

**EFEKTIFITAS PENGANGKUTAN SAMPAH DI TPS/KONTAINER
KOTA MAUMERE**

TESIS

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK
PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar magister teknik



ANTONIUS EKO SETIAWAN

NIM. 136060100111001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

**EFEKTIFITAS PENGANGKUTAN SAMPAH
DI TPS/KONTAINER KOTA MAUMERE**

TESIS

MAGISTER PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik



ANTONIUS EKO SETIAWAN
NIM: 136060100111001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018

EFEKTIFITAS PENGANGKUTAN SAMPAH DI TPS/KONTAINER KOTA MAUMERE

TESIS



Nama Mahasiswa : ANTONIUS EKO SETIAWAN
NIM : 136060100111001
Program Magister : Perencanaan Wilayah dan Kota

Menyetujui,
Pembimbing

Ketua Komisi Pembimbing,

Anggota Komisi Pembimbing,

Dr. Tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng.
NIP. 19720501 199903 2 002

Imma Widyawati Agustin, ST., MT., PhD.
NIP. 197508032006042001

Mengetahui,
Ketua Program Magister Perencanaan Wilayah dan Kota

Dr. Tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng.
NIP. 19720501 199903 2 002



IDENTITAS TIM PENGUJI**JUDUL PENELITIAN TESIS:**

“EFEKTIFITAS PENGANGKUTAN SAMPAH
DI TPS/KONTAINER KOTA MAUMERE”

Nama : Antonius Eko Setiawan
No. Induk Mahasiswa : 136060100111001
Program Magister : Perencanaan Wilayah dan Kota

KOMISI PEMBIMBING:

Ketua : Dr. Tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng.
Anggota : Imma Widyawati Agustin, ST., MT., PhD.

TIM PENGUJI:

Penguji 1 : Dr. Ir. Budi Sugiarto Waloejo, MSP.
Penguji 2 : Dr. Septiana Hariyani, ST., MT.

Tanggal Ujian : 10 Juli 2018

PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia Tesis ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 10 Juli 2018

Mahasiswa,

ANTONIUS EKO SETIAWAN

NIM. 136060100111001

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Maumere, Kabupaten Sikka, Flores, Nusa Tenggara Timur pada tanggal 24 Oktober 1989, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari Bapak Gatot Muryanto dan Ibu Dafrosa Kartini.

Penulis memulai pendidikan di SDN Inpres Madawat dan lulus pada tahun 2001. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMPK Frater Maumere dan lulus pada tahun 2004. Penulis melanjutkan pendidikan SMA di SMAN 1 Maumere dan lulus pada tahun 2007. Pada tahun 2007 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang S1 di Institut Teknologi Nasional Malang dan lulus pada bulan Agustus Tahun 2012. Kemudian pada tahun 2013 penulis melanjutkan kuliah ke jenjang S2 di Universitas Brawijaya Malang.

Malang, 10 Juli 2018

Mahasiswa,

ANTONIUS EKO SETIAWAN

NIM. 136060100111001

UCAPAN TERIMAKASIH

Terselesaikannya penulisan Tesis tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga penulis patut menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. TUHAN YANG MAHA ESA atas segala kemudahan, kelancaran, berkat dan pertolongan yang diberikan;
2. Orang tua saya, bapak Gatot Muryanto, Ibu Dafrosa Kartini, Saudara saya Yasinta Karolina Dewi Kusumawati dan Maria Cintya Trimuryanti serta Kakak ipar Yohanes Yonas Teta, keponakan Aldo, Aldi dan Aurora, Om dan tante semua yang ada di Maumere dan Surabaya atas segala doa dan dukungan yang diberikan kepada saya;
3. Ibu Dr. Tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya;
4. Komisi dosen pembimbing Tesis Ibu Dr. Tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng. dan Ibu Imma Widyawati Agustin, ST., MT., PhD. yang telah memberikan masukan, arahan dan bimbingan dalam setiap penyusunan Tesis;
5. Dosen Penguji Bapak Dr. Ir. Budi Sugiarto Waloejo, MSP. dan Ibu Dr. Septiana Hariyani, ST., MT. yang telah memberikan masukan dalam proses penyempurnaan Tesis;
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Magister Perencanaan Wilayah dan Kota yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan Magister;
7. Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sikka, yang telah memberikan izin dan data-data sekunder yang dibutuhkan selama penyusunan Tesis;
8. Teman angkatan 2013 yang telah membantu dan menjadi teman diskusi yang menyenangkan.
9. Teman dan saudara yang ada di Kota Malang, Ardiyanto Gai, Bonifasius, Jarot Soleman, Yoyo Sanjoyo, Poked Lopez, Rian DJ, kaka Romo Trisno, dan spesial buat Andi Hardiyanti Mustafa, semua keluarga di Tarakan serta semua teman-teman yang sudah turut membantu trimakasih atas dukungan dan doa selama ini.

Malang 10 Juli 2018

Penulis

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tesis dengan judul “**EFEKTIFITAS PENGANGKUTAN SAMPAH DI TPS/KONTAINER KOTA MAUMERE**“. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektifitas pengangkutan sampah, optimasi rute pengangkutan sampah yang ada dan mengetahui dampak optimasi rute terhadap lingkungan dan ekonomi terkait biaya bahan bakar kendaraan yang yang beroperasi di Kota Maumere. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih pada semua pihak yang telah banyak membantu proses penyusunan laporan ini mulai dari ide, bimbingan, arahan, bantuan moril maupun materil sehingga tersusunlah laporan tesis ini. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh sebab itu kritik dan saran yang membangaun sangat kami harapkan. Semoga laporan penelitian tesis ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Malang, 10 Juli 2018

Mahasiswa,

ANTONIUS EKO SETIAWAN

NIM. 136060100111001

RINGKASAN

Antonius Eko Setiawan, Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2017, *Efektifitas Pengangkutan Sampah di TPS/Kontainer Kota Maumere*, Dosen Pembimbing : Christia Meidiana dan Imma Widyawati Agustin.

Sampah merupakan hasil dari adanya kegiatan manusia, semakin banyak jumlah penduduk maka semakin banyak pula jumlah sampah yang dihasilkan. Salah satu yang menjadi permasalahan sistem pengelolaan persampahan adalah pengangkutan persampahan. Kota Maumere merupakan Ibu Kota dari Kabupaten Sikka dengan dengan beragam aktivitas masyarakat yang terpusat di sana. Hal ini berakibat bertambahnya jumlah volume sampah yang dihasilkan dan diangkut baik ke tempat penimbunan sementara (TPS) maupun ke tempat penimbunan akhir (TPA). Tujuan penelitian ini kondisi TPS di Kota Maumere memperlihatkan adanya permasalahan dalam sistem pengangkutan sampah. Pada beberapa TPS sering terlihat tumpukan sampah pada saat TPS harus berada dalam kondisi bebas sampah. Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat keefektifitan sistem pengangkutan di TPS belum mencapai 100%, sehingga perlunya penelitian terkait Efektifitas Pengangkutan Sampah di TPS/Kontainer Kota Maumere dengan tujuan dalam penelitian ini adalah mengukur nilai efektifitas pengangkutan sampah di TPS/kontainer, menentukan rute tercepat pengangkutan sampah dari TPS/kontainer menuju TPA dan menghitung perbandingan besar biaya operasional kendaraan terkait bahan bakar kendaraan dan emisi gas buang akibat adanya perubahan rute pengangkutan dan eksisting.

Penelitian ini mengukur tingkat efektifitas sistem pengangkutan persampahan yang ada di Kota maumere berdasarkan Standart Nasional Indonesia tentang pengelolaan sampah di permukiman. Perbandingan kondisi eksisting yang ada dengan standar, menunjukan sistem pengangkutan belum berjalan secara efektif. Oleh karena itu, perbaikan sistem pengangkutan diusulkan yang meliputi lingkup pelayanan lokasi TPS dan pola pengangkutan. Rute pengangkutan ditentukan dengan *Network Analyst* sehingga didapatkan rute pengangkutan tercepat. Dengan adanya optimasi rute yaitu rute tercepat, maka dapat diketahui perbandingan jumlah emisi yang dihasilkan dalam kondisi eksisting maupun setelah adanya optimasi rute berdasarkan faktor emisi gas buang kendaraan, serta dapat diketahui konsumsi bahan bakar kendaraan maupun biaya operasional terkait bahan bakar kendaraan.

Dari hasil penelitian diketahui sistem pengangkutan sampah yang ada belum sepenuhnya berjalan dengan baik terbukti beberapa wilayah belum sepenuhnya terlayani, sehingga perlu penambahan sarana persampahan untuk dapat melayani seluruh wilayah yang ada. Dengan adanya optimasi rute yang ada, jumlah emisi yang dihasilkan lebih sedikit serta kebutuhan bahan bakarnya dapat lebih hemat perharinya.

Kata Kunci : Efektifitas, tempat penimbunan sementara, kendaraan pengangkut sampah, rute pengangkutan.

SUMMARY

Antonius Eko Setiawan, Regional and City Planning Department, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, 2017, *Effectiveness of Waste Transportation in Temporary Waste dump (TPS)/Container in Maumere*. Academic Supervisor : Christia Meidiana and Imma Widyawati Agustin.

Waste is the residual of human activity, its increasing number in a region was due to population growth. One problem in waste management system was related with waste transportation. City of Maumere, which is the capital city of Sikka Regency was the center of various human activities. Therefore, it increase waste volume to be transported to temporary waste dump (TPS) and final waste dump (TPA). Condition of TPSs in Maumere showed several issues in its waste transportation system. In several TPS there was some waste heaps when it was supposed to be clear of any waste. This indicated that system effectiveness regarding transportation in TPS did not reach 100%. Waste transportation can be said effective if there were no longer waste in TPS after the last transport was due. So that the need for associated research the effectiveness of waste transportation in temporary waste dump (TPS) / container in Maumere city for the purpose in this research is measure value the effectiveness of waste transportation in temporary waste dump (TPS) / container , determine the fastest route disposal of TPS / container to TPA and calculate comparison lot of the cost operational craft related vehicle fuel and exhaust gas emissions because of the change of route in transportation and existing .

This study measured system effectiveness of waste transportation in Maumere based on Indonesia National Standard regarding waste management in residential area. By comparing the current existing condition with the standard, showed that transportation system was not yet effective. Therefore, improvement in transportation system proposed would include service range in TPS location and transport pattern. Transport routes was determined using Network Analyst thus fastest transport route could be obtain. By the presence of optimize namely route serves on a regular route of the way with the quickest , so it can be seen difference in the number of means the emission in a condition of existing merchants as well as after the introduction of optimize on a regular route of based upon the vehicle gas emissions , as well as it can be seen consumption of fuel a vehicle as well as the operational costs of related to vehicle fuel .

The research known waste transportation system there still go entirely with good as shown several areas not fully served, so it needs the addition of waste facilities to be able to cover all the region that is. With the optimize route that is, the number of emission produced less and needs of the fuel can is more efficient every day.

Keywords: Effectiveness, temporary waste dump, waste truck, transport route

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Identitas Tim Penguji	iii
Pernyataan Orisinalitas.....	iv
Riwayat Hidup	v
Ucapan Terimakasih.....	vi
Ringkasan	vii
Summary	viii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xvi
Daftar Rumus	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Rumusan Masalah	7
1.4. Tujuan	7
1.5. Ruang Lingkup Studi	8
1.5.1. Ruang Lingkup Wilayah	8
1.5.2. Ruang Lingkup Materi	8
1.6. Sistematika Penulisan	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1. Pengertian Sampah	15
2.1.1. Timbulan Sampah	15
2.1.2. Tempat Penimbunan Sementara (TPS)	16
2.2. Pengangkutan Sampah	17
2.2.1. Sistem Pengangkutan Sampah	17
2.2.2. Acuan Normatif Terkait Pengangkutan Sampah	18
2.2.3. Pola Pengangkutan	19
2.2.4. Sarana Pengangkutan	26



2.2.5. Biaya Operasional Kendaraan	28
2.2.6. Efektifitas	29
2.2.7. Rute Pengangkutan	30
2.2.8. Dampak Ekonomi Dan Lingkungan	41
2.3. Penelitian Terdahulu	44
2.4. Kerangka Teori	46
BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN	47
3.1. Diagram Penelitian Komparasi	47
3.2. Definisi Operasional	49
BAB IV METODE PENELITIAN	51
4.1. Jenis Penelitian	51
4.2. Lokasi Penelitian	51
4.3. Variabel Penelitian	54
4.4. Metode Pengumpulan Data	55
4.4.1. Data Primer	55
4.4.2. Data Sekunder	58
4.5. Metode Analisis Data	59
4.5.1. Analisis Deskriptif dan Evaluatif	59
4.6. Desain Survei	66
4.7. Kerangka Metode	70
4.8. Kerangka Analisis	71
4.9. Asumsi dalam penelitian	72
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	73
5.1. Kondisi Eksisting Pengangkutan Sampah Kota Maumere	73
5.2. Perbandingan Kondisi Eksisting Dengan Standart Nasional Indonesia (SNI) 3242:2008 Tentang Pengelolaan Sampah Di Permukiman	75
5.3. Efektifitas Rute Pengangkutan Sampah	83
5.4. Jumlah Emisi CO, CH, dan NO _x yang Dihasilkan <i>Arm rool truck</i>	93
5.5. Biaya Operasional	95

5.6. Rencana Kebutuhan Armada Pengangkutan Sampah	98
5.6.1. Rencana kebutuhan <i>dump truck</i>	98
5.6.2. Rencana kebutuhan <i>arm roll truck</i>	113
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	126
6.1. Kesimpulan	126
6.2. Saran.....	129
DAFTAR PUSTAKA	xxi
LAMPIRAN	
Lampiran 1. List pertanyaan wawancara	L – I
Lampiran 2. Perhitungan skala pelayanan TPS, dump truk dan amrol truk	L – II
Lampiran 3. Perhitungan trip per hari	L – III
Lampiran 4. Perhitungan jarak tempuh kendaraan <i>arm roll truck</i>	L – IV
Lampiran 5. Perhitungan waktu tempuh kendaraan <i>arm roll truck</i>	L – V
Lampiran 6. Perhitungan jumlah emisi kendaraan <i>arm roll truck</i>	L – VI
Lampiran 7. Perhitungan biaya bahan bakar kendaraan <i>arm roll truck</i>	L – VII
Lampiran 8. Volume sampah yang tidak terangkut	L – VIII

DAFTAR TABEL

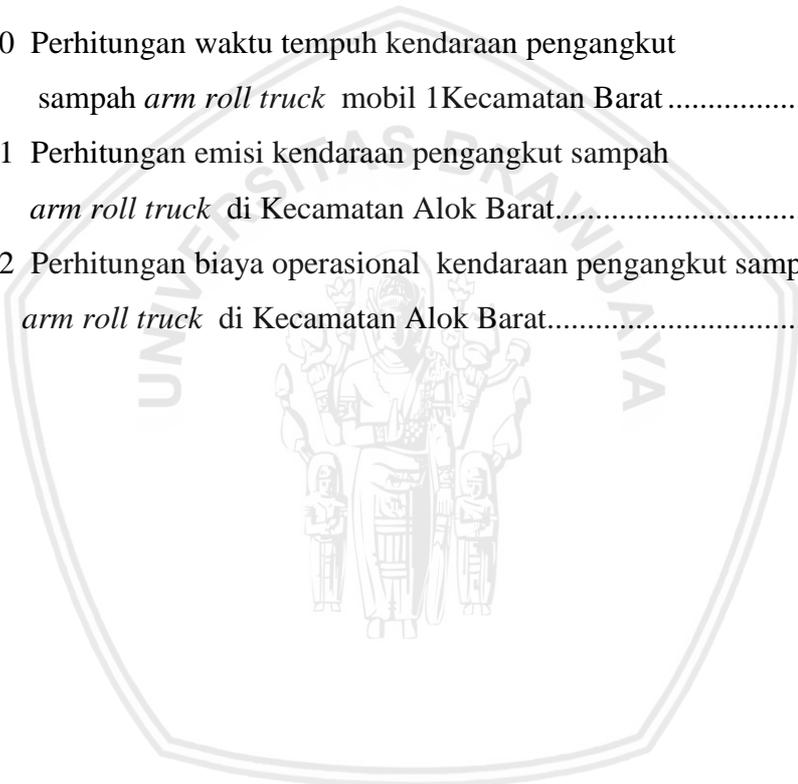
Tabel 2.1	Spesifikasi Peralatan	16
Tabel 2.2	Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan	43
Tabel 2.3	Studi Terdahulu Yang Terkait Penelitian	44
Tabel 4.1	Variabel Penelitian	54
Tabel 4.2	Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan.....	65
Tabel 4.3	Desain Survei Penelitian	66
Tabel 4.4	Kerangka Metode	67
Tabel 4.5	Kerangka Analisis	68
Tabel 5.1	Jumlah TPS/kontainer di Kota Maumere.....	73
Tabel 5.2	Wilayah Operasional <i>Dump Truck</i>	74
Tabel 5.3	Volume sampah yang tidak terangkut.....	74
Tabel 5.4	Perbandingan Kondisi Eksisting Dengan SNI 3242:2008.....	75
Tabel 5.5	Kebutuhan TPS/kontainer dan <i>Dump Truk</i> Kota Maumere	78
Tabel 5.6	Rencana kebutuhan kendaraan pengangkut	79
Tabel 5.7	Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat Amrol Truk EB 924.....	86
Tabel 5.8	Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat Amrol Truk EB 921	88
Tabel 5.9	Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat Amrol Truk DH 1010	89
Tabel 5.10	Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat Amrol Truk DH 8016	91
Tabel 5.11	Jumlah Trip Perhari <i>Arm roll truck</i>	93
Tabel 5.12	Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan.....	93
Tabel 5.13	Perbandingan jumlah emisi dari rute eksisting dan rute optimal.....	94
Tabel 5.14	Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah.....	96
Tabel 5.15	Rencana sarana pengangkutan sampah Kota Maumere.....	98
Tabel 5.16	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk <i>dump truck</i> mobil 1 Kecamatan Alok Timur.....	99
Tabel 5.17	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk <i>dump truck</i> mobil 2 Kecamatan Alok Timur.....	100
Tabel 5.18	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk <i>dump truck</i> mobil 3 Kecamatan Alok Timur.....	101
Tabel 5.19	Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah	



	<i>dump truck</i> di Kecamatan Alok Timur.....	102
Tabel 5.20	Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah <i>dump truck</i> di Kecamatan Alok Timur.....	103
Tabel 5.21	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk <i>dump truck</i> mobil 1Kecamatan Alok.....	104
Tabel 5.22	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk <i>dump truck</i> mobil 2Kecamatan Alok.....	105
Tabel 5.23	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk <i>dump truck</i> mobil 3Kecamatan Alok.....	106
Tabel 5.24	Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah <i>dump truck</i> di Kecamatan Alok	107
Tabel 5.25	Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah <i>dump truck</i> di Kecamatan Alok	108
Tabel 5.26	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk <i>dump truck</i> mobil 1Kecamatan Alok Barat	109
Tabel 5.27	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk <i>dump truck</i> mobil 2Kecamatan Alok Barat	110
Tabel 5.28	Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah <i>dump truck</i> di Kecamatan Alok Barat.....	111
Tabel 5.29	Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah <i>dump truck</i> di Kecamatan Alok Barat.....	112
Tabel 5.30	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> mobil 1Kecamatan Alok Timur.....	113
Tabel 5.31	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> mobil 2Kecamatan Alok Timur.....	114
Tabel 5.32	Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> di Kecamatan Alok Timur	115
Tabel 5.33	Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> di Kecamatan Alok Timur	116
Tabel 5.34	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> mobil 1Kecamatan Alok.....	117
Tabel 5.35	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut	



	sampah <i>arm roll truck</i> mobil 2 Kecamatan Alok.....	118
Tabel 5.36	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> mobil 3 Kecamatan Alok.....	119
Tabel 5.37	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> mobil 4 Kecamatan Alok.....	120
Tabel 5.38	Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> di Kecamatan Alok	121
Tabel 5.39	Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> di Kecamatan Alok	122
Tabel 5.40	Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> mobil 1 Kecamatan Barat	123
Tabel 5.41	Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> di Kecamatan Alok Barat.....	124
Tabel 5.42	Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah <i>arm roll truck</i> di Kecamatan Alok Barat.....	125



DAFTAR RUMUS

Rumus 2-1	Haul Time (h)	22
Rumus 2-2	Pickup (P_{HCS}).....	22
Rumus 2-3	Waktu Per Trip (T_{HCS}).....	22
Rumus 2-4	Jumlah Trip Per Hari (N_d).....	22
Rumus 2-5	Kebutuhan Kendaraan <i>Arm Roll Truck</i>	22
Rumus 2-6	Kebutuhan Kendaraan <i>Dump Truck</i>	24
Rumus 2-7	Pickup (P_{SCS})	24
Rumus 2-8	Haul Time (h) _{SCS}	24
Rumus 2-9	Waktu Per Trip (T_{SCS})	25
Rumus 2-10	Jumlah Trip Per Hari (N_{dSCS}).....	25
Rumus 2-11	Waktu Kerja Per Hari (H)	25
Rumus 2-12	Pengumpulan Manual (N_p)	25
Rumus 2-13	Waktu Antar Lokasi (tp).....	26
Rumus 2-14	Konsumsi Bahan Bakar Minyak.....	43
Rumus 2-15	Perhitungan Emisi Dengan Memakai Emisi Faktor	43
Rumus 2-16	Selisih Jumlah Emisi	43
Rumus 4-1	Haul Time (h_{HCS})	59
Rumus 4-2	Pickup (P_{HCS}).....	60
Rumus 4-3	Waktu Per Trip (T_{HCS}).....	60
Rumus 4-4	Jumlah Trip Per Hari (N_d).....	60
Rumus 4-5	Kebutuhan Kendaraan <i>Arm Roll Truck</i>	60
Rumus 4-6	Pickup (P_{SCS})	60
Rumus 4-7	Pengumpulan Manual (N_p)	61
Rumus 4-8	Waktu Pengambilan Per Lokasi (tp).....	61
Rumus 4-9	Kebutuhan Kendaraan <i>Dump Truck</i>	61
Rumus 4-10	Konsumsi Bahan Bakar Minyak.....	64
Rumus 4-11	Perhitungan Emisi Dengan Memakai Emisi Faktor	65
Rumus 4-12	Selisih Jumlah Emisi	65
Rumus 5-1	Pickup (P_{HCS}).....	94
Rumus 5-2	Waktu Per Trip (T_{HCS}).....	92



Rumus 5-3	Jumlah Trip Per Hari (Nd).....	92
Rumus 5-4	Perhitungan Emisi Dengan Memakai Emisi Faktor	94
Rumus 5-5	Selisih Jumlah Emisi	94
Rumus 5-6	Konsumsi Bahan Bakar Minyak.....	95

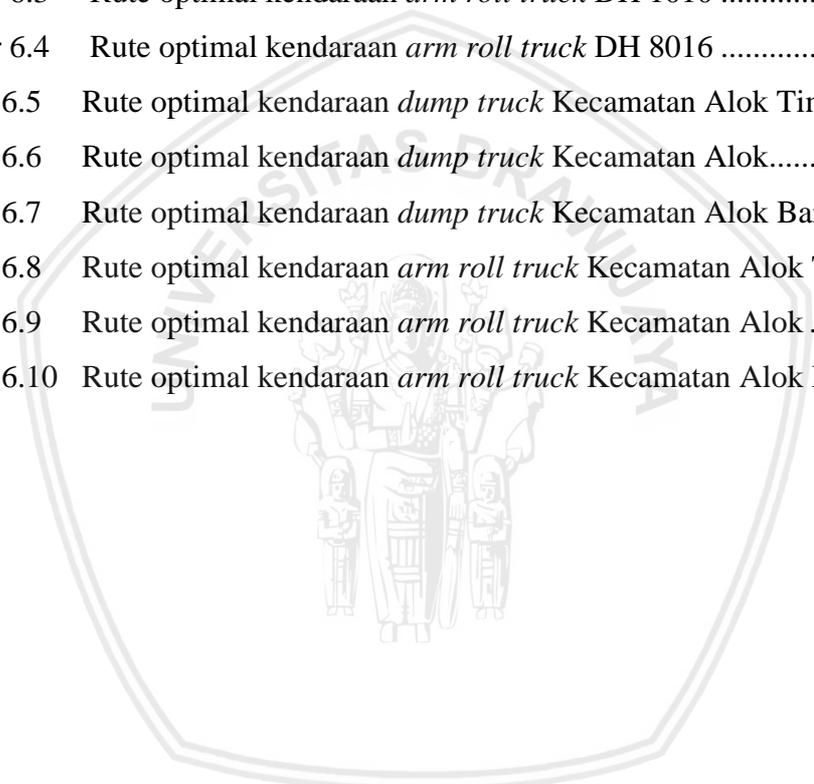


DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Masih terdapatnya sampah di TPS pada saat TPS harus berada dalam kondisi bebas sampah.....	5
Gambar 1.2	Kapasitas truk pengangkut yang tidak sesuai dengan timbulan sampah.....	6
Gambar 1.3	Kondisi TPS yang buruk	6
Gambar 1.4	Peta administrasi Kota Maumere	12
Gambar 1.5	Peta Kondisi Eksisting Persebaran TPS /Kontainer.....	13
Gambar 2.1	Pola Kontainer Angkat 1	19
Gambar 2.2	Pola Kontainer Angkat 2	20
Gambar 2.3	Pola Kontainer Angkat 3	21
Gambar 2.4	Pola Pengangkutan Mekanis	23
Gambar 2.5	Pola Pengangkutan Manual	23
Gambar 2.6	Alat Angkut Sampah	28
Gambar 2.7	<i>Point Of Interest dan Junction</i>	32
Gambar 2.8	Rute Alternatif	33
Gambar 2.9	Contoh Hasil Pemilihan Rute	34
Gambar 2.10	Diagram Alur Algoritma Dijkstra	35
Gambar 2.11	Langkah Pertama Algoritma Dijkstra	36
Gambar 2.12	Langkah Kedua Algoritma Dijkstra	36
Gambar 2.13	Langkah Ketiga Algoritma Dijkstra.....	36
Gambar 2.14	Langkah Keempat Algoritma Dijkstra.....	37
Gambar 2.15	Langkah Kelima Algoritma Dijkstra.....	37
Gambar 2.16	Langkah Keenam Algoritma Dijkstra	37
Gambar 2.17	Cara Kerja Algoritma Bellman Ford.....	38
Gambar 2.18	Cara Kerja Algoritma Bellman Ford Dalam Proses Pengangkutan Sampah	39
Gambar 2.19	Cara Kerja <i>Network Analyst</i> Dalam Proses Pengangkutan Sampah Dengan Program ArcGis	40
Gambar 2.20	Kerangka Teori.....	46
Gambar 3.1	Diagram Penelitian Komparasi	47

