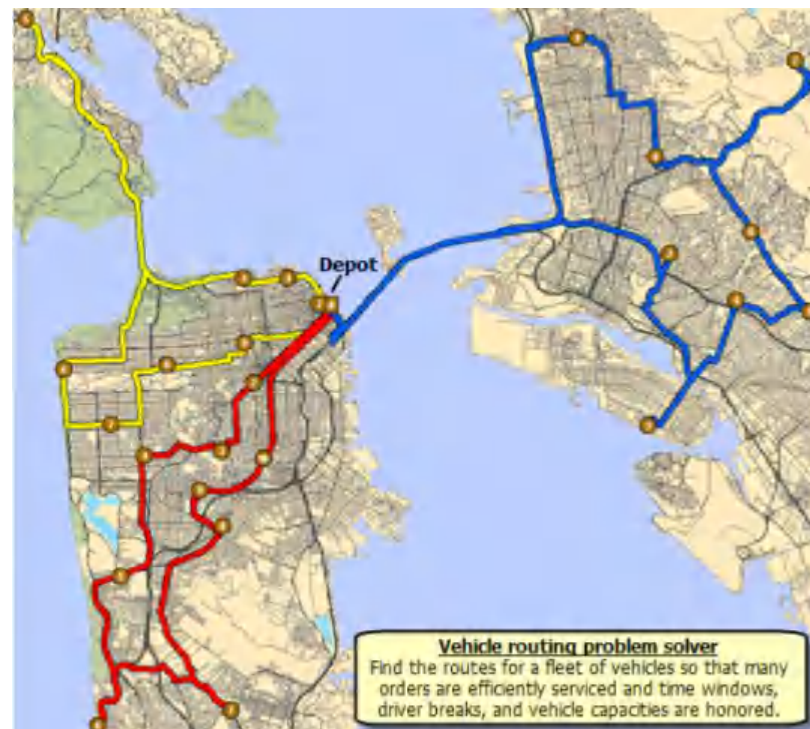
Gambar 15 Hasil analisis *service area*
Sumber: ESRI, 2021

5. *Vehicle routing problem*

Metode ini dapat digunakan untuk memecahkan masalah perutean kendaraan, yang berfokus pada penyediaan pelayanan tingkat tinggi dengan memenuhi waktu tertentu sekaligus memperhatikan biaya operasional dan investasi agar tetap serendah mungkin. Metode ini dapat menjadi solusi dalam perencanaan manajemen armada yang sangat kompleks. Sebagai contoh, sebuah gudang memiliki tiga truk, yang mana gudang hanya beroperasi pada waktu tertentu dan setiap truk memiliki kapasitas tertentu. Kemudian, setiap toko memiliki permintaan untuk sejumlah barang tertentu dari gudang tersebut dan terdapat batasan waktu pengiriman. Hal lainnya yaitu, pengemudi hanya dapat bekerja delapan jam per hari, memerlukan waktu tertentu untuk istirahat, dan harus sesuai dengan toko yang dilayani. Hasil analisis akan menampilkan rute rencana perjalanan, sehingga pengiriman dapat dilakukan dengan tetap



memenuhi semua persyaratan layanan dan meminimalkan total waktu yang dihabiskan pengemudi pada suatu rute. Dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 16 Contoh hasil analisis *vehicle routing problem*
Sumber: ESRI, 2021

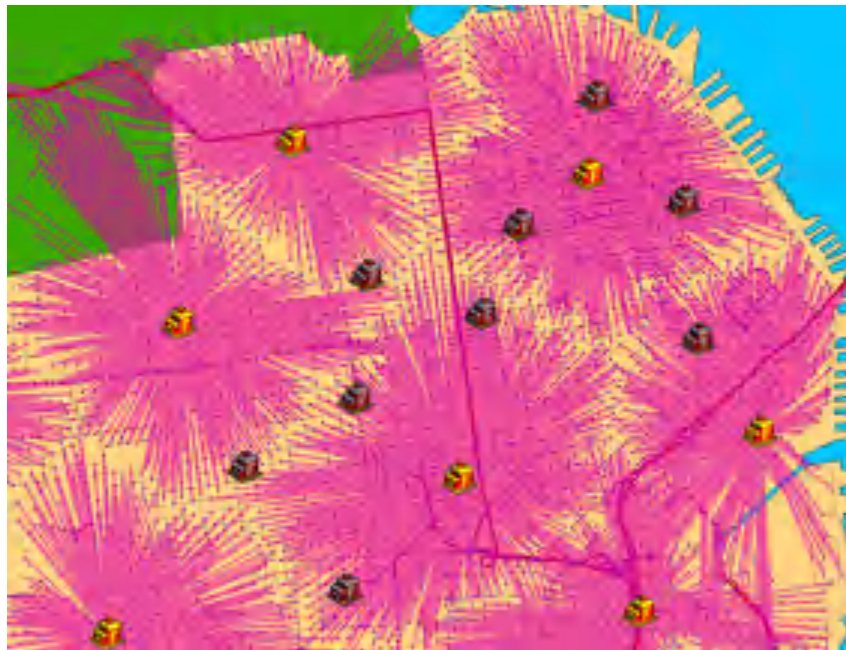
Meskipun demikian, kekurangan dari metode ini adalah memerlukan data jaringan jalan yang telah siap digunakan, karena apabila tidak, perencana perlu melakukan *cleaning data* terlebih dahulu dan hal tersebut memerlukan waktu yang cukup lama dengan ketelitian yang tinggi. Sementara itu, metode ini dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan perutean kendaraan bagi daerah yang cukup luas (skala besar), namun diperlukan pihak perencana yang memiliki keahlian tinggi dalam bidang ini.