Gambar 4.1	Peta kondisi sistem pengangkutan sampah di Kota Maumere	52
Gambar 4.2	Peta persebaran TPS/kontainer sampah di Kota Maumere	53
Gambar 4.3	Kondisi TPS (Kiri) & Kontainer (Kanan)	56
Gambar 4.4	Sistem pengangkutan dengan <i>dump truck</i>	56
Gambar 4.5	Sistem pengangkutan dengan kontainer	57
Gambar 4.6	Sistem pengangkutan dari rumah menuju TPS	57
Gambar 4.7	Wawancara Kabid. Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kab. Sikka	58
Gambar 4.8	Kerangka metode	70
Gambar 4.9	Kerangka analisis	71
Gambar 5.1	Peta Persentase Kebutuhan TPS/Kontainer dan <i>Dump Truck</i>	81
Gambar 5.2	Peta rencana persebaran TPS/kontainer	82
Gambar 5.3	Proses pengangkutan sampah dengan <i>Dump Truck</i>	83
Gambar 5.4	Peta persebaran lampu lalu lintas Kota Maumere	84
Gambar 5.5	Persebaran Kontainer dan Kendaraan Pengangkutnya	85
Gambar 5.6	Proses pengangkutan sampah dengan kontainer	86
Gambar 5.7	Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat <i>arm roll truck</i> 924	86
Gambar 5.8	Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat <i>arm roll truck</i> EB 921	88
Gambar 5.9	Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat <i>arm roll truck</i> DH 1010	90
Gambar 5.10	Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat <i>arm roll truck</i> DH 8016	91
Gambar 5.11	Peta kondisi sebelum dan sesudah manfaat ekonomi dan lingkungan	97
Gambar 5.12	Peta rencana rute pengangkutan <i>dump truck</i> Kecamatan Alok Timur	102
Gambar 5.13	Peta rencana rute pengangkutan <i>dump truck</i> Kecamatan Alok	107
Gambar 5.14	Peta rencana rute pengangkutan <i>dump truck</i> Kecamatan Alok Barat	111

Gambar 5.15	Peta rencana rute pengangkutan <i>arm roll truck</i> Kecamatan Alok Timur	115
Gambar 5.16	Peta rencana rute pengangkutan <i>arm roll truck</i> Kecamatan Alok	121
Gambar 5.17	Peta rencana rute pengangkutan <i>arm roll truck</i> Kecamatan Alok Barat	124
Gambar 6.1	Rute optimal kendaraan <i>arm roll truck</i> EB 924	130
Gambar 6.2	Rute optimal kendaraan <i>arm roll truck</i> EB 921	131
Gambar 6.3	Rute optimal kendaraan <i>arm roll truck</i> DH 1010	131
Gambar 6.4	Rute optimal kendaraan <i>arm roll truck</i> DH 8016	132
Gambar 6.5	Rute optimal kendaraan <i>dump truck</i> Kecamatan Alok Timur.....	133
Gambar 6.6	Rute optimal kendaraan <i>dump truck</i> Kecamatan Alok.....	133
Gambar 6.7	Rute optimal kendaraan <i>dump truck</i> Kecamatan Alok Barat.....	134
Gambar 6.8	Rute optimal kendaraan <i>arm roll truck</i> Kecamatan Alok Timur	134
Gambar 6.9	Rute optimal kendaraan <i>arm roll truck</i> Kecamatan Alok	135
Gambar 6.10	Rute optimal kendaraan <i>arm roll truck</i> Kecamatan Alok Barat.....	135



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah merupakan limbah yang berasal dari bahan organik dan bahan anorganik yang bersifat padat serta merupakan bahan yang tidak berguna lagi dan harus ada pengelolaan agar tidak merugikan lingkungan (SNI 19-2454-2002). Pertumbuhan jumlah penduduk salah satu faktornya adalah adanya urbanisasi, urbanisasi yang tinggi mempengaruhi penurunan kualitas lingkungan seperti masalah persampahan (Gong dkk., 2012). Masalah lingkungan yang adadapat menciptakan situasi yang cukup kritis bagi pengelolaan persampahan (Poser and Awad, 2006; Zhang and Huang, 2014; Cioca dkk., 2015; Pérez-López dkk., 2016; Hua dkk., 2017). Perilaku kurangnya kesadaran masyarakat tentang pentingnya kebersihan terhadap lingkungan sangat minim, sehingga masyarakat belum peduli terhadap kebersihan sekitar dan lebih cenderung berpikir menguntungkan diri sendiri (Nazaruddin, 2014).

Beberapa penyebab masalah persampahan di Indonesia adalah besarnya penduduk dan beragamnya aktivitas yang ada di kota-kota metropolitan di Indonesia seperti Jakarta, permasalahan ini mengakibatkan munculnya persoalan dalam perkotaan dalam hal pelayanan prasarana, yang salah satunya adalah masalah sampah perkotaan. Diperkirakan hanya sekitar 60 % sampah di kota-kota besar di Indonesia yang dapat terangkut ke Tempat Penimbunan Akhir (TPA), yang operasi utamanya adalah pengurangan dengan sistem *landfilling* (Damanhuri, 2010). Sistem pengumpulan dan pengangkutan sampah adalah salah satu bagian penting karena merupakan elemen pelayanan dengan biaya operasional yang cukup mahal dan harus disediakan oleh suatu kota dalam menunjang sistem pengelolaan sampah bagi masyarakatnya (Li, 2006), serta isu lingkungan yang terkait dengan pengangkutan sampah menjadi salah satu fokus utama dari setiap pelaku pengelola persampahan di daerah (Rhida, 2016). Pengumpulan sampah kota membutuhkan sekitar 85% biaya total dari sistem pengelolaan persampahannya, sehingga produktivitas pengumpulan dan pengangkutan persampahan merupakan sesuatu hal yang penting bagi pemerintah

dalam mengelola dan menentukan keberhasilan pelayanan persampahan (Apaydin, 2007).

Permasalahan persampahan merupakan suatu permasalahan yang rumit dalam penyelesaiannya, ada yang memandang sampah sebagai masalah karena mengelola sampah menghabiskan biaya dan tenaga. Tidak tertanganinya sampah dengan baik hal ini sangat erat kaitannya dengan budaya masyarakat yang belum sadar akan lingkungan yang sehat dan didukung dengan lemahnya pengaturan (regulasi) pemerintah tentang pengelolaan sampah (Purwendro dan Nurhidayat, 2006). Salah satu elemen pengelolaan sampah adalah adanya proses pengangkutan sampah dari TPS menuju ke TPA (Undang-undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah). Dari semua proses pengelolaan sampah dari TPS sampai TPA, sistem pengangkutan sampah merupakan salah satu elemen penting (Kanchanabhan dkk., 2010). Apabila terjadi penumpukan sampah, maka dapat mengganggu kawasan permukiman (Hua dkk., 2017). Efektifitas dalam pengangkutan sampah yakni adanya tujuan dari pengangkutan sampah adalah tidak adanya timbunan sampah di TPS. Suatu kegiatan dapat dikatakan efektif apabila adanya kesesuaian dari proses dalam pencapaian tujuan dengan sasaran akhir sebuah kebijakan, penilaian efektifitas peneliti menggunakan konsep dalam teori yang digunakan dalam manajemen dan organisasi yang berhubungan dengan efektifitas (Sumaryadi, 2005). Selanjutnya untuk memperoleh sistem pengangkutan sampah yang efisien, perlu adanya optimasi rute pengangkutan sampah yang secara langsung dapat mengurangi biaya operasional sistem pengangkutan sampah. Optimasi rute pengangkutan sampah telah dipelajari beberapa tahun terakhir (Swapan dan Bidyut, 2015; Khanh dkk., 2017; Mahmuda dkk., 2017). Setiap wilayah pasti membutuhkan optimasi rute pengangkutan sampah dalam pengelolaan sampah, hal ini dilakukan dalam upaya mengurangi biaya operasional pengangkutan sampah. Salah satu analisis yang digunakan dalam optimalisasi rute pengangkutan sampah adalah dengan *Network analyst GIS* (Amirhossein Malakahmad, 2014).

Pada masa sekarang ini pemerintah daerah mengalami kesulitan untuk menjaga jarak antar pembangunan dengan mencapai pertumbuhan permintaan untuk infrastruktur dan pelayanan masyarakat seperti pengumpulan sampah dan

pengangkutan Alasan lain yang menyebabkan daerah pelayanan yang tidak terlayani dengan maksimal adalah sarana operasional yang kurang memadai dibandingkan dengan volume sampah yang ada, berdasarkan data Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sikka tahun 2016 untuk Kota Maumere volume sampah 141,37 m³/hari namun yang dapat terangkut oleh hanya 95 m³/hari jadi setiap hari sampah masih tersisa 46.37 m³/hari serta penggunaan fasilitas kendaran sampah yang dimiliki sekarang adalah 6 unit damp truk, 4 unit amrol, 21 unit kontainer, 4 unit motor roda tiga dan 5 unit gerobak. Dengan keterbatasan sarana yang ada menyebabkan pelayanan yang tidak maksimal. Salah satu yang menjadi permasalahan dalam persampahan terletak pada sistem pengangkutan sampah. Pemilihan rute yang tidak efisien dapat mempengaruhi biaya yang dikeluarkan dalam sistem pengangkutan. Rute yang tidak efisien akan mengakibatkan jarak yang ditempuh juga akan semakin jauh dan secara langsung mempengaruhi biaya yang dikeluarkan juga semakin besar (Damanhuri dan Padmi, 2010). Dalam proses pengangkutan juga berpengaruh terhadap kondisi lingkungan sekitar, terkait dengan emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan pengangkut sampah. Dengan adanya sistem pengangkutan sampah yang baik dan ditunjang dengan rute yang optimal, sangat berpengaruh dalam meminimalisir dampak yang kurang baik dari kegiatan sistem pengangkutan terhadap kondisi lingkungan yang ada (Clifford, 2008).

Kota Maumere merupakan Ibu Kota dari Kabupaten Sikka dengan dengan beragam aktivitas masyarakat, hal ini mengakibatkan peningkatan pertumbuhan penduduk dari tahun 2010-2015 sekitar 0,46% dengan jumlah penduduk 84.823 jiwa (Sikka dalam angka, 2016) dan secara langsung mempengaruhi volume sampah yang dihasilkan. Kondisi TPS di Kota Maumere juga memperlihatkan adanya permasalahan dalam sistem pengangkutan sampah. Pada beberapa TPS sering terlihat tumpukan sampah pada saat TPS harus berada dalam kondisi bebas sampah. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat keefektifitasan sistem pengangkutan di TPS belum mencapai 100%. Pengangkutan sampah dikatakan efektif apabila tidak ada lagi sisa sampah setelah ritasi pengangkutan terakhir. Dalam pengolahan sampah, termasuk di dalamnya pengangkutan sampah, dapat dilihat dari beberapa faktor antar lain seperti sarana pengangkutan, rute dari armada pengangkut serta

aksesibilitas. Sistem pengangkutan dan pemilihan rute yang tepat akan menjadikan akses menjadi lebih mudah dan lancar, sehingga terjadi penghematan biaya dan waktu yang dibutuhkan. Kondisi di beberapa TPS di Kota Maumere mengindikasikan belum efektifnya sistem pengangkutan sampah sehingga perlu adanya evaluasi dan solusi terhadap permasalahan yang ada.

Melihat kondisi yang ada, hal ini melatar belakangi peneliti untuk melakukan penelitian terkait efektifitas pengangkutan sampah di tempat penimbunan sementara (TPS)/kontainer di Kota Maumere, Kabupaten Sikka.

1.2. Identifikasi Masalah

Pemenuhan kesehatan masyarakat dan keindahan maupun kebersihan Kota Maumere merupakan peran pemerintah daerah dalam menangani masalah persampahan yang ada belum sepenuhnya maksimal adapun permasalahan-permasalahan yang muncul dilapangan berdasarkan hasil survei lapangan diantaranya adalah:

- 1) Peningkatan jumlah dan kepadatan penduduk dengan jumlah rata-rata laju pertumbuhan penduduk selama 5 tahun yaitu dari tahun 2010-2015 sebesar 0,46% per tahun (Sikka dalam angka, 2016) mempengaruhi peningkatan volume sampah, jumlah sarana dan prasarana sistem pengangkutan sampah belum sesuai dengan skala pelayanan berdasarkan SNI 3242:2008, yaitu dengan jumlah TPS berupa bak sampah 51 unit, kontainer 22 unit, kendaraan *dump truck* 5 unit dan 4 unit untuk kendaraan *arm roll truck* (data Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sikka tahun 2016), sehingga masih terangkutnya sampah di TPS sekitar 46.37 m³/hari yang ada di Kota Maumere (hasil wawancara dengan Kabid Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sikka 17 November 2016).
- 2) Berdasarkan hasil survei primer 2016 di lapangan, ditemukannya permasalahan-permasalahan seperti :
 - a. Masih terdapatnya sampah di beberapa TPS pada saat TPS harus berada dalam kondisi bebas sampah. Ini menunjukkan

bahwa tidak semua sampah di TPS yang terangkut ke TPA (gambar 1.1).



Gambar 1.1 Masih terdapatnya sampah di TPS/kontainer pada saat TPS/kontainer harus berada dalam kondisi bebas sampah.

Sumber : Hasil survei 2016

- b. Pengangkutan sampah melebihi kapasitas truk yaitu 8m^3 dan tidak dilengkapi dengan jarring/terpal penutup, hal ini beresiko sampah terjatuh di jalanan, selain itu juga akan berpengaruh

terhadap kondisi lingkungan sekitar yang dilalui truk pengangkut sampah (gambar 1.2).



Gambar 1.2 Pengangkutan sampah melebihi kapasitas truk yaitu 8m^3 .
Sumber : Hasil survei 2016

- c. Kondisi TPS yang tidak sesuai dengan kriteria berdasarkan SNI 3242:2008, seperti tidak adanya penutup TPS dan belum berupa bangunan tetapi berupa bak sampah dan kontainer. Hal tersebut dapat mengakibatkan sampah berserakan dan berpengaruh juga terhadap kondisi lingkungan dari bau yang ditimbulkan (gambar 1.3).



Gambar 1.3 Kondisi TPS yang buruk.

Sumber: Survei Awal (2016)

- 3) Rute pengangkutan sampah yang belum terdokumentasi dan belum tertata dengan mengakibatkan durasi pengangkutan menjadi panjang yaitu berdasarkan hasil survei untuk kendaraan pengangkut kontainer

adalah sebagai berikut, kendaraan dengan plat nomor EB 924 dengan panjang rute 185,684 km dengan durasi 5 jam 33 menit, kendaraan dengan plat nomor EB 921 dengan panjang rute 144,783 km dengan durasi 4 jam 23 menit, kendaraan dengan plat nomor DH 1010 dengan panjang rute 161,761 km dengan durasi 4 jam 23 menit dan kendaraan dengan plat nomor DH 8016 dengan panjang rute 108,340 km dengan durasi 3 jam 29 menit. Dengan adanya optimalisasi rute diharapkan dapat memangkas durasi perjalanan dan mengurangi konsumsi bahan bakar kendaraan yang berdampak pada gas buang kendaraan.

1.3. Rumusan Masalah

Menurut uraian latar belakang serta identifikasi masalah yang telah dijabarkan di atas, maka rumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah sistem pengangkutan sampah di TPS/kontainer sudah berjalan secara efektif ?
2. Bagaimana optimasi rute pengangkutan sampah dari TPS/kontainer di Kota Maumere menuju TPA ?
3. Bagaimana dampak dari optimasi rute pengangkutan sampah dari sisi lingkungan dan biaya operasional terkait bahan bakar kendaraan ?

1.4. Tujuan

Dari beberapa permasalahan yang telah disebutkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mengukur nilai efektifitas pengangkutan sampah di TPS/kontainer yang ada di Kota Maumere.
- Menentukan rute tercepat pengangkutan sampah dari TPS/kontainer Kota Maumere menuju TPA.
- Menghitung perbandingan besar biaya operasional kendaraan terkait bahan bakar kendaraan dan emisi gas buang akibat adanya perubahan rute pengangkutan dan eksisting.

1.5. Ruang Lingkup Studi

Ruang lingkup studi merupakan materi untuk melakukan penelitian dimana dalam materi tersebut dibatasi oleh ketentuan-ketentuan yang berisi mengenai batasan dalam meneliti yaitu lingkup lokasi dan lingkup materi yang akan digunakan dalam penelitian.

1.5.1. Ruang Lingkup Wilayah

Lokasi penelitian dilakukan di Kota Maumere yaitu di Kecamatan Alok Timur, Kecamatan Alok dan Kecamatan Alok Barat dengan batas wilayahnya adalah sebelah Utara berbatasan dengan Laut Flores, sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Kangae, sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Nita dan Kecamatan Nele, sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Magepanda. Untuk informasi jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.4 Peta administrasi Kota Maumere.

Dasar pemilihan lokasi penelitian adalah berdasarkan hasil survei, baik secara primer maupun sekunder ditemukan bahwa adanya peningkatan jumlah dan kepadatan penduduk dengan jumlah rata-rata laju pertumbuhan penduduk selama 5 tahun Kota Maumere yaitu dari tahun 2010-2015 sebesar 0,46% per tahun (Sikka dalam angka, 2016), dengan jumlah timbulan sampah yang belum terangkut sekitar 46.37 m³/hari (data Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kota Maumere 2016), serta masih terdapat permasalahan yaitu adanya sampah yang tidak terangkut perharinya, di mana seharusnya sampah di TPS/kontainer harus berada dalam kondisi bebas sampah. Rute sistem pengangkutan sampah yang belum tertata dan belum efisien, sehingga menyebabkan terjadinya permasalahan lingkungan (survei lapangan 2016) dan untuk menanggapi permasalahan tersebut dibuatlah penelitian terkait efektifitas pengangkutan sampah di tempat penimbunan sementara (TPS)/kontainer di Kota Maumere, Kabupaten Sikka.

1.5.2. Ruang Lingkup Materi

Ruang lingkup materi merupakan batasan terhadap pengkajian pembahasan serta menghindari adanya pembahasan yang terlalu luas. Berikut

merupakan penjabaran mengenai materi yang akan dibahas dalam penelitian antara lain:

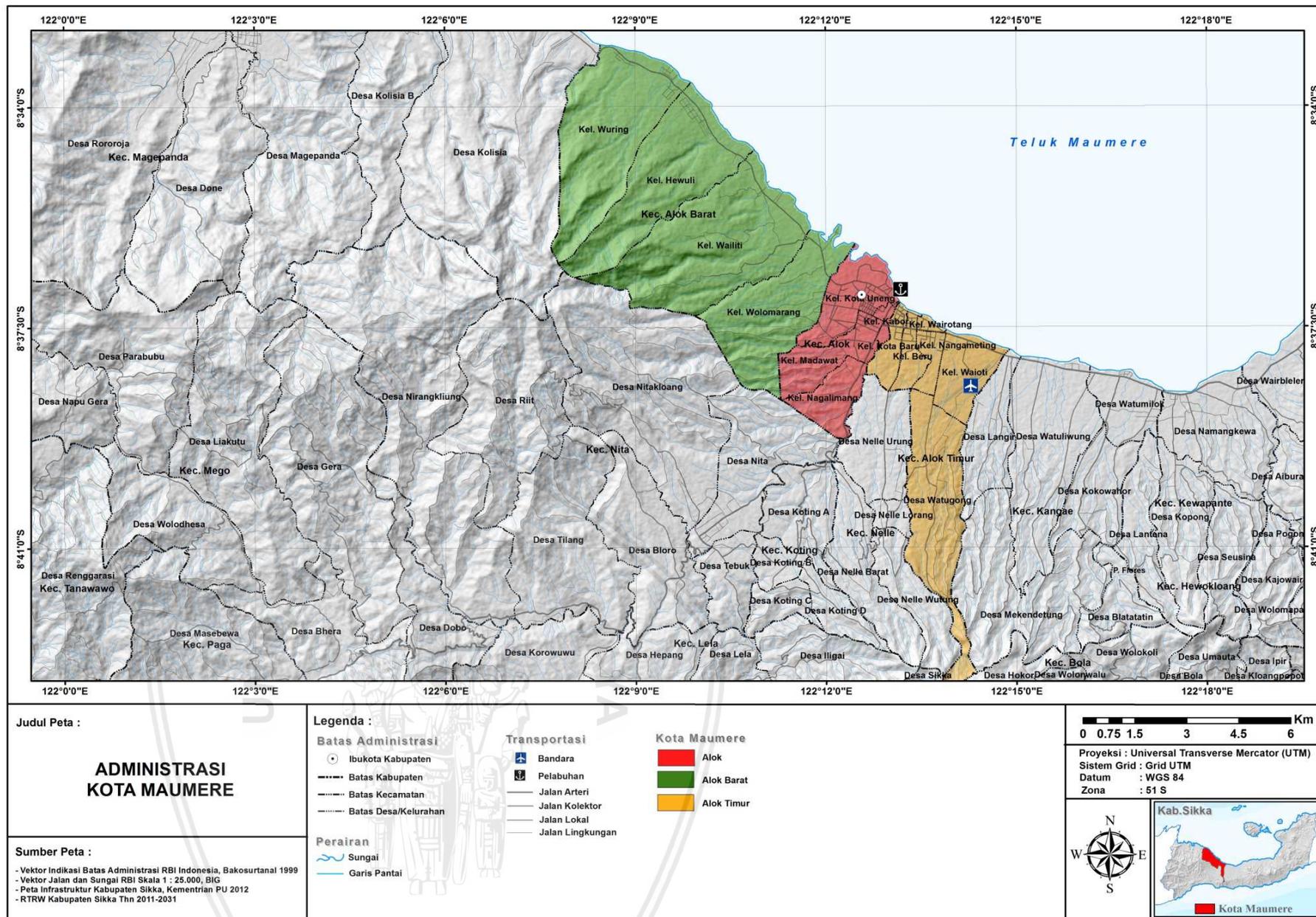
1. Penelitian ini lebih terfokus pada materi terkait rute pengangkutan sampah. Hal ini didasarkan pada hasil survei lokasi yang dilakukan pada bulan November 2016 dengan melihat kondisi eksisting lapangan dan berdasarkan hasil wawancara dengan Kabid Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kota Maumere yang menyatakan bahwa rute pengangkutan sampah dari TPS ke TPA masih belum optimal sehingga masih banyak timbunan sampah yang terjadi. Dengan diketahuinya rute yg optimal dapat menghemat biaya operasional yang ada.
2. Sistem pengumpulan sampah yaitu mengenai waktu datangnya gerobak sampah atau motor sampah menuju TPS. Hal ini dikarenakan dapat menjadi penyebab permasalahan dimana apabila adanya keterlambatan gerobak atau motor sampah dapat menyebabkan truk dapat menunggu lebih lama sehingga proses pengangkutan menjadi kurang efisien.
3. Sistem pengangkutan sampah berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) No.03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga, Kegiatan pengangkutan harus mempertimbangkan beberapa hal berikut :
 - a. Pola Pengangkutan yang digunakan dalam pengangkutan sampah dari TPS di Kota Maumere menuju TPA yang terdiri dari dua jenis pola pengangkutan sampah yaitu Sistem Kontainer Angkat (*Houled Container System = HSC*) dan Sistem Pengangkutan dengan Kontainer Tetap (*Stationary Container System = SCS*).
 - b. Jenis peralatan dan sarana pengangkutan, jenis peralatan yang dimaksud dalam penelitian ini merupakan peralatan yang digunakan untuk memindahkan sampah dari TPS menuju truk pengangkut sampah, sedangkan sarana pengangkutan sampah yang dimaksud dalam penelitian ini merupakan truk pengangkut sampah yang digunakan untuk memindahkan volume sampah dari TPS menuju ke TPA.

- c. Rute pengangkutan merupakan rute yang diambil truk pengangkut sampah dari garasi/pool menuju TPS yang ada di Kota Maumere menuju ke TPA.
 - d. Operasional pengangkutan terkait dengan jadwal pengangkutan yang secara langsung mempengaruhi adanya penumpukan sampah di TPS yang mengakibatkan terganggunya kondisi lingkungan sekitar TPS. Operasional pengangkutan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pola pengangkutan sampah yang digunakan, alat angkut sampah yang digunakan dan lokasi TPS.
 - e. Aspek pembiayaan yang meliputi biaya operasional yang merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan kegiatan dalam pengangkutan sampah.
4. Penilaian Efektifitas dilihat dari perbandingan jumlah sarana sistem pengangkutan persampahan yang meliputi jumlah TPS/Kontainer seta armada pengangkutan sampah maupun skala pelayanannya dari kondisi eksisting dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) No.03/PRT/M/2013, sehingga dapat diperoleh persentase penduduk yang terlayani dan kebutuhan sarana sistem pengangkutan sampah yang ada di ketiga kecamatan yang ada di Kota Maumere.
 5. Peneliti juga melihat manfaat yang diakibatkan dari sistem pengangkutan sampah yaitu dilihat dari sisi ekonomi terkait dengan biaya operasional kendaraan. Pengangkutan sampah yang buruk terutama terkait dengan rute pengangkutan dapat mengakibatkan biaya operasional semakin besar. Biaya operasional yang dilihat dalam penelitian ini terkait dengan penggunaan bahan bakar kendaraan pengangkut sampah. Sedangkan untuk manfaat dari sisi lingkungan terkait dengan pengurangan emisi gas buang kendaraan pengangkutan sampah akibat perubahan rute pengangkutan sampah. Manfaat lingkungan dalam penelitian ini tidak melihat dampak secara spesifik apabila ada pengurangan emisi gas terhadap perbaikan kesehatan masyarakat (Permen PU No.03/PRT/M/2013).
 6. Optimalisasi rute pengangkutan sampah dalam penelitian ini adalah menentukan rute tercepat dari rute eksisting dengan mengukur panjang

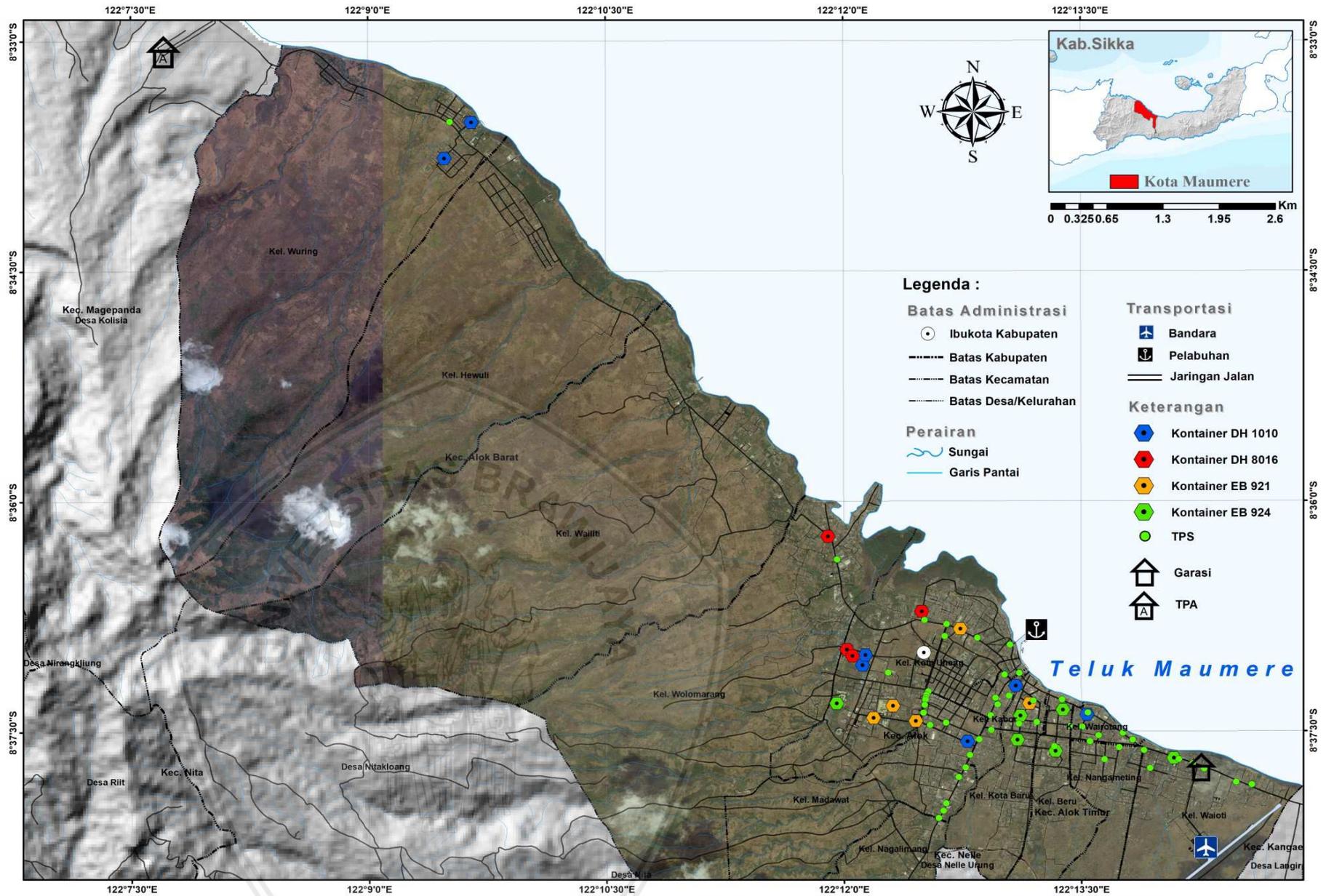
rute kendaraan pengangkut sampah, kecepatan kendaraan dan hambatan yang ada dari titik awal keberangkatan yaitu garasi menuju ke TPS/Kontainer selanjutnya ke TPA dan terakhir kembali lagi ke garasi, sehingga dapat diketahui waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah dan dihitung perbandingan dari rute eksisting dan rute tercepat dilihat dari waktu tempuh yang ada. Menentukan rute tercepat digunakan *Network analyst GIS*.

Untuk persebaran TPS /Kontainer dapat dilihat pada Gambar 1.5 Peta Kondisi Eksisting Persebaran TPS /Kontainer Kota Maumere.





Gambar 1.4 Peta administrasi Kota Maumere



Gambar 1.5 Peta Persebaran TPS/Kontainer Kota Maumere

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan ini meliputi:

BAB I : PENDAHULUAN, pada bab ini membahas hal-hal terkait latar belakang, rumusan masalah, tujuan, lingkup lokasi dan lingkup materi, dan sistematika pembahasan penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA, pada bab ini berisikan teori-teori, literatur, pedoman, dan metode yang mendukung penelitian ini yaitu teori terkait dengan sistem pengangkutan sampah yang berhubungan dengan rute pengangkutan dan sarananya serta teori terkait efektifitas dalam pengangkutan sampah.

BAB III : DIAGRAM PENELITIAN, pada bab ini berisikan diagram penelitian dan definisi operasional.

BAB IV : METODOLOGI PENELITIAN, pada bab ini akan membahas tentang metode pengumpulan data dan teknik analisa.

BAB V : HASIL DAN PEMBAHASAN, pada bab ini akan membahas tentang gambaran umum wilayah penelitian dan hasil analisis penelitian

BAB VI : PENUTUP, pada bab ini akan membahas tentang Kesimpulan penelitian dan saran penelitian

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Sampah

Sampah merupakan limbah yang bersifat padat dan terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan (SNI 19-2454-2002). Undang-Undang Pengelolaan Sampah Nomor 18 tahun 2008 menyatakan sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau dari proses alam yang berbentuk padat. Juli Soemirat (1994) berpendapat bahwa sampah adalah sesuatu yang tidak dikehendaki oleh yang punya dan bersifat padat. Azwar (1990) mengatakan yang dimaksud dengan sampah adalah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang harus dibuang yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan manusia (termasuk kegiatan industri) tetapi bukan biologis karena kotoran manusia (*human waste*) tidak termasuk kedalamnya. Manik (2003) mendefinisikan sampah sebagai suatu benda yang tidak digunakan atau tidak dikehendaki dan harus dibuang, yang dihasilkan oleh kegiatan manusia.

Dari pengertian sampah diatas dapat disimpulkan bahwa sampah merupakan sisa hasil dari kegiatan manusia yang sudah tidak bermanfaat dan membutuhkan pengelolaan untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan sekitar.

2.1.1 Timbulan Sampah

Timbulan sampah adalah sampah yang dihasilkan dari sumber sampah (SNI, 1995). Timbulan sampah sangat diperlukan untuk menentukan dan mendesain peralatan yang digunakan dalam transportasi sampah, fasilitas *recovery* material, dan fasilitas Lokasi Pembuangan Akhir (LPA) sampah. menurut SNI 19-3964-1995, bila pengamatan lapangan belum tersedia, maka untuk menghitung besaran sistem, dapat digunakan angka timbulan sampah sebagai berikut:

1. Satuan timbulan sampah kota sedang 2,75-3,25 L/orang/hari atau 0,070-0,080 kg/orang/hari.

2. Satuan Timbulan sampah kota kecil = 2,5-2,75 L/orang/hari atau 0,625-0,70 kg/orang/hari. Keterangan : Untuk kota sedang jumlah penduduknya $100.000 < p < 100.000$.

Dalam penelitian ini angka satuan timbunan sampah yang dipakai adalah 2,5 L/orang/hari karena lokasi penelitian termasuk kota kecil dengan jumlah penduduk kurang dari 100.000 jiwa (SNI 19-3964-1995).

2.1.2 Tempat Penimbunan Sementara (TPS)

Berdasarkan SNI 3242:2008 tentang pengelolaan sampah di permukiman, klasifikasi TPS dibedakan menjadi tiga yaitu :

a. TPS tipe I

Tempat pemindahan sampah dari alat pengumpul ke alat angkut sampah yang dilengkapi dengan ruang pemilahan, gudang, tempat pemindahan sampah yang dilengkapi dengan landasan kontainer dan luas lahan $\pm 10-50 \text{ m}^2$

b. TPS tipe II

Tempat pemindahan sampah dari alat pengumpul ke alat angkut sampah yang dilengkapi dengan ruang pemilahan (10 m^2), pengomposan sampah organik (200 m^2), gudang (50 m^2), tempat pemindah sampah yang dilengkapi dengan landasan kontainer (60 m^2) dan luas lahan $\pm 60-200 \text{ m}^2$.

c. TPS tipe III

Tempat pemindahan sampah dari alat pengumpul ke alat angkut sampah yang dilengkapi dengan ruang pemilahan (30 m^2), pengomposan sampah organik (800 m^2), gudang (100 m^2), tempat pemindah sampah yang dilengkapi dengan landasan kontainer (60 m^2) dan luas lahan $> 200 \text{ m}^2$.

Spesifikasi peralatan dan bangunan minimal yang dapat digunakan dapat dilihat pada Tabel. 2.1

Tabel 2.1. Spesifikasi Peralatan

No.	Jenis Peralatan	Kapasitas			Umur Teknis (Tahun)
		Volume	KK	Jiwa	
1.	Wadah komunal	0,5 – 1,0 m ³	20 - 40	100 - 200	
2.	Komposter komunal	0,5 – 1,0 m ³	10 - 20	50 - 100	

No.	Jenis Peralatan	Kapasitas			Umur Teknis (Tahun)
		Volume	KK	Jiwa	
3.	Alat pengumpul : Gerobak sampah bersekat/ sejenisnya	1 m ³	128	640	2 - 3
4.	Kontainer armroll truk	6 m ³ 10 m ³	640 1.375	3.200 5.330	5 - 8
TPS					
5.	Tipe I	± 100 m ²	500	2.500	20
	Tipe II	±300 m ²	6.000	30.000	
	Tipe III	±1.000 m ²	24.000	120.000	
6.	Bangunan pendaur ulang sampah skala lingkungan	150 m ²	600	3.000	20

Sumber: SNI 3242:2008

Berdasarkan jenis spesifikasi peralatan yang sesuai dengan standart yang belaku, maka dapat di hitung persentase nilai efektifitasnya sesuai dengan peralatan yang ada di lokasi penelitian. Peralatan yang diidentifikasi adalah tipe TPS dan wadah komunal yang ada di lokasi penelitian.

2.2. Pengangkutan Sampah

Pengangkutan sampah menurut UU No 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, merupakan bagian dari penanganan sampah. Pengangkutan di definisikan sebagai dalam bentuk membawa sampah dari sumber dan/atau dari tempat penampungan sampah sementara atau dari TPS 3R menuju ke tempat pengolahan sampah terpadu atau tempat pemrosesan akhir. Elemen pengangkutan sampah juga dipertegas oleh Damanhuri dan Padmi (2010) yang menjelaskan bagian dari pengangkutan sampah meliputi pola pengangkutan sampah, jenis kendaraan, operasional maupun pembiayaan.

2.2.1 Sistem Pengangkutan Sampah

Pengangkutan sampah dimaksudkan sebagai kegiatan operasi dimulai dari titik pengumpulan terakhir dari suatu siklus pengumpulan sampah ke TPA pada pengumpulan dengan pola individual langsung atau dari tempat pemindahan (*Transfer Depo, transfer station*), penampungan sementara (TPS) atau tempat penampungan komunal sampai ke tempat pengolahan / pembuangan akhir (TPA).

Sehubungan dengan hal tersebut, metode pengangkutan serta peralatan yang akan dipakai tergantung dari pola pengumpulan yang dipergunakan.

Permasalahan yang dihadapi dalam pengangkutan sampah adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan waktu kerja yang tidak efisien.
2. Penggunaan kapasitas muat kendaraan yang tidak tepat.
3. Rute pengangkutan yang tidak efisien.
4. Tingkah laku petugas.
5. Aksesibilitas yang kurang baik.

Dari permasalahan dalam pengangkutan sampah di atas, permasalahan-permasalahan tersebut secara tidak langsung mempengaruhi durasi atau lamanya sistem pengangkutan dan berakibat juga terhadap efisiensi dari sistem pengangkutan sampah.

2.2.2 Acuan Normatif Terkait Pengangkutan Sampah

Pedoman Standar Pelayanan Minimal Pedoman Penentuan Standar Pelayanan Minimal Bidang Penataan Ruang, Perumahan dan Permukiman dan Pekerjaan Umum (Keputusan Menteri Permukiman Dan Prasarana Wilayah No. 534/KPTS/M/2001). Pedoman ini mencakup pelayanan minimal untuk pengelolaan sampah secara umum dalam wilayah permukiman perkotaan dimana 80% dari total jumlah penduduk terlayani terkait dengan pengelolaan sampah. Khusus untuk pengangkutan dicantumkan bahwa jenis alat angkut mempengaruhi pelayanan, sebagai berikut:

- *Dump truck* dengan kapasitas 6 m^3 dapat melayani pengangkutan untuk 700 KK-1000 kk sedangkan dengan kapasitas 8 m^3 untuk 1500 kk – 2000 kk (jumlah ritasi 2-3/hari).
- *Arm roll truck* dengan kontainer 8 m^3 juga dapat melayani 2000 kk-3000 kk (jumlah ritasi 3-5/hari).
- *Compactor truck* 8 m^3 mampu melayani 2500 kk.

Berdasarkan acuan normatif terkait pengangkutan sampah, jenis alat angkut yang ada di lokasi penelitian adalah jenis *Dump truck* dan *Arm roll truck*

sehingga dalam menentukan nilai efektif dari sistem pengangkutan sampah yang terkait alat angkut, hanya di ukur berdasarkan dua jenis alat angkut tersebut.

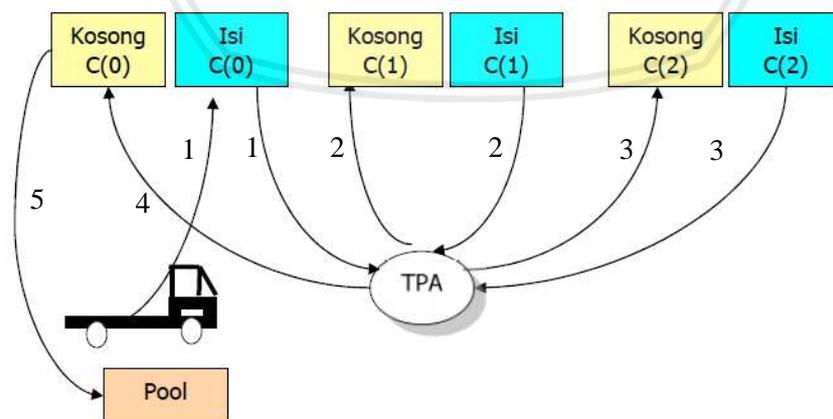
2.2.3 Pola Pengangkutan

Berdasarkan Permen PU No. 03/PRT/M/2013 tentang penyelenggaraan prasarana dan sarana persampahan dalam penanganan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga, pola pengangkutan sampah dapat dilakukan berdasarkan sistem pengumpulan sampah. Jika pengumpulan dan pengangkutan sampah menggunakan sistem pemindahan (*transfer depo*) atau sistem tidak langsung, proses pengangkutannya dapat menggunakan sistem kontainer angkat (*Hauled Container System = HCS*) ataupun sistem kontainer tetap (*Stationary Container System = SCS*). Sistem container tetap dapat dilakukan secara mekanis maupun manual. Sistem mekanis menggunakan truk compactor dan kontainer yang kompatibel dengan jenis truknya, sedangkan sistem manual menggunakan tenaga kerja dan kontainer dapat berupa bak sampah atau jenis penampungan lainnya.

❖ Sistem Kontainer Angkat (*Hauled Container System = HCS*)

Untuk pengumpulan sampah dengan sistem kontainer angkat (*Hauled Container System = HCS*), pola pengangkutan yang digunakan ada tiga cara:

1. Sistem pengosongan kontainer cara 1 dapat dilihat pada Gambar 2.1



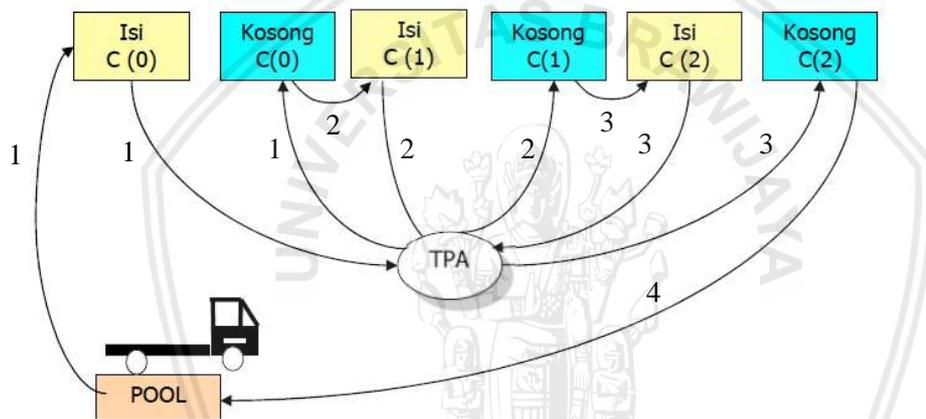
Gambar 2.1 Pola kontainer angkat 1

Sumber: Permen PU No. 03/PRT/M/2013

Proses pengangkutan:

1. Kendaraan dari pool menuju kontainer isi pertama untuk mengangkat kontainer yang terisi sampah ke TPA.
2. Kontainer kosong dari TPA diletakan pada lokasi kontainer kedua, selanjutnya mengangkat kontainer kedua yang terisi menuju TPA.
3. Kontainer kosong dari TPA diletakan pada lokasi kontainer ketiga, selanjutnya mengangkat kontainer ketiga yang terisi menuju TPA.
4. Kontainer kosong dikembalikan ke lokasi kontainer pertama.
5. Kendaraan dari TPS pertama menuju pool.

2. Sistem pengosongan kontainer cara 2 dapat dilihat pada Gambar 2.2



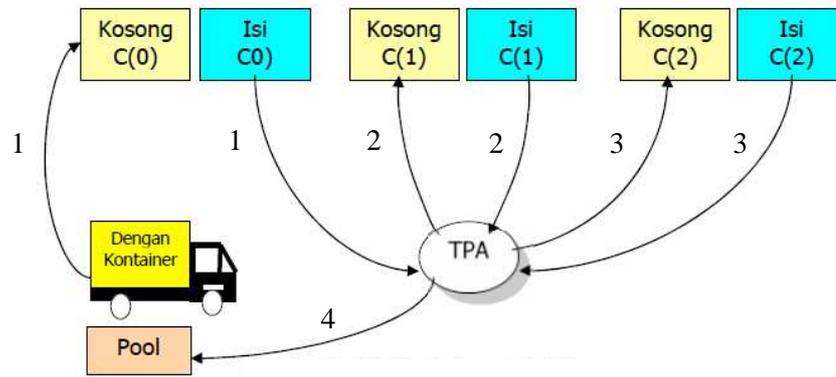
Gambar 2.2 Pola kontainer angkat 2

Sumber: Permen PU No. 03/PRT/M/2013

Proses pengangkutan:

1. Kendaraan dari pool menuju kontainer isi pertama untuk mengangkat sampah ke TPA dan dari TPA membawa kontainer kosong kembali ke lokasi kontainer pertama.
2. Dari lokasi kontainer pertama menuju ke lokasi kontainer kedua untuk mengangkat kontainer yang terisi ke TPA dan dari TPA membawa kontainer kosong kembali ke lokasi kontainer kedua.
3. Dari lokasi kontainer kedua menuju ke lokasi kontainer ketiga untuk mengangkat kontainer yang terisi ke TPA dan dari TPA membawa kontainer kosong kembali ke lokasi kontainer ketiga.
4. Dari kontainer ketiga, kendaraan menuju lokasi menuju pool.

3. Sistem pengosongan kontainer cara 3 dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Pola kontainer angkat 3

Sumber: Permen PU No. 03/PRT/M/2013

Proses pengangkutan:

1. Kendaraan dari pool dengan membawa kontainer kosong menuju lokasi kontainer pertama yang terisi untuk mengganti atau mengambil dan langsung membawanya ke TPA.
2. Kendaraan dengan membawa kontainer kosong dari TPA menuju kontainer isi kedua untuk menggantinya dan membawanya yang terisi ke TPA.
3. Kendaraan dengan membawa kontainer kosong dari TPA menuju kontainer isi ketiga untuk menggantinya dan membawanya yang terisi ke TPA.
4. Dari lokasi TPA kendaraan membawa kontainer yang kosong menuju pool.

Beberapa istilah penting dan persamaan yang digunakan untuk menghitung pengangkutan dengan sistem HCS menurut Permen PU No. 03/PRT/M/2013 adalah :

1. *Pickup* (P_{HCS}): waktu yang diperlukan untuk menuju lokasi kontainer berikutnya setelah meletakkan kontainer kosong di lokasi sebelumnya, waktu untuk mengambil kontainer penuh dan waktu untuk mengembalikan kontainer kosong (Rit).
2. *Haul* (h) : waktu yang diperlukan menuju lokasi yang akan diangkut kontainernya.
3. *At-site* (s) : waktu yang digunakan untuk menunggu di lokasi.

4. *Off-route* (W) : nonproduktif pada seluruh kegiatan operasional : waktu untuk cheking pagi dan sore, hal tak terduga, perbaikan dan lain-lain.

a). Menghitung *haul time* (h)

$$h = a + b.x \quad (2-1)$$

Dimana: a = *Empirical haul time constant*, h/trip

b = *Empirical haul time constant*, h/jarak

x = Jarak rata-rata, Km/trip Nilai a dan b diperoleh dari data pengumpulan sampah secara aktual, tergantung pada kondisi masing-masing daerah. Faktor yang mempengaruhi antara lain peraturan lalu lintas, kondisi jalan, jam sibuk dan lain-lain.

b). Menghitung P_{HCS}

$$P_{HCS} = pc + uc + dbc \quad (2-2)$$

Dimana : Pc = waktu mengambil kontainer penuh, h/trip

Uc = waktu untuk meletakkan kontainer kosong, h/trip

dbc = waktu antara lokasi, jam/trip

c). Menghitung waktu per trip

$$T_{HCS} = P_{HCS} + h + s \quad (2-3)$$

Dimana : h = waktu yang diperlukan menuju lokasi yang akan diangkut kontainernya

s = waktu yang digunakan untuk menunggu di lokasi

P_{HCS} = *pick up time*

d). Menghitung jumlah trip per hari

$$Nd = [H(1-W) - (t_1 + t_2)] / T_{HCS} \quad (2-4)$$

Dimana : Nd = jumlah trip, trip/hari

H = waktu kerja perhari, jam

t1 = dari garasi ke lokasi pertama

t2 = dari lokasi terakhir ke garasi

W = *factor off route* (nonproduktif pada seluruh kegiatan operasional)

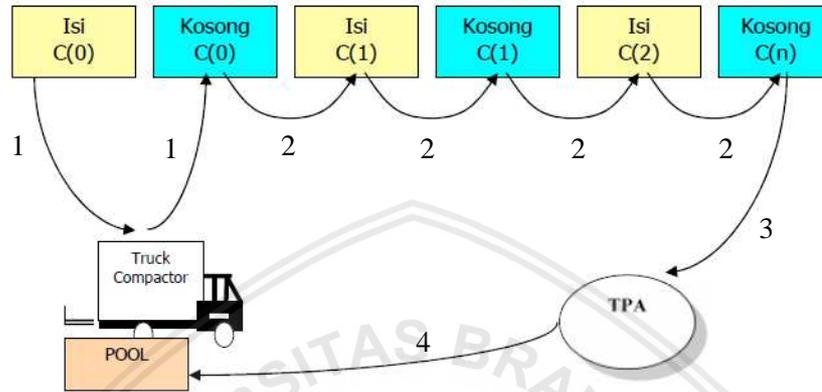
e). Menghitung Kebutuhan kendaraan *Arm roll truck*

$$\text{Jumlah kontainer yang tersebar tiap wilayah / ritasi yang ada} \quad (2-5)$$

❖ **Sistem Pengangkutan dengan Kontainer Tetap (*Stationary Container System* = SCS)**

Sistem ini biasanya digunakan untuk kontainer kecil serta alat angkut berupa truk kompaktor secara mekanis atau manual.

1. Pola pengangkutan dengan cara mekanis dapat dilihat pada Gambar 2.4



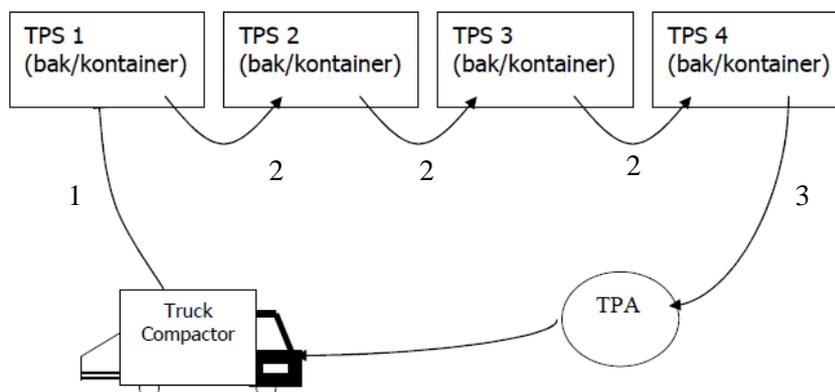
Gambar 2.4 Pola pengangkutan mekanis

Sumber: Permen PU No. 03/PRT/M/2013

Pola pengangkutan dengan cara mekanis yaitu :

1. Kendaraan dari pool menuju kontainer pertama yang telah terisi, kemudian sampah dituangkan kedalam truk kompaktor dan meletakkan kembali kontainer yang kosong.
2. Kendaraan menuju kontainer berikutnya sampai truk terisi penuh.
3. Setelah terisi penuh, truk menuju TPA, demikian seterusnya sampai rit berakhir.
4. Dari lokasi TPA kendaraan membawa kontainer yang kosong menuju pool.