6. *Location-allocation*

Pada dasarnya, metode ini digunakan untuk menemukan fasilitas mana saja yang akan dioperasikan berdasarkan potensi interaksinya dengan titik permintaan. Fungsi metode ini antara lain untuk meminimalkan jarak keseluruhan antara titik permintaan dan fasilitas, memaksimalkan jumlah titik permintaan yang mampu dilayani dalam jarak tertentu dari suatu fasilitas, memaksimalkan jumlah permintaan yang berkurang seiring dengan bertambahnya jarak dari fasilitas, ataupun memaksimalkan jumlah permintaan.



Sebagai contoh, akan ditentukan stasiun pemadam kebakaran mana saja yang tidak diperlukan, dengan mengacu pada waktu respon maksimum yang diperbolehkan. Pada analisis ini, ditetapkan bahwa beberapa stasiun dapat ditutup dan syarat waktu respon adalah tiga menit. Hasil analisis menampilkan bahwa terdapat sembilan stasiun yang dapat ditutup dan minimal terdapat tujuh stasiun agar pemadam kebakaran tetap dapat melayani keadaan darurat dalam waktu tiga menit. Dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 17 Contoh hasil analisis *location-allocation*
Sumber: ESRI, 2021



2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini:

Tabel 3 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.	Pratama, John, dan Sudiyo, 2019	Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah Berbasis Sistem Informasi Geografis di Kupang	1. Menghitung proyeksi penduduk dan jumlah timbulan sampah yang dihasilkan dalam 5 tahun kedepan. 2. Menghitung kebutuhan jumlah TPS berdasarkan jumlah timbulan sampah. 3. Merencanakan rute pengangkutan sampah yang optimal terhadap jarak tempuh dan volume alat angkut.	1. Timbulan sampah Kota Kupang tahun 2021 mencapai 473,01 m³/hari dengan jumlah penduduk 455.035 jiwa. 2. Dilihat dari tiap kecamatan, terdapat 3 kecamatan yang membutuhkan penambahan TPS. 3. Terdapat 25 rute perencanaan yang lebih menguntungkan dari rute eksisting dan 7 rute perencanaan yang tidak menunjukkan keuntungan (tetap).
3.	Mahmudah dan ... 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.
	n dan ..., 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%



No.	Pengarang	Judul	Tujuan	Hasil
5.	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, sehingga biaya dapat berkurang	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%
6.	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.
7.	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.
8.	Sulemana, et al, 2018	<i>Effect of Optimal Routing on Travel Distance, Travel Time, and Fuel Consumption of Waste Collection Trucks</i>	Menganalisis pengaruh optimasi rute terhadap jarak tempuh, waktu tempuh, dan penggunaan bahan bakar truk pengangkut sampah	Optimasi rute mengurangi jarak tempuh sebesar 4,79%; waktu tempuh 14,21%; dan penggunaan bahan bakar 10,81%.
9.	Sulemana et al, 2020	<i>Optimized Routing of 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%.
	Murnianti, ik, dan 2019	Analisis Kinerja Pengangkutan Sampah pada Zona III Kota Banda Aceh (Kecamatan Lueng Bata, Kuta Raja, dan Baiturrahman)	Mengevaluasi pengangkutan sampah berdasarkan pola pengumpulan dan pengangkutan, frekuensi pengangkutan, dan jumlah kendaraan pengangkut	Sistem pengumpulan pada beberapa lokasi belum sesuai standar; jumlah ritasi dapat ditingkatkan menjadi 3-4 rit/hari untuk truk kompaktor dan 11 rit/hari untuk <i>arm roll</i> ; serta jumlah kendaraan pengangkut yang dibutuhkan adalah 10 unit.