2. Pola pengangkutan dengan cara manual dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Pola pengangkutan manual

Sumber: Permen PU No. 03/PRT/M/2013

Proses pengangkutan dengan manual adalah:

1. Kendaraan dari pool menuju TPS pertama, sampah dimuat ke dalam truk kompaktor atau truk biasa.
2. Kendaraan menuju TPS berikutnya sampai truk penuh.
3. Setelah terisi penuh, truk menuju TPA, demikian seterusnya sampai rit berakhir.

Perhitungan kebutuhan kendaraan *dump truck* adalah

$$\frac{\text{Jumlah timbunan / hari}}{\text{Kapasitas } \textit{dump truck} \times \text{faktor pemadatan (1,2)} \times \text{ritasi}} \quad (2-6)$$

Beberapa istilah penting dan persamaan yang digunakan untuk menghitung pengangkutan dengan sistem SCS menurut Permen PU No. 03/PRT/M/2013 adalah :

1. *Pickup* (P_{scs}): waktu yang diperlukan untuk memuat sampah dari lokasi pertama sampai lokasi terakhir.
2. *Haul* (h) : waktu yang diperlukan menuju TPS/TPA dari lokasi pengumpulan terakhir.
3. *At-site* (s) : waktu yang digunakan untuk menunggu di lokasi
4. *Off-route* (W) : nonproduktif pada seluruh kegiatan operasional : waktu untuk cheking pagi dan sore, hal tak terduga, perbaikan dan lain-lain.
5. Pengumpulan Mekanis.

a). Menghitung P_{scs}

$$P_{scs} = Ct(uc) + (np - 1)(dbc) \quad (2-7)$$

Dimana : Ct = Jumlah kontianer dikosongkan pertrip, kon/trip

uc = Waktu rata-rata untuk mengosongkan kontainer, jam/kon

np = Jumlah kontainer dikosongkan pertrip, lok/trip

dbc = Waktu antar lokasi, jam/lok

b). Menghitung *haul time* (h)

$$h = a + b.x \quad (2-8)$$

Dimana : $a = \text{Empirical haul time constant, h/trip}$

$b = \text{Empirical haul time constant, h/trip}$

$x = \text{Jarak rata-rata, km/trip}$

Nilai a dan b diperoleh dari data pengumpulan sampah secara aktual, tergantung pada kondisi masing-masing daerah. Faktor yang mempengaruhi antara lain peraturan lalu lintas, kondisi jalan, jam sibuk dan lain-lain.

c). Menghitung waktu per trip

$$T_{scs} = P_{scs} + h + s \quad (2-9)$$

Dimana : $h = \text{Waktu yang diperlukan menuju lokasi yang akan diangkut kontainernya}$

$s = \text{Waktu yang digunakan untuk menunggu di lokasi}$

$P_{scs} = \text{Pick up time}$

e). Jumlah trip/hari

$$Nd = Vd/v.r \quad (2-10)$$

Dimana : $v = \text{Vol alat angkut, m}^3/\text{trip}$

$r = \text{Rasio pemadatan}$

$Vd = \text{Jumlah sampah perhari (m}^3/\text{hari)}$

f). Waktu kerja /hari

$$H = [(t_1+t_2) + Nd (T_{scs})]/(1 - W) \quad (2-11)$$

Dimana : $Nd = \text{Jumlah trip, trip/hari}$

$H = \text{Waktu kerja perhari, jam}$

$t_1 = \text{Dari garasi ke lokasi pertama}$

$t_2 = \text{Dari lokasi terakhir ke garasi}$

$W = \text{Factor off route (nonproduktif pada seluruh kegiatan operasional)}$

6. Pengumpulan manual

$$Np = 60 P_{scs} n/tp \quad (2-12)$$

Dimana : $Np = \text{Jumlah lokasi/trip}$

$60 = \text{Konversi jam ke menit, 60 menit/jam}$

$n = \text{Jumlah pengumpul}$

$tp = \text{Waktu pengambilan per lokasi}$

tp tergantung : waktu antar lokasi, jumlah kontainer per lokasi, % jarak rumah ke rumah.

$$tp = dbc + k_1 Cn + k_2 (PRH) \quad (2-13)$$

Dimana : k_1 = Konstanta waktu pengambilan perkontainer, menit/kontainer

k_2 = Konstanta waktu pengambilan dari halaman rumah,
menit/kontainer

Cn = Jumlah kontainer per lokasi

PRH = *Rear-house pickup locations*, persen

Dari sekian perhitungan yang ada, dalam penelitian ini perhitungan yang di pakai adalah perhitungan terkait dengan perhitungan kebutuhan dan jumlah trip perhari baik untuk *arm roll truck* maupun *dump truck*.

2.2.4 Sarana Pengangkutan

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI Nomor 03/PRT/M/2013 tentang penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan, Persyaratan peralatan dan perlengkapan untuk sarana pengangkutan sampah dalam skala kota adalah sebagai berikut :

- Sampah harus tertutup selama pengangkutan, agar sampah tidak berceceran di jalan.
- Tinggi bak maksimum 1,6 meter.
- Sebaiknya ada alat pengungkit.
- Tidak bocor, agar leachate tidak berceceran selama pengangkutan.
- Disesuaikan dengan kondisi jalan yang dilalui.
- Disesuaikan dengan kemampuan dana dan teknik pemeliharaan.

Jenis peralatan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI Nomor 03/PRT/M/2013 dapat berupa :

1. *Dump truck*

Merupakan kendaraan angkut yang dilengkapi sistem hidrolis untuk mengangkat bak dan membongkar muatannya. Pengisian muatan masih tetap secara manual dengan tenaga kerja. Truk ini memiliki kapasitas yang bervariasi yaitu $6m^3$, $8m^3$, $10m^3$, $14m^3$. Dalam pengangkutan sampah, efisiensi penggunaan *Dump truck* dapat dicapai apabila memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah trip atau ritasi perhari minimum 3 dan jumlah crew maksimum 3 orang. Agar tidak

mengganggu lingkungan selama perjalanan ke TPA, *Dump truck* sebaiknya dilengkapi dengan tutup terpal.

2. *Arm roll truck*

Merupakan kendaraan angkut yang dilengkapi sistem hidrolis untuk mengangkat bak dan membongkar muatannya. Pengisian muatan masih tetap secara manual dengan tenaga kerja. Truk ini memiliki kapasitas yang bervariasi yaitu 6m^3 , 8m^3 , dan 10m^3 . Dalam pengangkutan sampah, efisiensi penggunaan *arm roll truck* dapat dicapai apabila memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah trip atau ritasi perhari minimum 5 dan jumlah crew maksimum 1 orang. Agar tidak mengganggu lingkungan selama perjalanan ke TPA, Kontainer sebaiknya memiliki tutup dan tidak rembes sehingga sampah tidak mudah tercecer. Kontainer yang tidak memiliki tutup sebaiknya dilengkapi dengan tutup terpal selama pengangkutan.

3. *Compactor Truck*

Merupakan kendaraan angkut yang dilengkapi sistem hidrolis untuk memadatkan dan membongkar muatannya. Pengisian muatan masih tetap secara manual dengan tenaga kerja. Truk ini memiliki kapasitas yang bervariasi yaitu 6m^3 , 8m^3 , dan 10m^3 . Dalam pengangkutan sampah, efisiensi penggunaan *compactor truck* dapat dicapai apabila memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah trip atau ritasi perhari minimum 3 dan jumlah crew maksimum 2 orang.

4. *Trailer Truck*

Merupakan kendaraan angkut berdaya besar sehingga mampu mengangkut sampah dalam jumlah besar hingga 30 ton. Trailer truck terdiri atas prime over dan kontainer beroda. Kontainer dilengkapi sistem hidrolis untuk membongkar muatannya. Pengisian muatan dilakukan secara hidrolis dengan kepadatan tinggi di *transfer station*. Trailer memiliki kapasitas antar 20-30 ton. Dalam pengangkutan sampah, efisiensi penggunaan trailer truck dapat dicapai apabila memenuhi beberapa kriteria yaitu jumlah trip atau ritasi perhari minimum 5 dan jumlah crew maksimum 2 orang.



Gambar 2.6 Alat angkut sampah

Sumber: Permen PU No. 03/PRT/M/2013

2.2.5 Biaya Operasional Kendaraan

Peningkatan mutu dan adanya perbaikan sarana dan prasarana dalam bidang transportasi sangat mempengaruhi biaya operasional dari suatu kendaraan. Biaya operasional yang dimaksud meliputi penggunaan bahan bakar, dan biaya perawatan kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari rute optimal dari TPS menuju TPA. Menurut Sagara, dkk (2005), definisi optimal yaitu berarti tertinggi, paling baik, sempurna, terbaik, paling menguntungkan. Mengoptimalkan berarti menjadikan sesuatu sempurna, menjadikan sesuatu paling tinggi, menjadikan paling maksimal. Optimalisasi berarti sebuah proses mengoptimalkan atau proses menjadikan sempurna, menjadikan paling tinggi, menjadikan paling maksimal sehingga dikaitkan dengan penelitian ini maka optimalisasi rute berarti proses atau cara menjadikan rute paling baik sehingga memberikan keuntungan apabila dapat diterapkan.

Waktu tempuh dan jarak merupakan dua faktor penyebab utama pengemudi dalam memilih rute, sehingga dalam beberapa studi digunakan dalam mendefinisikan biaya (Fitrianingsih, 2008). Dalam penelitian ini rute

pengangkutan merupakan aspek yang dikaji, waktu tempuh dan jarak tempuh menjadi faktor yang dinilai untuk penentuan rute pengangkutan sampah yang optional.

Berdasarkan Permen PU No. 03/PRT/M/2013 aspek pembiayaan dalam pengangkutan sampah meliputi:

- Biaya insvestasi, yang merupakan sarana yang dibutuhkan untuk pengangkutan seperti truk sampah maupun amrol yang digunakan.
- Biaya operasional, merupakan biaya operasi dan pemeliharaan dalam pengangkutan sampah.

Aspek pembiayaan juga merupakan bagian penting dalam optimalisasi sistem pengangkutan persampahan yang diteliti, dalam penelitian ini biaya yang di hitung adalah biaya operasional kendaraan terkait dengan biaya bahan bakar kendaraan pengangkut sampah.

2.2.6 Efektifitas

Sumange (2013:76) menjelaskan efektifitas merupakan pencapaian suatu tujuan atau target kebijakan, efektifitas juga berkaitan dengan hubungan antara keluaran dengan tujuan atau sasaran yang harus di capai. Kegiatan operasional dikatakan efektif apabila proses dari kegiatan telah mencapai tujuan dan sasaran akhir dari kebijakan. Menurut Sudarto (2008:56-57), menjelaskan beberapa pendekatan yang dilakukan dalam mengukur keefektifan yaitu:

1. Pendekatan sasaran (*Goal Approach*), dimana dalam mengukur keefektifan memusatkan perhatian pada aspek output yaitu dengan mengukur keberhasilan organisasi dalam mencapai tingkatan output yang direncanakan. Dalam pendekatan ini mencoba mengukur seberapa jauh organisasi berhasil merealisasikan sasaran yang hendak dicapai.
2. Pendekatan sumber, pendekatan ini mengukur keefektifan melalui keberhasilan organisasi dalam memperoleh berbagai macam sumber yang dibutuhkan. Keefektifan organisasi dapat diperoleh apabila tingkat keberhasilan organisasi dalam memanfaatkan lingkungannya untuk mendapatkan berbagai jenis sumber yang bersifat langka maupun yang nilainya tinggi.

3. Pendekatan proses (*Process Approach*), pada pendekatan ini keefektifan dianggap sebagai efisiensi dan kondisi dari organisasi internal. Dalam organisasi yang efektif, proses internal berjalan dengan lancar. Keefektifan dari sistem pengelolaan sampah dapat dilihat dari ketersediaan sumber daya dan pendanaan yang dimiliki dalam mendukung tercapainya tujuan dari pengelolaan persampahan.

Dari ketiga pendekatan diatas, peneliti memilih pendekatan sasaran sebagai alat ukur untuk menilai keefektifan, karena sasaran dari organisasi atau instansi terkait sistem pengelolaan persampahan adalah tidak adanya tumpukan atau sisa sampah saat sampah harus dalam kondisi kosong.

2.2.7 Rute Pengangkutan

Rute pengangkutan dibuat agar pekerja dan peralatan dapat digunakan secara efektif. Pada umumnya penentuan rute pengumpulan dibuat, karena rute tidak dapat digunakan pada semua kondisi. Pedoman yang dapat digunakan dalam membuat rute menurut Permen PU No. 03/PRT/M/2013 tentang penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan, Persyaratan peralatan dan perlengkapan untuk sarana pengangkutan sampah dalam skala kota, sangat tergantung dari beberapa faktor yaitu:

1. Peraturan lalu lintas yang ada.
2. Pekerja, ukuran dan tipe alat angkut.
3. Jika memungkinkan, rute dibuat mulai dan berakhir di dekat jalan utama, gunakan topografi dan kondisi fisik daerah sebagai batas rute.
4. Pada daerah berbukit, usahakan rute dimulai dari atas dan berakhir di bawah.
5. Rute dibuat agar kontainer/TPS terakhir yang akan diangkut yang terdekat ke TPA.
6. Timbulan sampah pada daerah sibuk/lalu lintas padat diangkut sepagi mungkin.
7. Daerah yang menghasilkan timbulan sampah terbanyak, diangkut lebih dahulu.
8. Daerah yang menghasilkan timbulan sampah sedikit, diusahakan terangkut dalam hari yang sama.

Dalam pemilihan rute terdapat beberapa faktor penentu yang harus diperhatikan (Khisty dan Lall, 2005) yakni a.) waktu tempuh, merupakan

perbandingan antara jarak yang ditempuh dengan kecepatan rata-rata. b.) nilai waktu, merupakan nilai penghematan waktu yang meliputi jumlah biaya yang rela dikeluarkan untuk menghemat dalam satu waktu perjalanan. c.) biaya perjalanan, yang dapat dinyatakan dalam wujud uang, waktu tempuh, dan jarak atau gabungan dari ketiganya yang dapat disebut biaya gabungan. Total biaya perjalanan sepanjang rute tertentu merupakan jumlah dari biaya setiap ruas jalan yang dilalui.

Pada langkah awal pembuatan rute maka ada beberapa langkah yang harus diikuti agar rute yang direncanakan menjadi lebih efisien, yaitu :

1. Penyiapan peta yang menunjukkan lokasi-lokasi dengan jumlah timbulan sampah.
2. Analisis data diplot ke peta frekwensi pengumpulan dan jumlah TPS.
3. Mengetahui rute awal.
4. Evaluasi layout rute awal dan membuat rute tercepat.

Penentuan rute terpendek bisa dilakukan melalui beberapa metode. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan rute terpendek antara lain :

1. *ArcGis Network Analyst*.

Network Analyst merupakan salah satu *extention* yang disediakan pada *software* ArcGis yang memiliki kemampuan untuk melakukan analisa jaringan, dimana dalam melakukan analisa jaringan *Network Analyst* akan menemukan jalur yang paling kecil impedansinya. *Network Analyst* memiliki kemampuan untuk membuat *network* dataset dan melakukan analisa pada jaringan tersebut. *Extention* ini dibuat dengan menggunakan beberapa bagian aplikasi dari ArcGis yaitu *ArcCatalog* untuk membuat *network* dataset, *ArcMap* untuk melakukan analisis dan *ArcToolbox* untuk melakukan proses geoprosesing. *Network* dataset *wizard* di dalam *ArcCatalog* akan memudahkan untuk membuat sebuah dataset dari sebuah geodatabase atau shapefile, *wizard* ini akan membantu untuk mengidentifikasi feature class yang akan digunakan, menetapkan aturan di dalam jaringan dan mengidentifikasi atribut di dalam jaringan (ESRI, 2010). *Network Analyst* dapat menemukan jalan terbaik dari satu lokasi ke lokasi lain atau menemukan jalan terbaik untuk mengunjungi beberapa lokasi. Lokasi dapat ditentukan secara

dibuat sebelumnya dan tersusun atas beberapa layer berbeda. Layer tersebut antara lain adalah layer jalan, layer *junction*, dan layer daerah wisata atau rumah sakit. Layer *junction* merupakan layer yang berisi persimpangan jalan dan merupakan salah satu layer penting dalam penentuan rute terpendek. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua buah titik sebagai nilai pembanding, yaitu titik A dan titik B. Titik A disimbolkan dengan warna Hijau (bawah) dan titik B dengan warna Merah (atas).



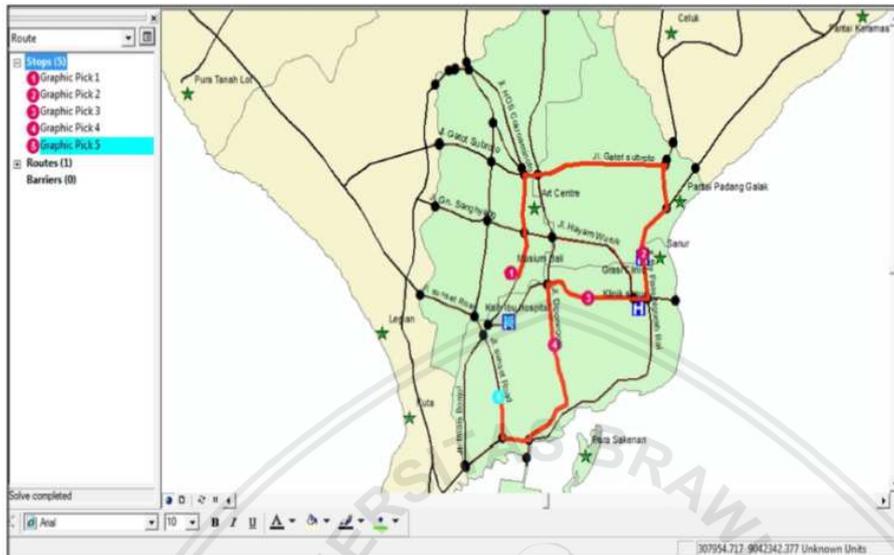
Gambar 2.8 Rute alternatif

Sumber: ESRI, 2010

Berdasarkan pembahasan di atas diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk pengembangan aplikasi tracking rute terpendek, dapat dilakukan dengan pentahapan berikut ini :
 - a. Pembuatan shape file terutama untuk jalan termasuk pemberian bobot jarak dan kecepatan standar setiap ruas jalan
 - b. Penyiapan network dataset untuk menjamin konektivitas network dengan menentukan salah satu field pada atribut jalan sebagai impedansi
 - c. *Tracing rute* dengan *Network Analyst*
2. Output dari aplikasi ini adalah berupa rute optimal dan estimasi waktu tempuh

3. Hasil pengujian dengan membuat beberapa rute dan perbandingan perhitungan telah menunjukkan hasil rute yang tepat sesuai dengan kondisi di lapangan.



Gambar 2.9 Contoh hasil pemilihan rute

Sumber: ESRI, 2010

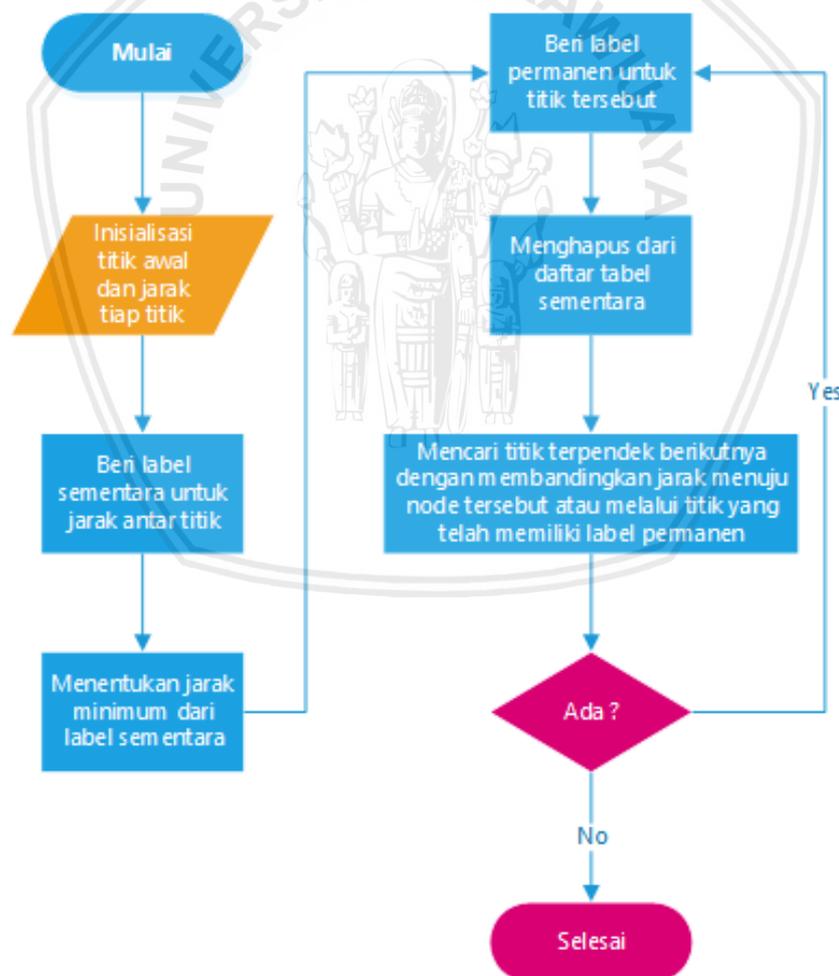
Penerapan metode *ArcGis Network Analyst* terhadap optimalisasi rute pengangkutan sampah adalah sebagai berikut :

- Persiapkan data dasar berupa peta digital dengan format shp dengan atribut berupa jalan, titik TPS, TPA dan garasi kendaraan pengangkut sampah maupun titik *traffic light*.
- Mengetahui jenis pola pengangkutan sampah yang diterapkan di wilayah penelitian.
- Setelah itu kita mulai *tracking* titik awal yaitu garasi kendaraan dengan membedakannya berdasarkan tiap plat nomor kendaraan. Kita terlebih dahulu mengaktifkan *tools Network Analyst* yang ada pada *software ArcGis* yaitu pada *ArcToolbox* , selanjutnya kita mulai menentukan titik awal dan akhir dengan *tools* , kemudian setelah menentukan titik awal yang berupa garasi, titik berikutnya berupa TPS/kontainer dan titik terakhir adalah TPA serta memulai proses pencarian rute dengan *tools* .
- Setelah diperoleh rute yang optimal, selanjutnya dimasukkan kedalam tabel perbandingan antara kondisi eksisting dan setelah adanya rute yang baru.

Perbandingan rute yang lama dan yang baru dilihat dari jarak tempuh dan waktu perjalanan.

2 . Metode Algoritma Dijkstra

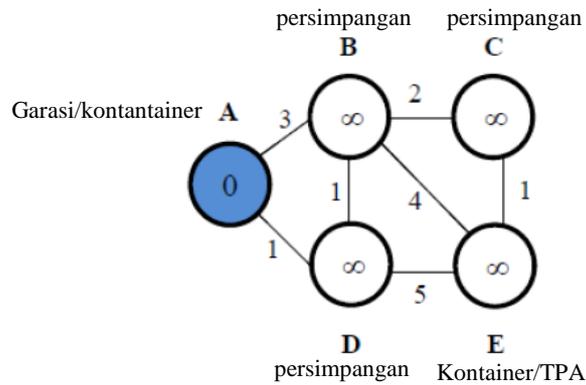
Algoritma ini pada walnya ditemukan oleh Edsger W. Dijkstra yang merupakan seorang ilmuwan computer dari Negara Belanda, yang pada tahun 1959 dipublikasikan dalam sebuah jurnal *Numerische Mathematik* dengan judul “A Note on Two Problems in Connexion with Graphs”. Algoritma ini sangat seing digunakan dalam menangani permasalahan terkait dengan penentuan jarak atau rute terpendek dengan menggunakan graph berarah dan bobot terkecil dari satu titik ke titik yang lain (Fitria, 2013). Untuk lebih jelasnya dapat diliat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Diagram alur algoritma dijkstra

Sumber : Fitria, 2013

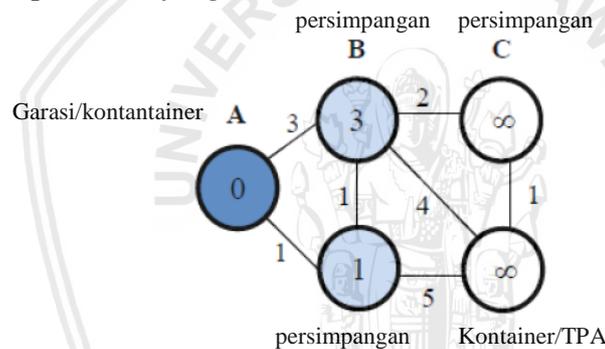
Berikut akan dijabarkan proses penentuan rute terpendek dengan menggunakan algoritma dijkstra (Amani, 2015).



Gambar 2.11 Langkah pertama algoritma dijkstra

Sumber : Amani, 2015

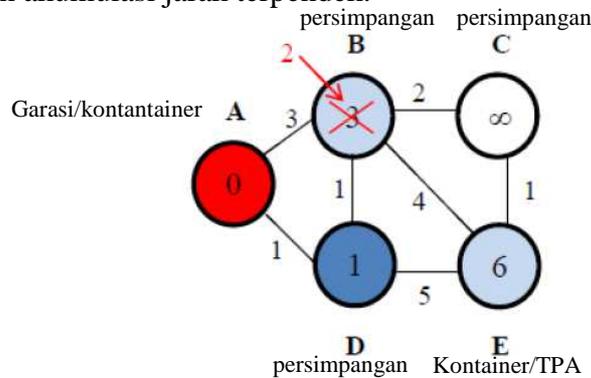
Tahap pertama, mengatur titik persinggahan dan memberi identitas 0 pada titik awal dan ∞ pada titik yang lain.



Gambar 2.12 Langkah kedua algoritma dijkstra

Sumber : Amani, 2015

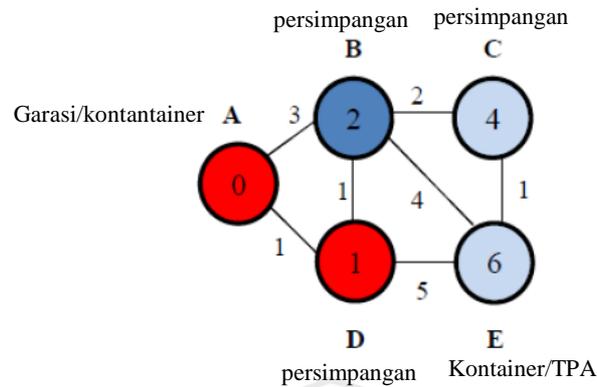
Tahap kedua, mempertimbangkan titik tetangga yang tidak dikunjungi, untuk titik yang dikunjungi dilihat jarak terendah, sehingga identitas awal ∞ diganti dengan akumulasi jarak terpendek.



Gambar 2.13 Langkah ketiga algoritma dijkstra

Sumber : Amani, 2015

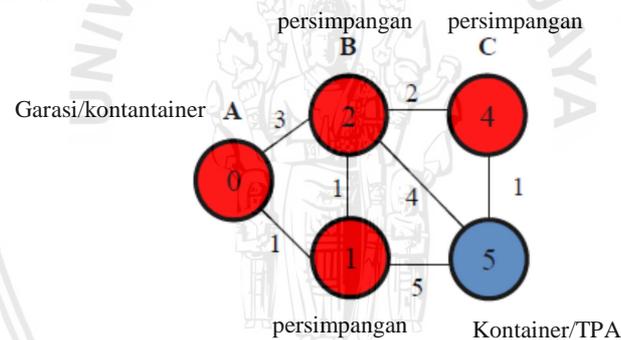
Tahap ketiga, mengkalkulasi jarak tiap titik dan mengganti identitas dengan jumlah jarak terendah.



Gambar 2.14 Langkah keempat algoritma dijkstra

Sumber : Amani, 2015

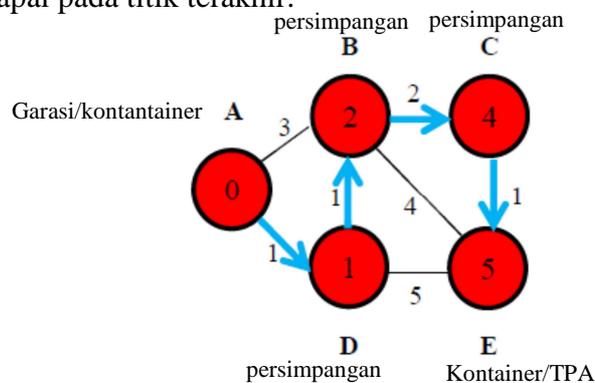
Tahap keempat, setelah diketahui titik tetangga yang mempunyai jarak terdekat diberi tanda merah, yang artinya titik tersebut sudah di perhitungkan jarak dari titik awal.



Gambar 2.15 Langkah kelima algoritma dijkstra

Sumber : Amani, 2015

Tahap kelima, perhitungan jarak tiap titik dilanjutkan sama seperti tahap keempat, samapai pada titik terakhir.



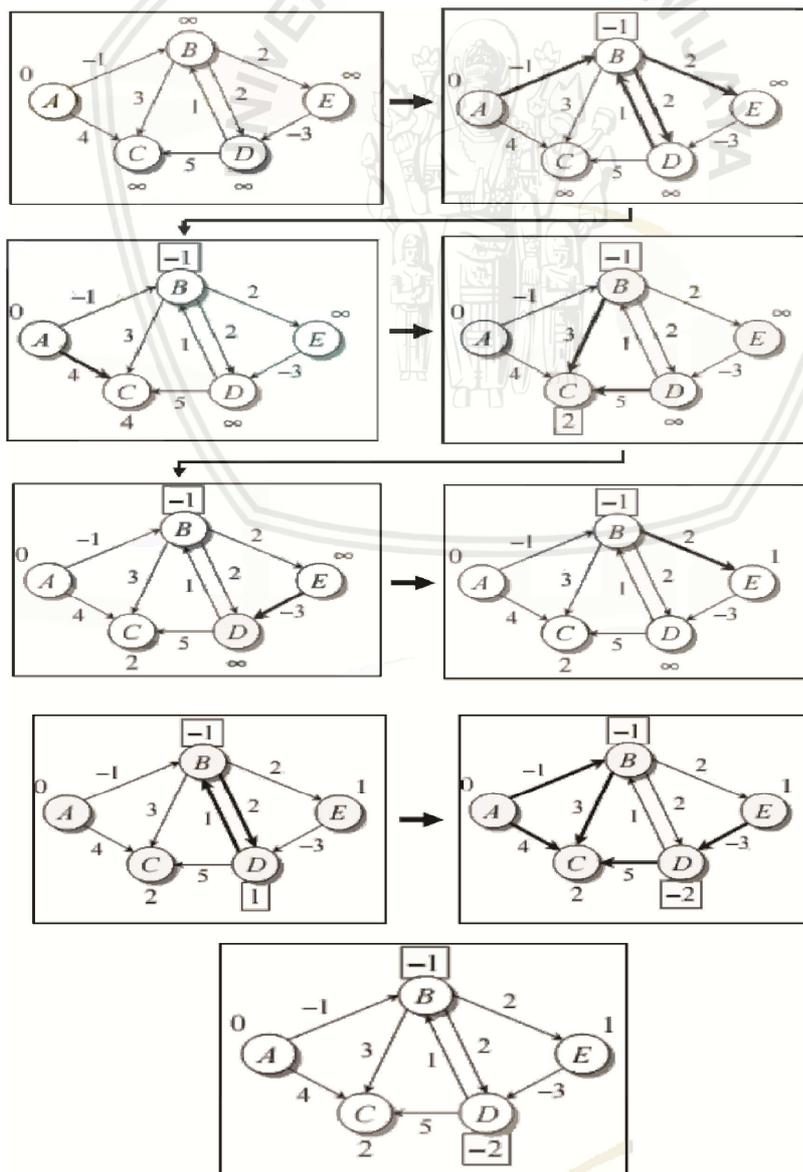
Gambar 2.16 Langkah keenam algoritma dijkstra

Sumber : Amani, 2015

Tahap keenam, rute terpendek sudah ditemukan berdasarkan jarak terpendek tiap titiknya.

3. Metode Algoritma Bellman Ford

Metode algoritma ini dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah terkait rute terpendek dengan sumber tunggal. Algoritma ini dikembangkan oleh Richard Bellman dan Lester Ford dengan cara kerja yang serupa algoritma dikjstra, akan tetapi metode ini mampu menghitung jalur yang memiliki bobot negatif dalam mencari jarak terpendek ke suatu node tujuan yaitu dengan menghitung setiap kemungkinan titik yang mengarah ke titik tujuan tersebut nilai negatif didapat karena adanya rute kembali dalalam satu node (Purwanto, 2008). Untuk proses cara kerja dapat dilihat pada Gambar 2.17.

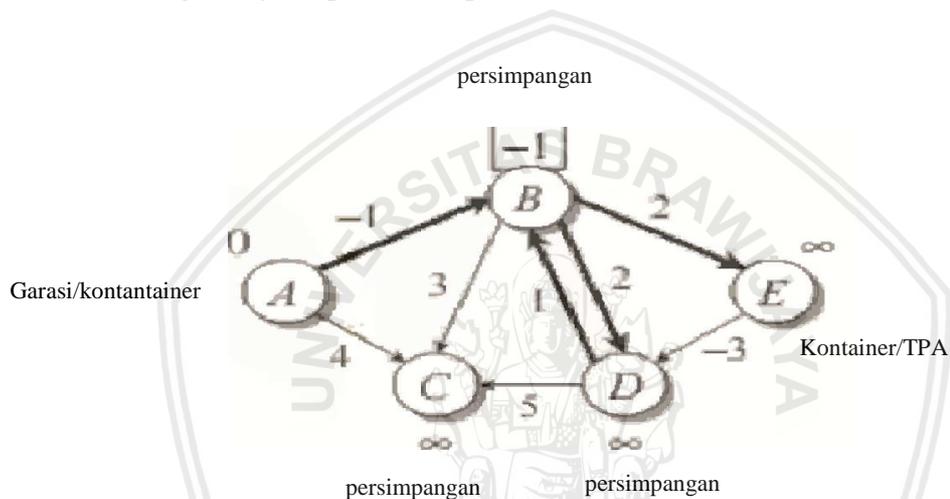


Gambar 2.17 Cara kerja algoritma bellman ford

Sumber : Purwanto, 2008

Proses analisis dengan metode Algoritma Bellman Ford sebagian besar sama dengan proses analisis dengan menggunakan metode Algoritma Dijkstra, namun yang membedakan dalam penerapan dalam pengangkutan sampah adalah adanya titik persimpangan yang dilalui kembali dalam hal ini bobot dari nilai tersebut akan menjadi negatif. Kondisi ini bisa digunakan apabila rute pengangkutan dalam kondisi dilapangan melewati kembali titik persimpangan.

untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.18.

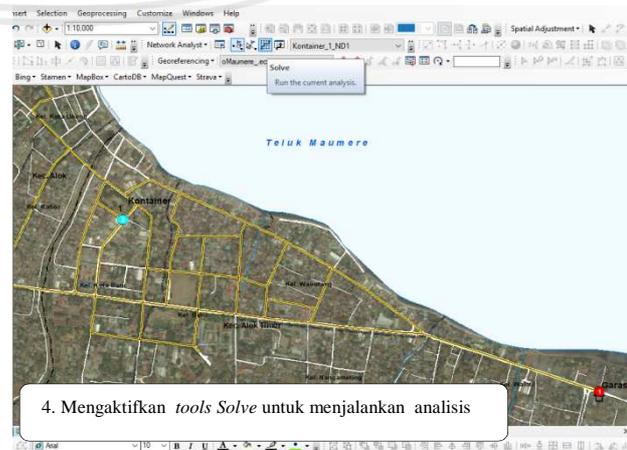
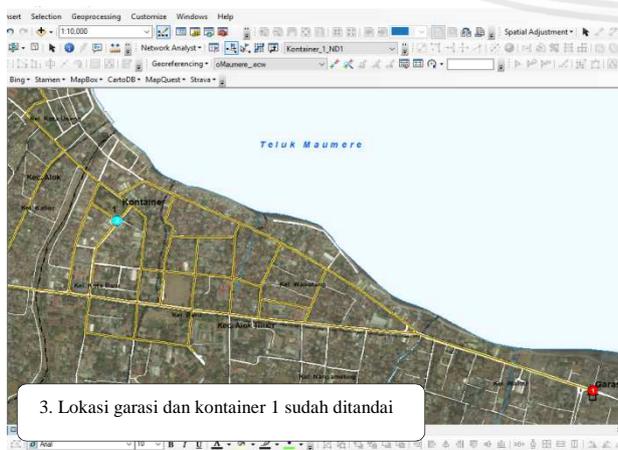
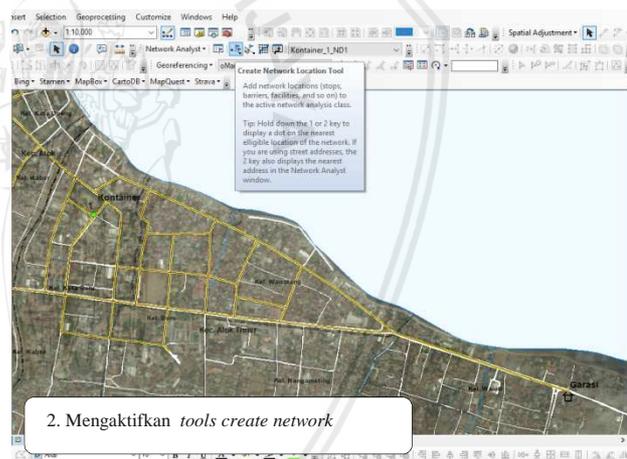
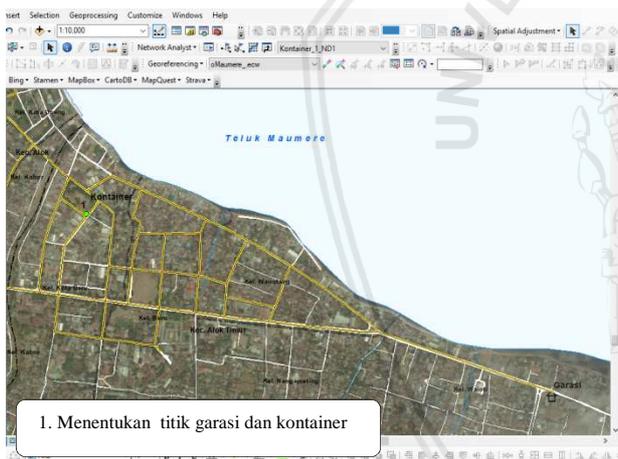


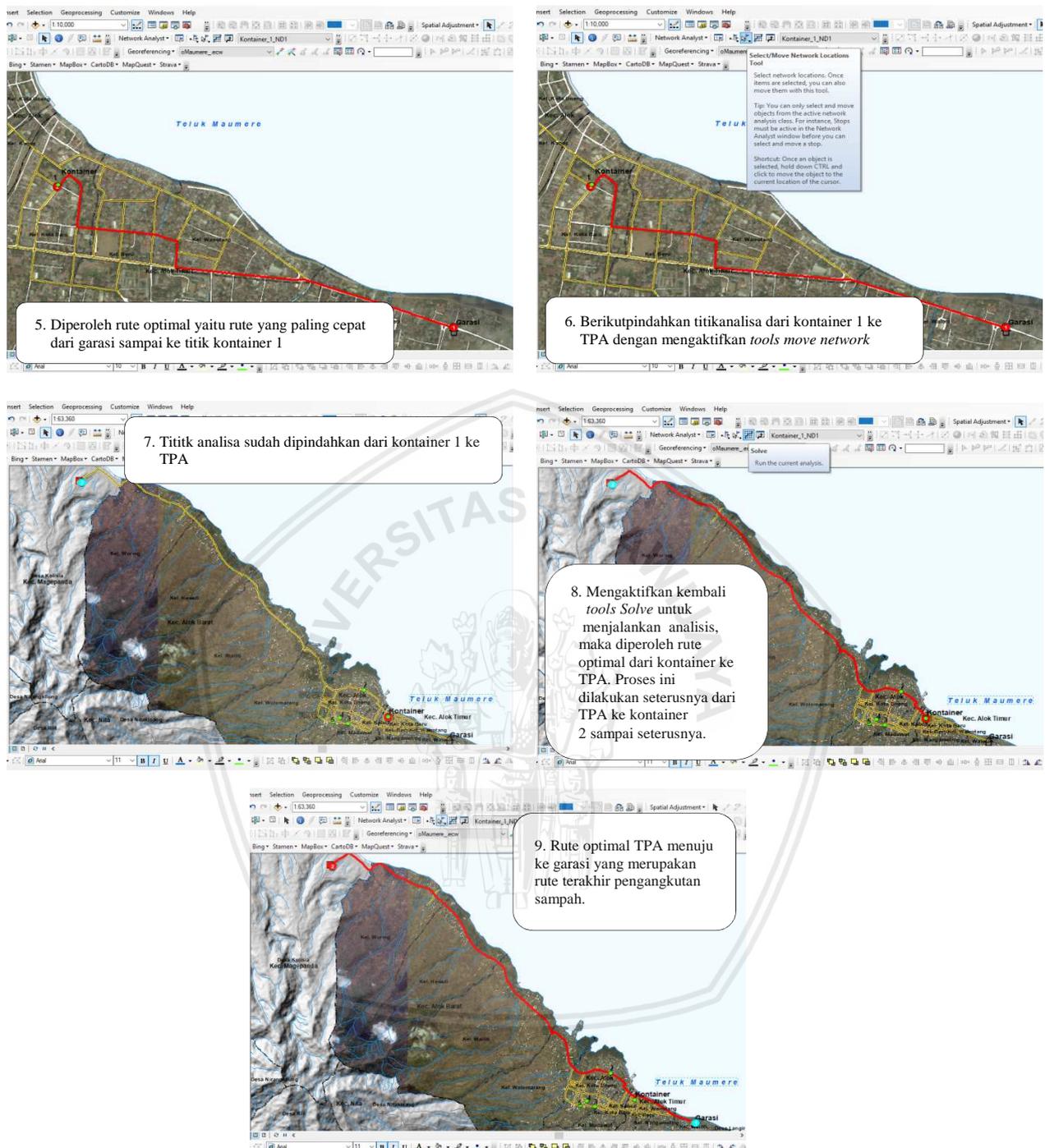
Gambar 2.18 Cara kerja algoritma bellman ford dalam proses pengangkutan sampah

Dari ketiga metode untuk mencari rute tercepat yang telah di jelaskan di atas, dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode *Network Analyst* dengan menggunakan *software ArcGis 10.1*, karena dengan menggunakan metode ini data yang di analisis diperoleh lang sung berupa data peta lapangan. Data yang dianalisis sebelumnya harus berupa data digital (shp) dengan diisi atribut berdasarkan perhitungan *calculate geometry* sehingga hasil yang ada di peta sesuai dengan kondisi eksisting, sedangkan untuk perhitungan dengan menggunakan algoritma dijkstra dan algoritma bellman ford, perhitungan dilakukan secara manual tanpa bantuan perangkat lunak yang diakibatkan tidak adanya data digital. Perhitungan seperti ini cenderung lama dalam menganalisis serta untuk algoritma bellman ford, perhitungan dilakukan dengan adanya rute

bolak balik dalam satu titik, sedangkan di lokasi penelitian tiap titik hanya di lewati satu rute saja tanpa adanya rute bolak balik dalam satu titik.

Penerapan metode *Network Analyst* dengan menggunakan *software ArcGis* terhadap lokasi penelitian adalah setiap persimpangan adalah node atau titik temu dan garis yang ada pada peta adalah berupa jalan yang menghubungkan tiap persimpangan. Tiap kendaraan pengangkut sampah (*arm roll truck*) dihitung rute pengangkutan dari garasi menuju ke TPS/kontainer dan selanjutnya menuju ke TPA kemudian dari TPA menuju ke TPS berikut, hingga terakhir pengangkutan dari TPA menuju ke garasi. Ketika menjalankan analisis ini kita langsung menentukan titik awal dan titik akhir rute, selanjutnya dianalisis dan diperoleh rute tercepat. Berikut penerapan optimalisasi rute pengangkutan sampah dengan *Network Analyst* :





Gambar 2.19 Cara kerja *Network Analyst* dalam proses pengangkutan sampah dengan program *ArcGis*

2.2.8 Dampak Ekonomi Dan Lingkungan

Ilmu ekonomi adalah ilmu terkait perilaku orang dan masyarakat dalam memilih cara menggunakan sumber-sumber daya yang langka serta memiliki

beberapa alternatif penggunaan, dalam menghasilkan berbagai komoditi, untuk selanjutnya disalurkan, baik untuk masa sekarang maupun untuk masa depan, kepada berbagai individu dan kelompok yang ada dalam suatu masyarakat (Samuelson dan Nordhaus, 1990). Dalam penelitian ini manfaat ekonomi dilihat dari besarnya biaya yang dikeluarkan dalam sistem pengangkutan persampahan. Berdasarkan Permen PU No.3 Tahun 2013 menyatakan bahwa, aspek pembiayaan pengangkutan persampahan terdiri atas :

- Biaya investasi, merupakan biaya dari sarana yang dibutuhkan dalam menunjang pengangkutan seperti truk sampah yang digunakan.
- Biaya operasional, merupakan biaya dari operasi dan pemeliharaan pengangkutan sampah. Poin-poin yang termasuk dalam biaya ini adalah penggunaan bahan bakar, pelumas, biaya penggantian onderdil kendaraan, biaya perawatan kendaraan serta upah. Seperti dipertegas oleh Zsigraiova (2013) bahwa biaya operasi dalam pengangkutan sampah meliputi biaya pemeliharaan kendaraan, tenaga kerja dan bahan bakar.

Untuk penelitian ini biaya operasional yang dihitung adalah biaya terkait bahan bakar yang di keluarkan tiap kendaraan pengangkut sampah.

Lingkungan hidup merupakan kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya (UU No.23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup). Satu dari beberapa jenis pencemaran lingkungan yang sering terjadi adalah pencemaran udara. Penyebab pencemaran udara dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu yang terjadi secara alamiah, seperti debu yang diterbangkan oleh angin, debu akibat letusan gunung berapi, pembusukan sampah dan makhluk hidup lain dan lain sebagainya. Sedangkan yang berikutnya merupakan faktor dari perbuatan manusia yang dibagi lagi menjadi dua bagian yaitu, yang berasal dari sumber bergerak seperti kendaraan bermotor, kapal terbang, dan lain-lain, serta sumber tidak bergerak yaitu dari kegiatan industri (Wardhana, 2001).

Secara kasat mata asap yang keluar dari knalpot kendaraan yang berbahan bakar solar lebih terlihat dibandingkan pada kendaraan yang berbahan bakar bensin. Gas buang dari kendaraan bermotor berupa nitrogen, karbon dioksida dan

uap air, bukan merupakan gas yang berbahaya namun, selain dari komponen gas buang kendaraan tersebut ternyata ada kandungan lain seperti karbon monoksida (CO), senyawa hidrokarbon (HC), berbagai oksida nitrogen (NO_x), oksida sulfur (SO_x) dan partikulat debu termasuk di dalamnya timbal (Pb) (Hickman, 1999).

Berdasarkan Permen PU No. 03/PRT/M/2013, rumus untuk perhitungan konsumsi bahan bakar minyak adalah sebagai berikut:

$$BiBBMj = KBBMi \times HBBMj \quad (2-14)$$

Dengan keterangan,

BiBBM_j : Biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i
(Rp/Km)

KBBM_i : Konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i
(liter/Km)

HBBM_j : Harga bahan bakar untuk jenis BBM j (rupiah/liter)

i : Jenis kendaraan

j : Jenis bahan bakar minyak

Nilai rata-rata jumlah emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan dengan berbahan bakar solar ditetapkan dari Permen LH No. 12 tahun 2010 tentang pelaksanaan pengendalian pencemaran udara. Jumlah emisi gas yang dikeluarkan truk dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2. Faktor emisi gas buang kendaraan

Kategori	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)
Truk	8,4	1,8	17,7

Sumber: Permen LH No. 12, 2010

Formula dasar untuk estimasi perhitungan emisi dengan memakai emisi faktor Zhongan, et.al (2005) adalah sebagai berikut:

$$Emisi (gram) = Faktor Emisi (g/km) \times Km Jarak Tempuh \quad (2-15)$$

Dari hasil perhitungan emisi dapat dihitung selisih jumlah emisi gas antara rute eksisting dengan rute tercepat dengan rumus

$$\Delta Emisi = emisi rute eksisting - emisi optimalisasi rute \quad (2-16)$$

2.3. Penelitian Terdahulu

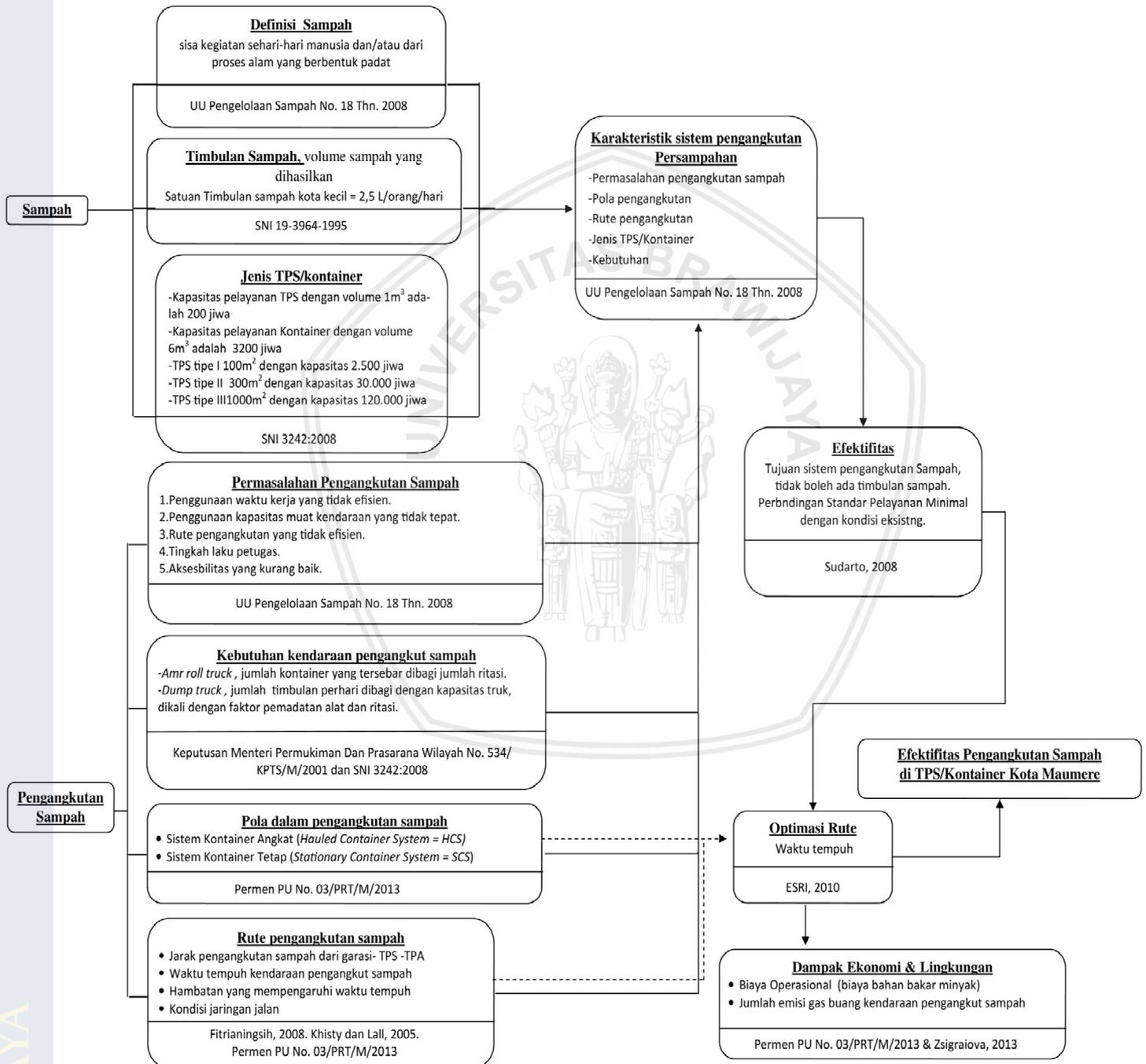
Tabel 2.3. Studi terdahulu yang terkait penelitian

No.	Nama, Tahun Publikasi	Judul	Masalah	Variabel	Analisis yang digunakan	Hasil
1.	Mohammad Abousaeidi, 2015 (Jurnal)	<i>Geographic Information System (GIS) modeling approach to determine the fastest delivery routes in Kuala Lumpur City, Malaysia.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bagaimana menjaga kualitas pengiriman sayuran agar tetap segar di Kota Kuala Lumpur, Malaysia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Data lokasi swalayan. • Data Kecepatan rata-rata dari kendaraan. • Data waktu perjalanan. • Data jarak tempuh kendaraan. • Data volume kendaraan. • Data Populasi • Data penggunaan lahan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Overlay GIS. • Regresi model. 	Rute tercepat dengan waktu pengiriman tercepat.
2.	Amirhossein Malakahmad, 2013(Jurnal)	<i>Solid waste collection routes optimization via GIS techniques in Ipoh City, Malaysia</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem pengangkutan sampah menghabiskan sekitar dua sepertiga dari seluruh anggaran sistem pengelolaan persampahan yang ada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Data lokasi stop mobil. • Data jarak tempuh kendaraan. • Data rute kendaraan. • Data kecepatan kendaraan. • Data waktu tempuh kendaraan. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Network analyst GIS</i> 	Optimalisasi rute pengangkutan persampahan.
3.	M. Rasyid Rhida, 2016 (Jurnal)	Studi Optimasi Rute pengangkutan Sampah Kota Marabahan dengan Pola Stationary Container System menggunakan SIG	<ul style="list-style-type: none"> • Pemindahan lokasi TPA yang baru tidak diikuti dengan perubahan rute pengangkutan sampah yang ada.. 	<ul style="list-style-type: none"> • Data node yang dikunjungi. • Data waktu perjalanan. • Data jarak perjalanan. • Data rute eksisting 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Global routing algorithm</i> dengan GIS. 	Mengetahui jalur optimal menuju TPA yang baru.

No.	Nama, Tahun Publikasi	Judul	Masalah	Variabel	Analisis yang digunakan	Hasil
4	Aryanti Fitrianingsih, 2008 (Tesis)	Pengaruh Beban Lalu Lintas Terhadap Pemilihan Rutedi Kawasan Komersial Simpang Lima, Kota Semarang	<ul style="list-style-type: none"> Kurangnya sistem informasi yang jelas dari pihak-pihak terkait mengenai adanya kesemrawutan dalam pola sirkulasi rute lalu lintas di kawasan pusat kota, khususnya pada kawasan komersial Simpang Lima Kota Semarang. 	<ul style="list-style-type: none"> Data sirkulasi lalu lintas. Data kemacetan Data fungsi jalan Data jenis pergerakan Hubungan antara pusat perdagangan dan jasa dengan transportasi 	<ul style="list-style-type: none"> Deskriptif Kualitatif Melalui Distribusi Frekuensi berdasarkan Angket Terbuka 	Mengetahui Pengaruh Beban Lalu lintas Terhadap Pemilihan Rute Kawasan Komersial Simpang Lima Kota Semarang
5.	Antonius Eko Setiawan, 2017	Efektifitas Pengangkutan Sampah di TPS/Kontainer Kota Maumere	<ul style="list-style-type: none"> Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan peningkatan volume sampah dan timbunan sampah di TPS. Adanya TPS yang tidak terangkut tiap harinya. Kapasitas truk pengangkut yang tidak sesuai dengan timbulan sampah pada beberapa TPS. Kondisi TPS atau Kontainer yang sudah rusak. Rute pengangkutan sampah yang belum terdokumentasi 	<ul style="list-style-type: none"> Data kondisi karakteristik sistem pengangkutan sampah. Data kebutuhan sarana dan prasarana persampahan Data jadwal ritasi Data titik lokasi TPS dan TPA. Data waktu tempuh kendaraan. Hambatan Data rute pengangkutan sampah eksisting. 	<ul style="list-style-type: none"> Network analyst GIS Analisis efektifitas. Analisis deskriptif evaluatif. Analisis dampak. 	<p>Optimasi Sistem pengangkutan Persampahan <u>Perbedaan:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Adanya perhitungan kebutuhan TPS di lokasi penelitian. Variabel yang digunakan berbeda berdasarkan Permen PU No.3 Tahun 2013.

2.4. Kerangka Teori

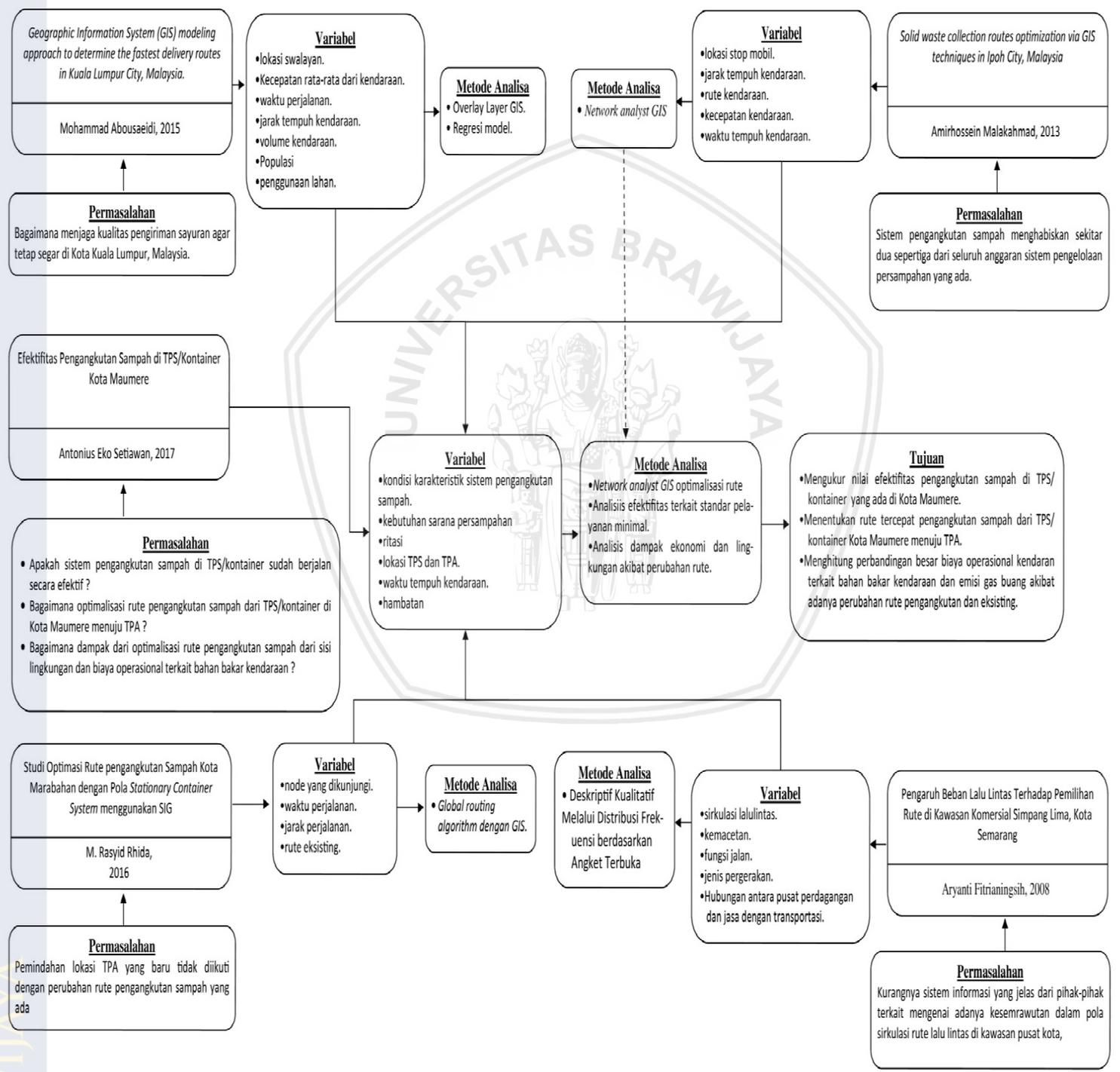
Dalam kerangka teori dijabarkan skema terkait dengan dukungan teori sebagai dasar pemecahan masalah yang dihadapi peneliti. Kerangka teori yang dibahas dalam pengangkutan sampah, rute pengangkutan sampah serta dampak ekonomi dan lingkungannya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Kerangka teori

BAB III DIAGRAM PENELITIAN

3.1. Diagram Penelitian Komparasi



Gambar 3.1. Diagram penelitian komparasi

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan diperoleh dari komparasi penelitian sebelumnya seperti yang dijabarkan dalam gambar diagram 3.1. variabel yang digunakan adalah kondisi karakteristik sistem pengangkutan sampah, kebutuhan sarana persampahan, jumlah ritasi, lokasi TPS/kontainer dan TPA, waktu tempuh kendaraan serta hambatan berupa durasi dari lampu lalu lintas. Dari variabel tersebut dianalisis dengan menggunakan beberapa metode analisis. Untuk mengetahui efektifitas sistem pengangkutan digunakan analisis standart pelayanan minimal berdasarkan standar yang berlaku di Indonesia dengan mengukur perbandingan jumlah timbulan sampah dengan sarana persampahan, apakah kondisi eksisting yang ada sudah terlani atau belum sepenuhnya terlayani sehingga, dapat diketahui kebutuhan jumlah sarana yang dapat melayani wilayah penelitian. Analisis berikutnya adalah mengetahui optimasi rute pengangkutan sebagai pendukung efektifitas pengangkutan sampah dengan menggunakan metode analisis *network analyst* dengan bantuan *software* ArcGis 10.1. dari hasil optimasi rute dapat diketahui dampak terhadap lingkungan terkait gas buang kendaraan dan dampak ekonomi terkait konsumsi bahan bakar kendaraan dengan menggunakan analisis dampak lingkungan dan ekonomi dengan melihat perbandingan antara rute kondisi eksisting dengan optimasi rute yang direncanakan.

Lokasi dari penelitian ini adalah wilayah kerja Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sikka yaitu Kota Maumere yang merupakan Ibukota dari Kabupaten Sikka, yang terdiri dari Kecamatan Alok Timur, Kecamatan Alok dan Kecamatan Alok Barat. Peningkatan jumlah dan pertumbuhan penduduk di Kota Maumere menyebabkan jumlah sampah yang dihasilkan juga meningkat dan berbanding terbalik dengan jumlah fasilitas persampahan yang dimiliki sehingga sering terjadi tumpukan sampah di TPS yang ada. Tumpukan yang ada sangat mengganggu kesehatan masyarakat dan sangat mengganggu dari segi keindahan dari sebuah kota, sehingga perlu diketahui karakteristik sistem persampahan dan sistem pengangkutannya, serta perlu adanya optimalisasi rute pengangkutan yang ada.

3.2. Definisi Operasional

Definisi operasional digunakan untuk menyamakan pengertian suatu istilah agar tidak terjadi perbedaan arti dalam penafsiran. Beberapa hal yang perlu dijelaskan dalam penelitian ini antara lain :

- **Optimasi** : merupakan sebuah proses menjadikan rute pengangkutan persampahan lebih baik dari rute sebelumnya dengan adanya penentuan rute tercepat, yang secara langsung mempengaruhi efisiensi sistem pengangkutan persampahan. Rute tercepat di peroleh dengan menggunakan *network analysis* dengan program ArcGis 10.1 sehingga di ketahui selisih waktu dan jarak tempuh dari rute eksisting dan rute tercepat.
- **Efektifitas** : merupakan suatu keadaan yang menyatakan seberapa besar target yang telah dicapai dalam sistem pengangkutan persampahan, dikatakan efektif apabila telah mencapai sasaran yaitu tdk adanya sampah pada saat sampah harus dalam keadaan kosong atau dengan kata lain skala pelayanan dari sarana persampahan sudah melayani seluruh masyarakat yang ada. penilaian efektifitas dinilai dari perbandingan kondisi eksisting dengan standar yang berlaku sehingga diketahui persentase skala pelayanan dari sarana pengangkutan sampah serta kebutuhan yang seharusnya memenuhi skala pelayanan masyarakat.
- **Pengangkutan sampah** : merupakan kegiatan yang dimulai dari titik pengumpulan terakhir dari siklus pengumpulan sampah menuju TPA. Pengangkutan sampah yang menjadi obyek penelitian adalah pengangkutan sampah dari garasi/pool menuju ke titik TPS/kontainer dengan menggunakan kendaraan pengangkut *dump truck* dan *arm roll truck* dengan jam operasional dari jam 08-00 sampai jam 15.00 atau sekitar 8 jam kerja sehari.
- **Rute pengangkutan** : arah atau jalur yang harus dilalui kendaraan pengangkutan sampah dari titik awal ke titik TPS selanjutnya menuju ke titik TPA. Rute pengangkutan sampah dengan menggunakan kendaraan pengangkut sampah dapat diketahui durasi lama perjalanan tiap kendaraan dan panjang trip kendaraan sampai kembali ke garasi/pool dengan melihat hambatan-hambatan yang ada di lokasi penelitian yang dapat mengurangi waktu tempuh dari kendaraan tersebut.

- **Sistem pengangkutan sampah** : merupakan keseluruhan proses dari kegiatan pengangkutan sampah dari pengangkutan di TPS sampai ke TPA. Sistem pengangkutan sampah meliputi identifikasi timbulan sampah tiap wilayah sesuai jumlah penduduk yang ada, identifikasi persebaran dari titik TPS/kontainer tiap wilayah di Kota Maumere, Identifikasi rute dan jenis kendaraan pengangkut dari TPS/kontainer menuju TPA, mengukur efektifitas dari kondisi eksisting dengan standar yang berlaku, menentukan rute tercepat dari pengangkutan sampah dari TPS menuju TPA dan perhitungan manfaat ekonomi yang berkaitan biaya operasional kendaraan berupa biaya konsumsi bahan bakar serta emisi atau gas buang dari kendaraan dengan melihat perbandingan rute eksisting dan rute tercepat.
- **Pola pengangkutan sampah** : merupakan model dari sistem pengumpulan sampah. Pola pengangkutan sampah yang diidentifikasi adalah pola pengangkutan menggunakan sistem kontainer angkat (*Hauled Container System* = HCS) ataupun sistem kontainer tetap (*Stationary Container System* = SCS). Untuk pola pengangkutan secara HCS, kendaraan *arm roll truck* dari garasi/pool langsung membawa kontainer kosong selanjutnya menuju kontainer pertama yang terisi sampah kemudian menurunkan kontainer yang kosong dan mengangkat kontainer yang terisi, kontainer yang terisi tersebut kemudian diangkut menuju ke TPA, dari TPA dengan membawa kontainer kosong menuju kontainer terisi berikutnya sampai terakhir menuju ke garasi/pool dengan membawa kontainer kosong. Untuk Pola pengangkutan SCS (manual), kendaraan *dump truck* dari garasi/pool langsung menuju TPS dan *door to door* dari rumah ke rumah sampai kondisi bak penuh kemudian langsung menuju TPA untuk pembuangannya.

BAB IV

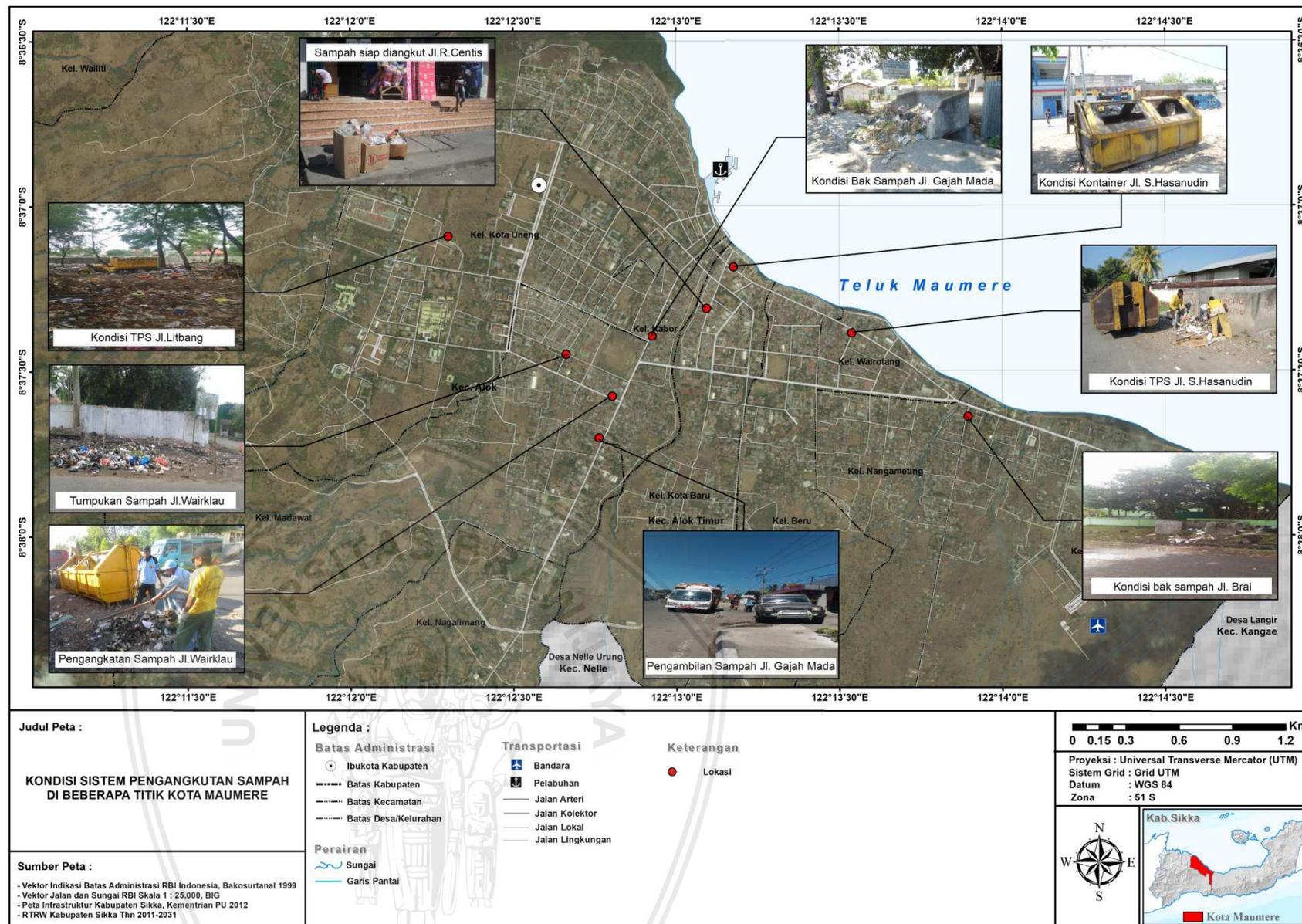
METODE PENELITIAN

4.1. Jenis Penelitian

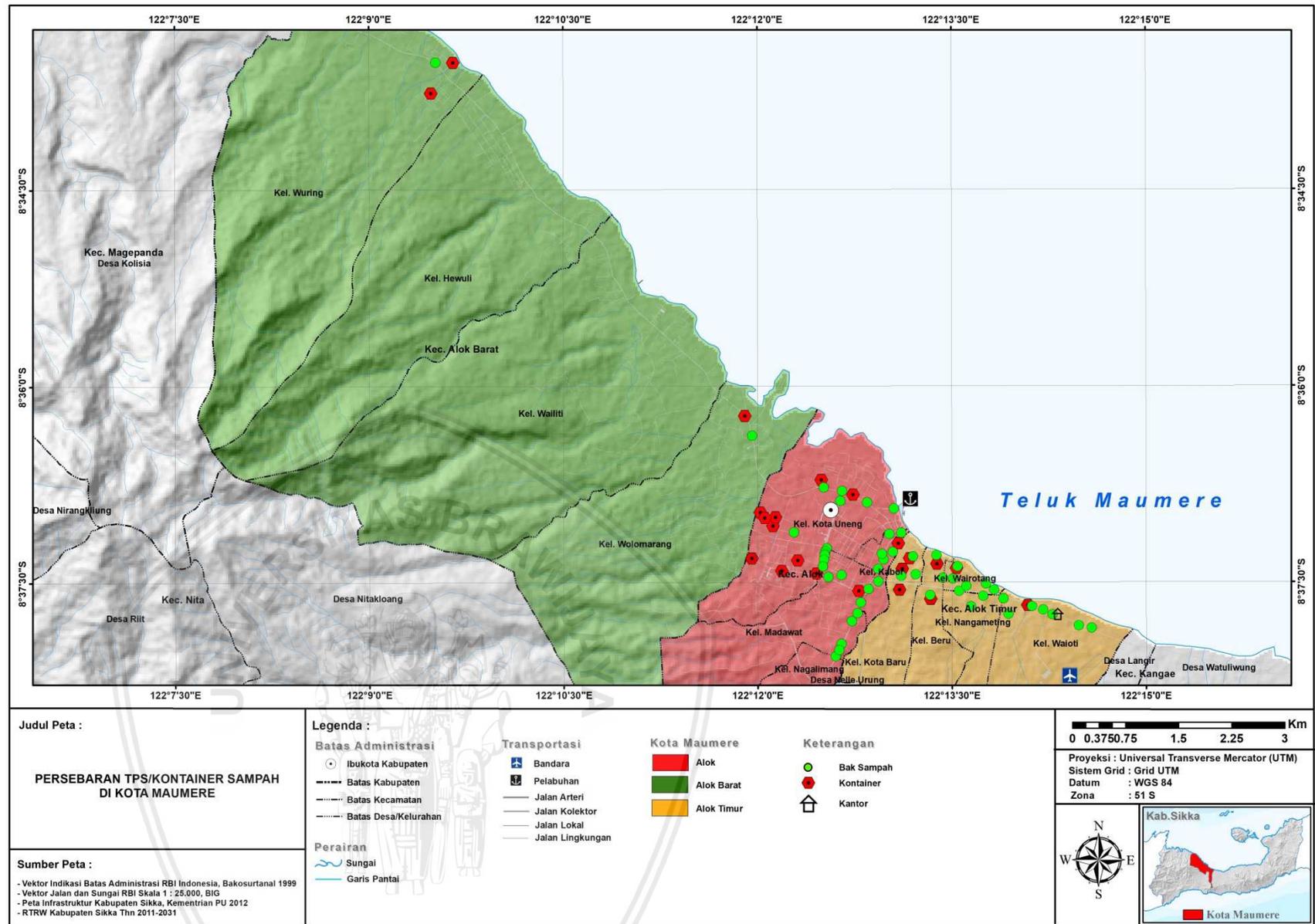
Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif, dimana penelitian ini digunakan untuk meneliti sampel atau populasi tertentu, dengan pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian dan analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan memperoleh hasil yang akan dicapai (Sugiyono, 2010). Jenis penelitian ini merupakan penelitian evaluatif, dimana penelitian evaluatif merupakan suatu desain dan prosedur evaluasi dalam pengumpulan dan menganalisis data secara sistematis untuk menentukan manfaat dari penelitian yang diteliti (Nana, 2012) dan tujuan dari penelitian ini adalah memberikan arahan rute alternatif pengangkutan sampah untuk optimalisasi sistem pengangkutan persampahan di Kota Maumere. Analisis awal yaitu berupa analisis deskriptif yang digunakan untuk menjabarkan kondisi eksisting dari sistem pengangkutan persampahan yang ada di lokasi penelitian. Sedangkan penelitian evaluatif dalam penelitian ini berupa evaluasi sistem persampahan dengan tujuan utamanya adalah menentukan rute tercepat yang efektif dan efisien dengan menggunakan analisis *network* dengan *software* ArcGis 10.1.

4.2. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Maumere yaitu wilayah kerja dari Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sikka yang terbagi dalam 3 wilayah yaitu Kecamatan Alok Timur, Kecamatan Alok dan Kecamatan Alok Barat, dengan beberapa metode pengumpulan data. Untuk lebih jelasnya survei kondisi eksisting sistem persampahan yang ada di Kota Maumere dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan persebaran TPS di Kota Maumere pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Peta kondisi sistem pengangkutan sampah di Kota Maumere



Gambar 4.2 Peta persebaran TPS/kontainer sampah di Kota Maumere

4.3. Variabel Penelitian

Variabel penelitian untuk masing-masing tujuan beserta referensinya ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Variabel penelitian

No.	Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Sumber Teori
1.	Mengukur nilai efektifitas sistem pengangkutan sampah di TPS/kontainer yang ada di Kota Maumere.	<u>Pola pengangkutan persampahan</u> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Houled Container System (HCS)</i> • <i>Stationary Container System (SCS)</i> 	Proses pengangkutan truk sampah dari TPS ke TPA	<ul style="list-style-type: none"> • Damanhuri dan Padmi (2010) • Permen PU No.3 Tahun 2013
		<u>Peralatan/sarana pengangkutan persampahan</u> <ul style="list-style-type: none"> • Peralatan pengangkutan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tinggi bak truk sampah - Kondisi bak truk sampah - Penutup bak truk sampah 	
		<ul style="list-style-type: none"> • Sarana pengangkutan 	<ul style="list-style-type: none"> - Jenis truk sampah - Jumlah truk sampah yang beroperasi - Kapasitas truk sampah 	
		<u>Rute pengangkutan persampahan</u> <ul style="list-style-type: none"> • Hirarki Jalan 	<ul style="list-style-type: none"> - Hirarki jalan yang dilalui truk pengangkut sampah dari TPS ke TPA 	
		<ul style="list-style-type: none"> • Jarak 	<ul style="list-style-type: none"> - Jumlah kilometer jarak tempuh truk pengangkut sampah dari TPS ke TPA 	
		<u>Operasional sistem pengangkutan persampahan</u> <ul style="list-style-type: none"> • Alat angkut 	<ul style="list-style-type: none"> - Keberadaan alat angkut 	
		<ul style="list-style-type: none"> • Lokasi TPS 	<ul style="list-style-type: none"> - Jarak lokasi TPS menuju ke TPA 	
		<u>Pembiayaan</u>		

No.	Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Sumber Teori
		<ul style="list-style-type: none"> • Biaya Operasional 	<ul style="list-style-type: none"> - Biaya bahan bakar minyak kendaraan pengangkut sampah 	<ul style="list-style-type: none"> • Damanhuri dan Padmi (2010) • Permen PU No.3 Tahun 2013
		<ul style="list-style-type: none"> • Timbulan sampah 	<ul style="list-style-type: none"> - Sisa sampah yang belum terangkut - Skala pelayanan - Jadwal ritasi pengangkutan persampahan 	<ul style="list-style-type: none"> • Sudarto, 2008 • Permen PU No.3 Tahun 2013
2.	Menentukan rute tercepat pengangkutan sampah dari TPS/kontainer menuju TPA	<ul style="list-style-type: none"> • Jarak • Hambatan • Jaringan jalan • Waktu tempuh 	<ul style="list-style-type: none"> - Titik lokasi TPS - Titik lokasi TPA - Keberadaan traffic light - Peta jaringan jalan Kota Maumere - Kecepatan kendaraan pengangkut sampah setiap melewati ruas jalan 	<ul style="list-style-type: none"> • Fitrianiingsih, 2008 • Khisty dan Lall, 2005
3.	Menghitung dampak ekonomi dan lingkungan akibat adanya perubahan rute pengangkutan.	<ul style="list-style-type: none"> • biaya bahan bakar kendaraan pengangkutan sampah • emisi gas buang kendaraan pengangkutan sampah 	<ul style="list-style-type: none"> Komparasi Km rute eksisting dengan rute tercepat berdasarkan <i>network analyst</i> Komparasi Km rute eksisting dengan rute tercepat <i>network analyst</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Zsigraiova, 2013 • Permen PU No.3 Tahun 2013 Zhongan,et.al (2005)

4.4. Metode Pengumpulan Data

4.4.1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil peninjauan langsung di lokasi penelitian. Bentuk kegiatan yang dilakukan untuk memperoleh data primer

antara lain, dokumentasi, observasi dan wawancara kepada narasumber . Data yang didapatkan berupa hasil perekaman kondisi eksisting lapangan. Berikut beberapa cara mendapatkan data primer dalam penelitian ini :

- a. Dokumentasi permasalahan yang ada di lokasi penelitian.



Gambar 4.3 Kondisi TPS (Kiri) & Kontainer (Kanan)

Sumber : Survei 2016



Gambar 4.4 Sistem pengangkutan dengan *dump truck*

Sumber : Survei 2016



Gambar 4.5 Sistem pengangkutan dengan kontainer
Sumber : Survei 2016



Gambar 4.6 Sistem pengangkutan dari rumah menuju TPS
Sumber : Survei 2016

b. Observasi

Untuk mengetahui data terkait karakteristik sistem pengangkutan persampahan dilakukan observasi lapangan dengan membedakan antara hari biasa dan hari libur. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan jumlah timbulan sampah saat hari biasa dan hari libur. Observasi dilakukan di TPS Kota Maumere baik wilayah permukiman, dan wilayah

pasar untuk memperoleh data-data yang diperlukan, meliputi kondisi TPS, kondisi jaringan jalan yang dilalui kendaraan pengangkutan sampah serta kondisi peralatan dan sarana pengangkutan persampahan. Untuk memperoleh rute awal, kecepatan rata-rata dan jarak tempuh kendaraan pengangkutan sampah, dilakukan observasi dengan mengikuti kendaraan tersebut dari titik awal yaitu kantor Badan Lingkungan Hidup Kab.Sikka menuju ke TPS dan selanjutnya ke TPA.

c. Wawancara

Survei ini dilakukan untuk mendapatkan informasi terkait jumlah armada, jumlah personil, biaya operasional dan lain sebagainya terkait dengan sistem pengangkutan persampahan. Nara sumber wawancara adalah Kabid. Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kota Maumere Kab. Sikka Bpk. Gatot Muryanto, SE. Pelaksanaan wawancara dilakukan dengan metode semi terstruktur, yang merupakan jenis wawancara lebih bebas untuk menentukan permasalahan secara lebih terbuka.



Gambar 4.7

Wawancara Kabid. Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kab. Sikka

Sumber : Survei 2016

4.4.2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan melalui beberapa referensi seperti jurnal penelitian, dokumen pemerintah, rekapan, dan sebagainya yang dapat

digunakan sebagai acuan serta masukan dalam pelaksanaan penelitian. Beberapa data sekunder yang digunakan antara lain :

- a. Data jumlah penduduk
Data jumlah penduduk digunakan untuk mengetahui jumlah penduduk yang tersebar di lokasi penelitian. Data jumlah penduduk didapat dari Badan Pusat Statistik Kab. Sikka.
- b. Data jumlah kendaraan pengangkut sampah, untuk mengetahui kondisi awal sistem pengangkutan persampahan yang ada. Data diperoleh dari Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kab Sikka.
- c. Data jumlah TPS/kontainer yang ada untuk melihat seberapa besar skala pelayanannya.. Data diperoleh dari Dinas PU, Pertambangan dan Energi Kab.Sikka bagian Pertamanan, Kebersihan dan pemakaman.
- d. Data jumlah kendaraan pendukung sistem pengangkutan persampahan. Data diperoleh dari Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kab.Sikka.
- e. Data biaya operasional dan perawatan dalam sistem pengangkutan persampahan. Data diperoleh dari Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Badan Lingkungan Hidup Kab.Sikka.

4.5. Metode Analisis Data

4.5.1. Analisis Deskriptif dan Evaluatif

- a. Analisis Pola Pengangkutan dengan sistem HCS

- Menghitung *haul time* (h)

$$h = a + b.x \quad (4-1)$$

Dimana:

$a = \text{Empirical haul time constant, h/trip}$

$b = \text{Empirical haul time constant, h/jarak}$

$x = \text{Jarak rata-rata, Km/trip}$ Nilai a dan b diperoleh dari data pengumpulan sampah secara aktual, tergantung pada kondisi masing-masing daerah. Faktor yang mempengaruhi antara lain peraturan lalu lintas, kondisi jalan, jam sibuk dan lain-lain.

- Menghitung P_{HCS}

$$P_{HCS} = pc + uc + dbc \quad (4-2)$$

Dimana :

Pc = waktu mengambil kontainer penuh, j/trip

Uc = waktu utk meletakkan kontainer kosong, j/trip

dbc = waktu antara lokasi, jam/trip

- Menghitung waktu per trip

$$T_{HCS} = P_{HCS} + h + s \quad (4-3)$$

Dimana :

h = waktu yg diperlukan menuju lokasi yg akan diangkut kontainernya

s = waktu yg digunakan untuk menunggu di lokasi

P_{HCS} = *pick up time*

- Menghitung jumlah trip per hari

$$Nd = [H(1-W) - (t_1 + t_2)] / T_{HCS} \quad (4-4)$$

Dimana :

Nd = jumlah trip, trip/hari

H = waktu kerja perhari, jam

t_1 = dari garasi ke lokasi pertama

t_2 = dari lokasi terakhir ke garasi

W = *factor off route* (nonproduktif pada seluruh kegiatan operasional)

- Menghitung Kebutuhan kendaraan *Arm roll truck*

$$\text{Jumlah kontainer yang tersebar tiap wilayah / ritasi yang ada} \quad (4-5)$$

b. Analisis Pola Pengangkutan dengan sistem SCS (pengumpulan manual)

- Menghitung P_{scs}

$$P_{scs} = Ct(uc) + (np - 1)(dbc) \quad (4-6)$$

Dimana :

Ct = Jumlah kontianer dikosongkan pertrip, kon/trip

uc = Waktu rata-rata utk mengosongkan kontainer, jam/kon

np = Jumlah kontainer dikosongkan pertrip, lok/trip

dbc = Waktu antar lokasi, jam/lok

- Menghitung jumlah lokasi/trip

$$Np = 60 Pscs n/tp \quad (4-7)$$

Dimana :

Np = Jumlah lokasi/trip

60 = Konversi jam ke menit, 60 menit/jam

n = Jumlah pengumpul

tp = Waktu pengambilan per lokasi

tp tergantung : waktu antar lokasi, jumlah kontainer per lokasi, % jarak rumah ke rumah.

- Menghitung waktu pengambilan per lokasi

$$tp = dbc + k_1 Cn + k_2 (PRH) \quad (4-8)$$

Dimana :

k_1 = Konstanta waktu pengambilan perkontainer, menit/kontainer

k_2 = Konstanta waktu pengambilan dari halaman rumah, menit/kontainer

Cn = Jumlah kontainer per lokasi

PRH = *Rear-house pickup locations*, persen

- Perhitungan kebutuhan kendaraan *dump truck* adalah

$$\frac{\text{Jumlah timbunan / hari}}{\text{Kapasitas } dump \text{ truck} \times \text{faktor pemadatan} (1,2) \times \text{ritasi}} \quad (4-9)$$

Kapasitas *dump truck* x faktor pemadatan (1,2)x ritasi

c. *Networking* analisis GIS

Penggunaan analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui rute optimal yang dapat ditempuh dari kendaraan pengangkut sampah dari TPS/kontainer di Kota Maumere menuju ke TPA Waturia. Langkah awal analisa yaitu dengan mengisi atribut jalan berupa kecepatan kendaraan serta panjang jalan tiap ruas jalan yang dilihat juga kondisi di lapangan apakah jalan tersebut dapat dilalui atau tidak oleh kendaraan pengangkut sampah. Selanjutnya tahapan yang harus dilakukan adalah membuat file network dataset dan analisis rute tercepat.

- Membuat file *network dataset*

Data file yang akan mendukung *network dataset* adalah jeis data shapefile jaringan jalan Kota Maumere. File *network dataset* nantinya digunakan untuk melakukan analisa *network* analisis menggunakan software ArcGis.

- Analisis rute tercepat dengan *tool network analyst*

Setelah atribut di dalam *network dataset* diisi dengan data data berupa panjang jalan, kecepatan dan lain sebagainya, software ArcGis akan secara otomatis menganalisa dan memberikan hasil berupa rute tercepat yang dapat ditempuh berdasarkan atribut yang di input sebelumnya.

d. Analisis kinerja pengangkutan sampah, analisis ini digunakan sebagai alat mengevaluasi kinerja proses pengangkutan persampahan Kota Maumere. Metode analisis ini akan mendeskripsikan kondisi eksisting dari proses pengangkutan persampahan di Kecamatan Alok yang disertai denga foto dan analisis. Selanjutnya hasil identifikasi tersebut di kroscek dengan Permen PU No.3 Tahun 2013 tentang penyelenggaraan prasarana dan sarana persampahan dalam penanganan sampah rumah tangga. Berdasarkan lampiran II Permen PU No.3 tahun 2013 terdapat lima hal yang menjadi bahan pertimbangan dalam proses pengangkutan persampahan yaitu:

- Pola pengangkutan, untuk mengetahui pola yang digunakan dalam proses pengangkutan persampahan Kecamatan Alok. Berdasarkan Permen PU No.3 Tahun 2013 terdapat dua pola pengangkutan, yaitu pola sistem kontainer angkat (*Hauled Container System/HCS*) dan sistem kontainer tetap (*Stationary Container System/SCS*).
- Peralatan atau sarana pengangkutan, peralatan yang dijelaskan pada penelitian ini merupakan alat-alat yang digunakan dalam proses pemindahan dari TPS ke bak truk sampah, sedangkan sarana pengangkutan yaitu truk pengangkut sampah. Peneliti akan mengamati keberadaan alat-alat pengangkutan, kelengkapannya maupun kondisi peralatan yang ada. Efisiensi sarana pengangkutan sampah

berdasarkan Permen PU menyatakan bahwa untuk ritasi kendaraan jenis *dump truck* dapat dikatakan efisien apabila jumlah ritasi minimal tiga kali per hari dengan jumlah personil maksimum tiga orang. Sedangkan untuk jenis kendaraan *arm roll truck* dikatakan efisien apabila jumlah ritasi minimal lima kali per hari dengan jumlah personil 1 orang.

- Rute pengangkutan, proses penentuan rute optimal dapat dilakukan berdasarkan jarak tempuh terpendek dan waktu tempuh tercepat dari sistem pengangkutan persampahan. Rute perjalanan berdasarkan jarak tempuh terpendek belum tentu menghasilkan waktu tempuh yang singkat, karena adanya faktor kepadatan jalan yang dapat menghambat perjalanan tersebut. Sebaliknya, jika sebuah rute yang memiliki jarak lebih jauh dapat ditempuh dalam waktu yang lebih cepat dari rute terpendek yang ada karena disebabkan jalur tersebut tidak memiliki kepadatan yang tinggi.
 - Operasional pengangkutan, berkaitan dengan pola pengangkutan, alat angkut, dan lokasi TPS.
 - Pembiayaan terkait dengan biaya operasional, merupakan biaya yang dibutuhkan untuk operasi kegiatan pengangkutan sampah yang salah satunya adalah biaya bahan bakar kendaraan.
- e. Efektifitas pengangkutan persampahan, berdasarkan tiga pendekatan yang digunakan dalam mengukur keefektifan menurut Sudarto (2008), pendekatan sasaran yang digunakan peneliti untuk menilai keefektifan sistem pengangkutan persampahan. Pendekatan sasaran merupakan pengukuran keefektifan dengan fokus terhadap aspek output, yaitu dengan mengukur keberhasilan dari organisasi dalam pencapaian tingkatan output yang direncanakan. Tujuan dari sistem pengangkutan persampahan adalah tidak adanya sisa atau tumpukan sampah di TPS. Untuk menghitung nilai keefektifan dalam penelitian ini dengan melihat adanya sisa atau tumpukan sampah setiap harinya setelah ritasi terakhir dari pengangkutan persampahan. Pada TPS yang masih terdapat sisa sampah setiap harinya dapat dikatakan sebagai proses pengangkutan persampahan yang belum

berjalan secara efektif, dan untuk menghitung persentase efektifitas keseluruhan TPS dihitung dengan cara membagi jumlah TPS efektif kemudian dibagi dengan total TPS dan dikalikan 100%.

- f. Manfaat ekonomi dan lingkungan, dihitung berdasarkan selisih jarak tempuh dengan adanya perubahan rute terpendek dengan rute eksisting mengakibatkan biaya yang dikeluarkan berbeda. Berdasarkan Permen PU terkait biaya operasional kendaraan tahun 2005, rumus untuk perhitungan konsumsi bahan bakar minyak adalah sebagai berikut:

$$BiBBMj = KBBMi \times HBBMj \quad (4-10)$$

Dengan keterangan,

BiBBMj : Biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i
(Rp/Km)

KBBMi : Konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i
(liter/Km)

HBBMj : Harga bahan bakar untuk jenis BBM j (rupiah/liter)

i : Jenis kendaraan

j : Jenis bahan bakar minyak

perhitungan manfaat lingkungan dilihat dari jumlah emisi gas yang dikeluarkan oleh truk pengangkut sampah. Perhitungan jumlah emisi gas yang dikeluarkan oleh truk pengangkut sampah dari TPS ke TPA yaitu dengan mengalikan jarak tempuh rute eksisting dengan rata2 jumlah emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan tersebut. Nilai rata-rata jumlah emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan dengan berbahan bakar solar ditetapkan dari Permen LH No. 12 tahun 2010 tentang pelaksanaan pengendalian pencemaran udara. Jumlah emisi gas yang dikeluarkan truk dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Faktor emisi gas buang kendaraan

Kategori	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)
Truk	8,4	1,8	17,7

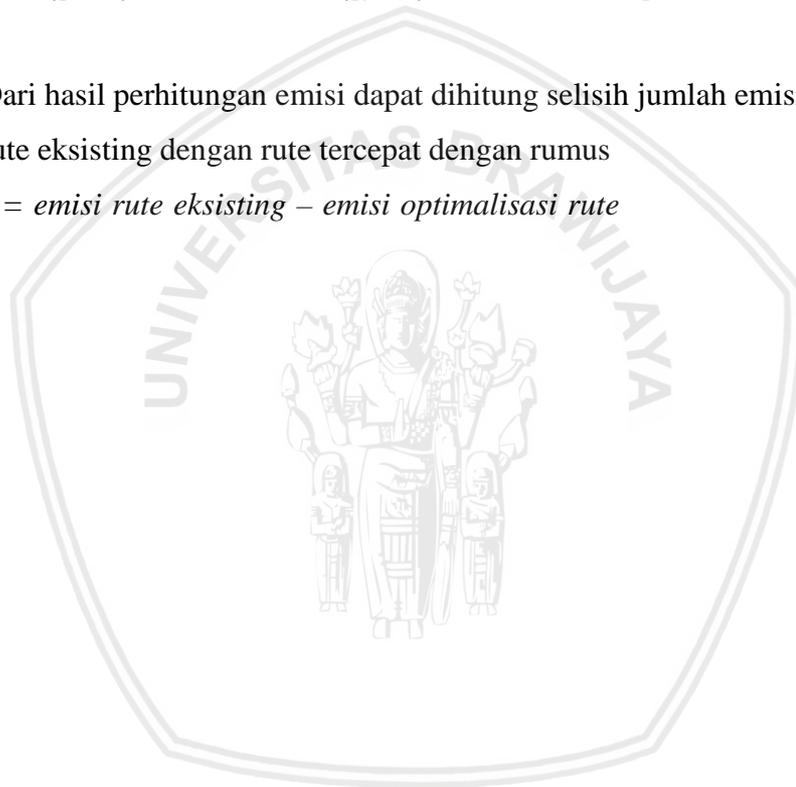
Sumber: Permen LH, 2010

Formula dasar untuk estimasi perhitungan emisi dengan memakai emisi faktor Zhongan, et.al (2005) adalah sebagai berikut:

$$Emisi \text{ (gram)} = Faktor \text{ Emisi (g/km)} \times Km \text{ Jarak Tempuh} \quad (4-11)$$

Dari hasil perhitungan emisi dapat dihitung selisih jumlah emisi gas antara rute eksisting dengan rute tercepat dengan rumus

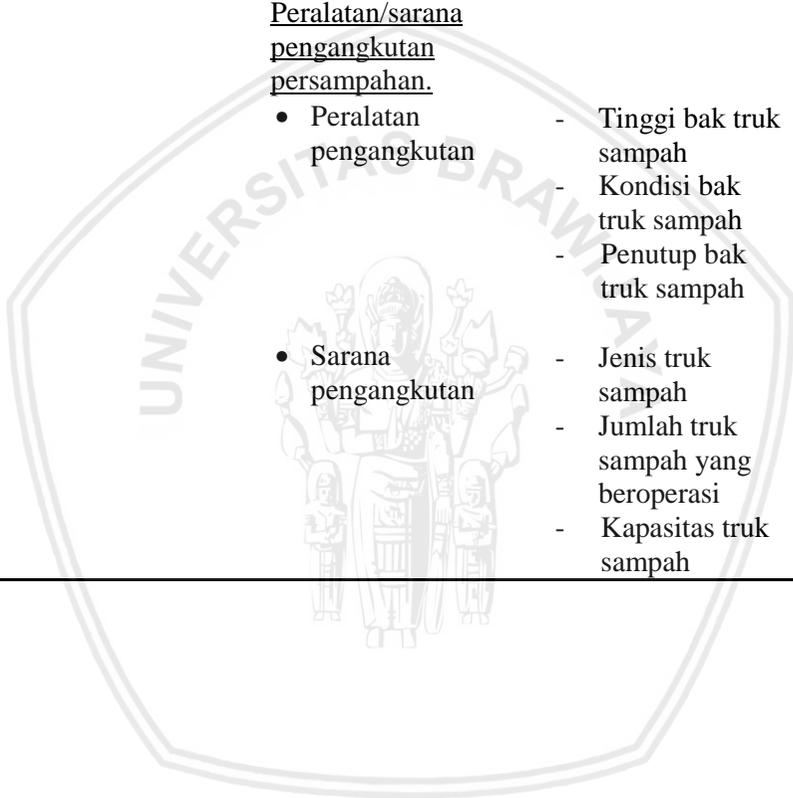
$$\Delta Emisi = emisi \text{ rute eksisting} - emisi \text{ optimalisasi rute} \quad (4-12)$$



4.6. Desain Survei

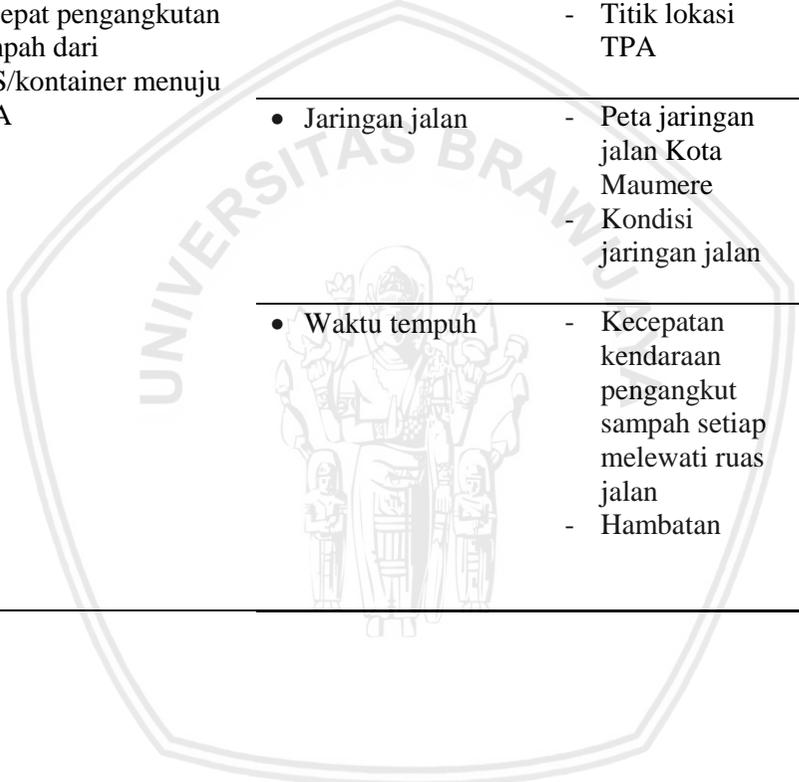
Tabel 4.3. Desain survei penelitian

No.	Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Metode Pengumpulan Data	Teknik Analisis	Out Put
1.	Mengukur nilai efektifitas sistem pengangkutan sampah di TPS/kontainer yang ada di Kota Maumere.	<u>Pola pengangkutan persampahan.</u> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Houled Container System (HCS)</i> • <i>Stationary Container System (SCS)</i> 	Proses pengangkutan truk sampah dari TPS ke TPA	Survei primer dan sekunder	Analisis kinerja pengangkutan sampah dengan melihat kondisi eksisting dengan SNI	Diketahui kondisi karakteristik dari sistem pengangkutan persampahan Kota Maumere.
		<u>Peralatan/sarana pengangkutan persampahan.</u> <ul style="list-style-type: none"> • Peralatan pengangkutan <ul style="list-style-type: none"> - Tinggi bak truk sampah - Kondisi bak truk sampah - Penutup bak truk sampah • Sarana pengangkutan <ul style="list-style-type: none"> - Jenis truk sampah - Jumlah truk sampah yang beroperasi - Kapasitas truk sampah 		Survei primer dan sekunder		

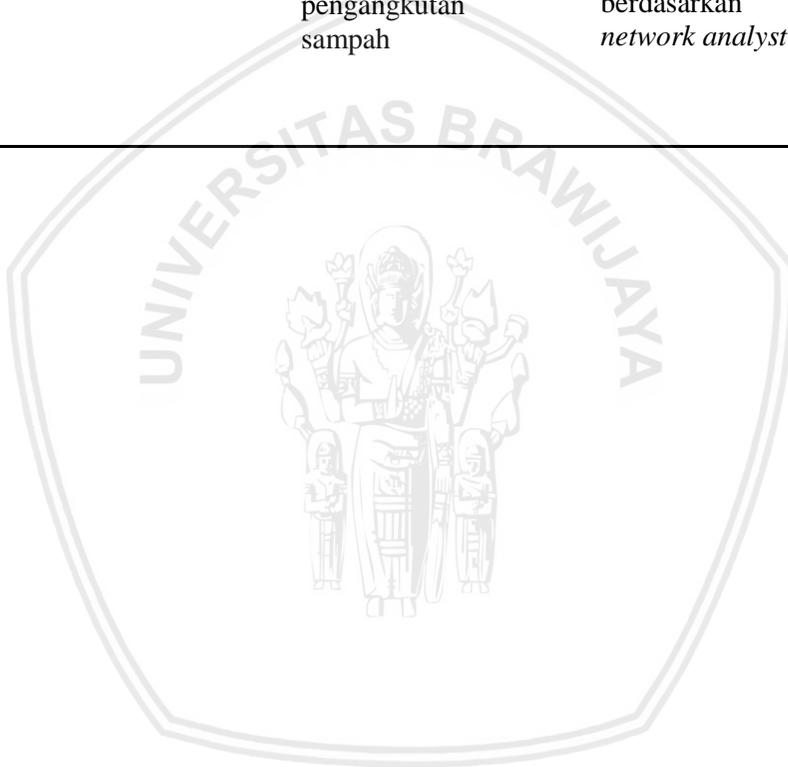


No.	Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Metode Pengumpulan Data	Teknik Analisis	Out Put
		<u>Rute pengangkutan persampahan.</u>				
		• Hirarki jalan	- Hirarki jalan yang dilalui truk pengangkut sampah dari TPS ke TPA	Survei primer dan sekunder		
		• Jarak	- Jumlah kilometer jarak tempuh truk pengangkut sampah dari TPS ke TPA			
		<u>Operasional sistem pengangkutan persampahan</u>				
		• Alat angkut	- Keberadaan alat angkut	Survei primer dan sekunder		
		• Lokasi TPS	- Jarak lokasi TPS menuju ke TPA			
		<u>Pembiayaan</u>				
		• Biaya Operasional	- Biaya bahan bakar minyak	Survei primer dan sekunder		

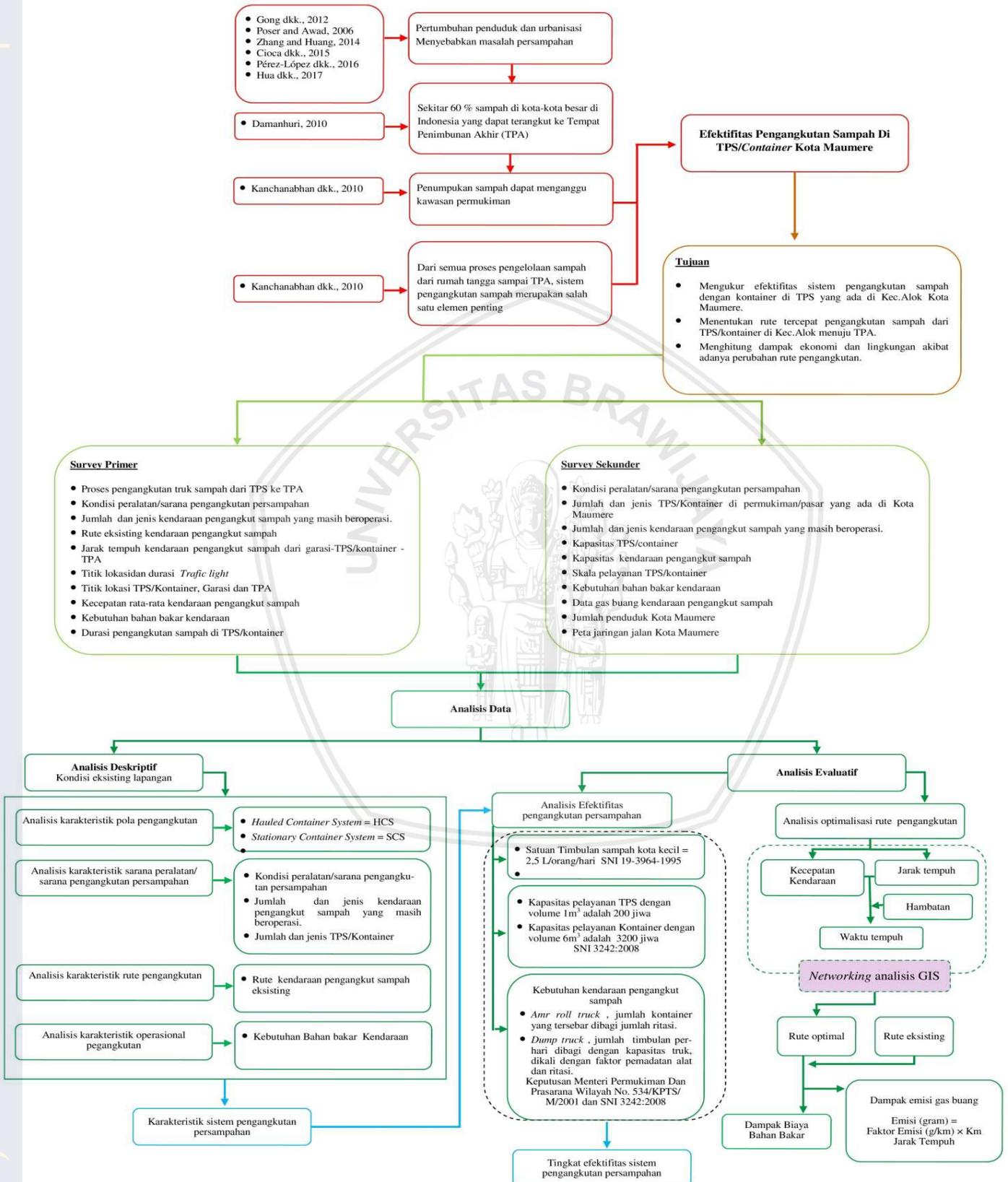
No.	Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Metode Pengumpulan Data	Teknik Analisis	Out Put
			kendaraan pengangkut sampah			
		Timbulan sampah	<ul style="list-style-type: none"> - Sisa sampah yang belum terangkut - Skala pelayanan - Jadwal ritasi pengangkutan persampahan 	Survei primer dan sekunder	Analisis efektifitas	Diketahui tingkat efektifitas sistem pengangkutan persampahan Kota Maumere
2.	Menentukan rute tercepat pengangkutan sampah dari TPS/kontainer menuju TPA	<ul style="list-style-type: none"> • Jarak • Jaringan jalan • Waktu tempuh 	<ul style="list-style-type: none"> - Titik lokasi TPS - Titik lokasi TPA - Peta jaringan jalan Kota Maumere - Kondisi jaringan jalan - Kecepatan kendaraan pengangkut sampah setiap melewati ruas jalan - Hambatan 	Survei primer dan sekunder	<i>Network analyst</i>	Rute tercepat dari TPS Kota Maumere ke TPA Waturia



No.	Tujuan	Variabel	Sub Variabel	Metode Pengumpulan Data	Teknik Analisis	Out Put
3.	Menghitung manfaat ekonomi dan lingkungan akibat adanya perubahan rute pengangkutan.	<ul style="list-style-type: none"> • Ekonomi, biaya bahan bakar kendaraan pengangkutan sampah 	<ul style="list-style-type: none"> - Komparasi km rute eksisting dengan rute tercepat berdasarkan <i>network analyst</i> 	Survei primer dan sekunder	Analisis dampak	Manfaat ekonomi dan lingkungan akibat adanya perubahan rute dari sistem pengangkutan sampah
		<ul style="list-style-type: none"> • Lingkungan, emisi gas buang kendaraan pengangkutan sampah 	<ul style="list-style-type: none"> - Komparasi km rute eksisting dengan rute tercepat berdasarkan <i>network analyst</i> 			

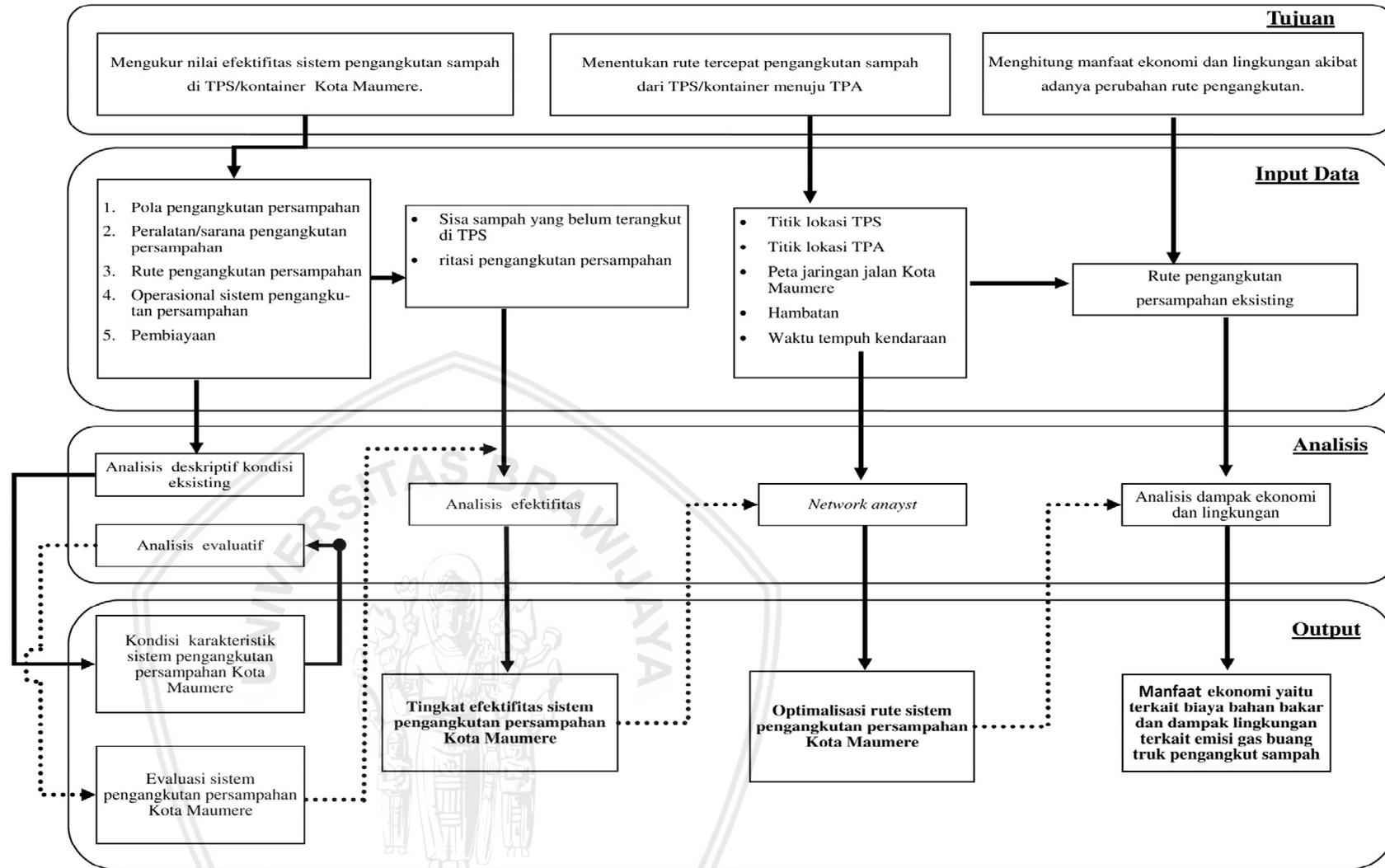


4.7. Kerangka Metode



Gambar 4.8 Kerangka metode

4.8.Kerangka Analisis



Gambar. 4.9 Kerangka analisis

4.9. Asumsi dalam penelitian

Asumsi merupakan anggapan-anggapan yang dianggap benar dan dijadikan dasar dalam pelaksanaan penelitian. Beberapa asumsi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Kecepatan kendaraan pengangkut sampah dengan *Arm roll truck* diambil rata-rata kecepatan yang digunakan yaitu 40 km/jam dan juga merupakan standart kecepatan maksimum truk pengangkut sampah.
- b. Kapasitas volume mobil pengangkut sampah untuk *dump truck* adalah 8 m³ dan *arm roll truck* adalah 6 m³.
- c. Kapasitas volume TPS (bak sampah) yang ada di kota Maumere adalah 2 m³ dan TPS yang ada sebagian besar untuk melayani rumah tangga bukan komunal.
- d. Durasi lamanya traffic light yang ada di Kota Maumere 30 detik.
- e. Jumlah sampah yang dihasilkan per orang untuk skala kota ukuran kecil adalah 2.5 Liter atau 0,0025 m³.
- f. Jumlah jam operasional pengangkutan sampah eksisting adalah 8 jam/hari yaitu 08.00-15.00.
- g. Jumlah bahan bakar solar yang dibutuhkan kendaraan pengangkut sampah tiap Km adalah 0,143 L dan harga bahan bakar solar saat ini Rp.5.150.
- h. Faktor *off route* dalam kegiatan pengangkutan sampah rata-rata adalah 15 menit.
- i. Faktor pemadatan kendaraan pengangkutan sampah adalah 1,2.
- j. Faktor emisi gas buang kendaraan truk adalah CO 8,4 g/Km, HC1,8 g/Km, NO_x 17,7 g/Km untuk tiap kendaraan *Arm roll truck* tanpa melihat umur kendaraan yang ada.
- k. Faktor hambatan dilihat hambatan yang berpengaruh terhadap waktu tempuh kendaraan di lokasi penelitian.
- l. Optimasi rute dihitung berdasarkan rute pengangkutan sampah dengan *Arm roll truck* dari kondisi eksisting yang ada.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kondisi Eksisting Pengangkutan Sampah Kota Maumere

Untuk lokasi dari TPS/kontainer menyebar di wilayah permukiman di Kec. Alok Timur, Kec. Alok, dan Kecamatan Alok Barat, dengan total jumlah 51 unit TPS dengan kapasitas 2m^3 dan 22 unit kontainer dengan kapasitas 6m^3 . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.1. Jumlah TPS/Kontainer di Kota Maumere.

Tabel 5.1. Jumlah TPS/kontainer di Kota Maumere

Wilayah	Jumlah Unit	
	TPS (Bak Sampah)	Kontainer
Kecamatan Alok Timur	21	7
Kecamatan Alok	28	12
Kecamatan Alok Barat	2	3
Jumlah	51	22

Kendaraan pengangkut sampah terdiri dari *dump truck* dengan kapasitas 8m^3 yang digunakan untuk mengangkut sampah dari tiap TPS dan rumah warga serta *arm roll truck* yang digunakan untuk mengangkut kontainer menuju ke TPA. Untuk jumlah kendaraan yang masih beroperasi adalah 5 unit kendaraan *dump truck* dan 4 unit kendaraan *arm roll truck*. Rute pengangkutan sampah di TPS dengan kendaraan *dump truck* tidak memiliki rute yang tetap, rute yang dilewati berdasarkan lokasi yang jumlah timbulan sampahnya telah melebihi kapasitas dari TPS. sedangkan untuk rute pengangkutan dengan *arm roll truck* tidak ada rute yang pasti dari garasi ke lokasi kontainer sampai ke TPA dan sistem pengangkutannya dengan sistem *hailed container system* (HCS) dengan cara 3 yaitu, kendaraan langsung membawa kontainer kosong dari garasi. Untuk lebih jelasnya wilayah operasional dump truk dapat dilihat pada Tabel 5.2 Wilayah Operasional *Dump truck* berikut:

Tabel 5.2. Wilayah Operasional *Dump Truck*

Wilayah Pelayanan	Dump Truck
Kecamatan Alok Timur	
Kelurahan Waioti	DH 1 010
Kelurahan Nangameting	
Kelurahan Wairotang	EB 8002
Kelurahan Beru	
Kelurahan Kota Baru	EB 939
Kecamatan Alok	
Kelurahan Madawat	
Kelurahan Kabor	B 9011
Kelurahan Kota Uneng	
Kecamatan Alok Barat	
Kelurahan Wolomarang	EB 903
Kelurahan Wuring	

Efektifitas pengangkutan persampahan adalah tidak adanya sampah pada saat jam operasional, nilai efektifitas persampahan dapat dilihat dari peninjauan langsung lapangan jumlah sampah yang terangkut perharinya. Dari rata-rata perhitungan jumlah sampah yang tidak terangkut perhari yang dilakukan pengamatan pada hari senin, kamis dan sabtu maka diperoleh rata-rata jumlah sampah yang tidak terangkut sekitar 13,10 % atau sekitar $30,66 \text{ m}^3$ per hari dari total jumlah TPS/ kontainer yang ada di Kota Maumere yaitu sekitar 234 m^3 . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel. 5.3 Volume sampah yang tidak terangkut.

Tabel 5.3. Volume sampah yang tidak terangkut.

Kecamatan	Jumlah TPS		Jumlah sampah yang belum terangkut		
	Bak sampah (2m^3)	Kontainer (6m^3)	Senin jumlah sampah (m^3)	Kamis jumlah sampah (m^3)	Sabtu jumlah sampah (m^3)
Alok Timur	21	7	26	14	10
Alok	28	12	10	12	8
Alok Barat	2	3	6	6	0
Total	51	22	42	32	18

Sumber : Hasil Survei

Contoh perhitungan untuk perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk volume sampah yang tidak terangkut hari senin pada Kec.Alok Timur.

$$7 \text{ Bak sampah tidak terangkut } (7 \times 2 \text{ m}^3 = 14 \text{ m}^3)$$

$$2 \text{ Kontainer tidak terangkut } (2 \times 6 \text{ m}^3 = 12 \text{ m}^3)$$

Jadi, total volume sampah yang tidak terangkut adalah $14 \text{ m}^3 + 12 \text{ m}^3 = 26 \text{ m}^3$

5.2. Perbandingan Kondisi Eksisting Dengan Standart Nasional Indonesia (SNI) 3242:2008 Tentang Pengelolaan Sampah Di Permukiman

SNI merupakan standar nasional yang berlaku di Indonesia, standar ini digunakan sebagai acuan menilai sistem pengangkutan sampah yang ada di Kota Maumere apakah sudah berjalan secara efektif sesuai standar yang berlaku atau masih membutuhkan pengembangan sesuai dengan standar tersebut. Penilaian tersebut meliputi kapasitas pelayanan dengan kondisi eksisting yang ada di lokasi penelitian baik dari jenis TPS/kontainer, maupun kapasitas TPS/kontainer serta jumlah sampah yang tdk terangkut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.4 Perbandingan Kondisi Eksisting Dengan SNI 3242:2008 :

Tabel 5.4. Perbandingan Kondisi Eksisting Dengan SNI 3242:2008

Wilayah	Jenis	Kapasitas Pelayanan SNI 3242:2008		Eksisting	
		Jumlah (Volume)	Jiwa	Jumlah (Volume untuk 1 unit)	Jumlah Jiwa (BPS,2016)
Kecamatan Alok Timur	TPS	1 (1m ³)	200	21 (2m ³)	33.319
	Kontainer	1 (6m ³)	3.200	7 (6m ³)	
Kecamatan Alok	TPS	1 (1m ³)	200	28 (2m ³)	34.195
	Kontainer	1 (6m ³)	3200	12 (6m ³)	
Kecamatan Alok Barat	TPS	1 (1m ³)	200	2 (2m ³)	17.309
	Kontainer	1 (6m ³)	3.200	3 (6m ³)	

Sumber : Hasil Analisis

Perhitungan kapasitas pelayanan kondisi eksisting untuk TPS/kontainer berdasarkan SNI 3242:2008 adalah kapasitas eksisting dikali dengan jumlah eksisting dan diperoleh jumlah penduduk yang terlayani. Setelah diketahui jumlah penduduk yang terlayani, jumlah penduduk berdasarkan data BPS dikurangi dengan jumlah penduduk yang terlayani, sehingga diketahui selisih penduduk yang belum terlayani. Untuk kebutuhan TPS/ kontainer yang belum terlayani diperoleh dari hasil jumlah penduduk yang belum terlayani dibagi dengan kapasitas pelayanan maka diperoleh kebutuhan TPS/kontainer.

Kecamatan Alok Timur dengan jumlah penduduk berdasarkan data BPS 2016 sebesar 33.319 jiwa. Kapasitas pelayanan eksisting TPS yang ada di wilayah Kec. Alok Timur adalah 21 unit dan volume per unit 2m³, dengan 8.400 jiwa yang

terlayani. Kapasitas pelayanan eksisting kontainer adalah 7 unit dan volume per unit 6m^3 , dengan 22.400 jiwa yang terlayani, sehingga total jumlah penduduk yang terlayani baik itu dengan TPS maupun kontainer sebesar 30.800 jiwa. Untuk selisih penduduk yang belum terlayani adalah 2.519 jiwa, yang diperoleh dari pengurangan Jumlah Penduduk eksisting berdasarkan data BPS 2016 di Kec. Alok Timur dengan jumlah penduduk yang telah terlayani. Untuk kebutuhan TPS maupun kontainer diperoleh dari jumlah timbu yang belum terlayani di bagi dengan kapasitas TPS/kontainer sehingga diperoleh kebutuhan untuk TPS sebanyak 6 unit dengan volume per unit 2m^3 sedangkan kebutuhan untuk kontainer tidak ada penambahan wilayah Kec. Alok Timur.

Kecamatan Alok dengan jumlah penduduk berdasarkan data BPS 2016 sebesar 34.195 jiwa, yang merupakan jumlah penduduk terbanyak di Kota maumere. Kapasitas pelayanan eksisting TPS yang ada di wilayah adalah Kec. Alok adalah 28 unit dan volume per unit 2m^3 , dengan 11.200 jiwa yang terlayani. Kapasitas pelayanan eksisting kontainer adalah 12 unit dan volume per unit 6m^3 , dengan 38.400 jiwa yang terlayani, sehingga total jumlah penduduk yang terlayani baik itu dengan TPS maupun kontainer sebesar 49.600 jiwa. Jumlah penduduk yang dapat terlayani lebih besar dari jumlah penduduk berdasarkan data BPS 2016, sehingga untuk kebutuhan penambahan jumlah TPS/kontainer masih belum butuh untuk penambahan di wilayah Kec. Alok.

Kecamatan Alok Barat dengan jumlah penduduk berdasarkan data BPS 2016 sebesar 17.309 jiwa, yang merupakan jumlah penduduk terkecil di Kota Maumere. Kapasitas pelayanan eksisting TPS yang ada di wilayah adalah Kec. Alok Barat adalah 2 unit dan volume per unit 2m^3 , dengan 800 jiwa yang terlayani. Kapasitas pelayanan eksisting kontainer adalah 3 unit dan volume per unit 6m^3 , dengan 9.600 jiwa yang terlayani, sehingga total jumlah penduduk yang terlayani baik itu dengan TPS maupun kontainer sebesar 10.400 jiwa. Untuk selisih penduduk yang belum terlayani adalah 6.909 jiwa, yang diperoleh dari pengurangan Jumlah Penduduk eksisting berdasarkan data BPS 2016 di Kec. Alok Barat dengan jumlah penduduk yang telah terlayani. Untuk kebutuhan TPS maupun kontainer diperoleh dari jumlah penduduk yang belum terlayani di bagi dengan kapasitas TPS/kontainer sehingga diperoleh kebutuhan untuk TPS sebanyak

17 unit dengan volume per unit 2m^3 di wilayah Kec. Alok Barat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.5 kebutuhan TPS/kontainer dan Gambar 5.1 Persentase kebutuhan TPS/kontainer Kota Maumere serta Gambar 5.2 Rencana persebaran TPS/ Kontainer.

Kendaraan pengangkut sampah yang beroperasi di Kota Maumere adalah jenis *arm roll truck* dan *dump truck*. Kedua jenis kendaraan ini bertugas mengangkut sampah dari TPS/kontainer menuju ke TPA. Jumlah *dump truck* yang masih beroperasi 5 unit dan *arm roll truck* 4 unit dengan kapasitas *dump truck* 8m^3 . Untuk membandingkan kondisi eksisting dengan SNI 3242:2008 digunakan perhitungan jumlah timbunan perhari dibagi dengan kapasitas *dump truck*, dikali dengan faktor pemadatan alat (1,2) dan dikali dengan ritasi, jumlah timbunan dihitung berdasarkan SNI 3242:2008 dengan jumlah sampah yang dihasilkan per orang untuk skala kota ukuran kecil adalah 2,5 liter. Dari hasil perhitungan rencana diperoleh kebutuhan untuk Kec. Alok Timur 3 (8m^3) unit, Kec. Alok 3 (8m^3) unit dan Kec. Alok Barat 2 (8m^3) unit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 Rencana Kebutuhan kendaraan pengangkut.

Perhitungan kebutuhan untuk kendaraan pengangkut jenis *arm roll truck* yaitu, jumlah kontainer yang tersebar tiap wilayah dibagi dengan ritasi yang ada adalah 3 kali ritasi dalam 1 hari pengangkutan. Untuk wilayah Kec. Alok Timur diperoleh kebutuhan 2 unit *arm roll truck* yang mengangkut 7 kontainer, untuk wilayah Kec. Alok diperoleh kebutuhan 4 unit *arm roll truck* yang mengangkut 12 kontainer, dan untuk wilayah Kec. Alok Barat diperoleh kebutuhan 1 unit *arm roll truck* yang mengangkut 3 kontainer. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 Rencana Kebutuhan kendaraan pengangkut.

Tabel 5.5 Kebutuhan TPS/kontainer Kota Maumere

Wilayah	Jenis	Eksiting Unit (Volume)	(1) x	(1)	(2)	(2)/(1)x100	(1)-(2)	(3)
			0,0025m ³	Σ Timbulan Sampah (m ³)	Σ Penduduk BPS 2016 (Jiwa)	Terlayani (Jiwa)	Persentase	Belum Terlayani (Jiwa)
Kecamatan Alok Timur	TPS	21 (2m ³)	83	33.319	30.800	92 %	2.519	6 (2m ³)
	Kontainer	7 (6m ³)						-
Kecamatan Alok	TPS	28 (2m ³)	85	34.195	49.600	100 %	-	-
	Kontainer	12 (6m ³)						-
Kecamatan Alok Barat	TPS	2 (2m ³)	43	17.309	10.400	62 %	6.909	17 (2m ³)
	Kontainer	3 (6m ³)						-

Sumber : Hasil Analisis

(2) Penduduk terlayani (jiwa), 1 TPS 2m³= 400 jiwa, 1 kontainer 6m³=3.200

jiwa :

- Alok Timur

TPS (bak sampah) 21 unit (2m³)= 400 x 21= 8.400 jiwa

Kontainer 7 unit (6m³)= 3.200 x 7= 22.400 jiwa

Total terlayani= 8.400+22.400= 30.800 Jiwa

- Alok

TPS (bak sampah) 28 unit (2m³)= 400 x 28= 11.200 jiwa

Kontainer 12 unit (6m³)= 3.200 x 12= 38.400 jiwa

Total terlayani= 11.200 +38.400 = 49.600 Jiwa

- Alok Barat

TPS (bak sampah) 2 unit (2m³)= 400 x 2= 800 jiwa

Kontainer 3 unit (6m³)= 3.200 x 3= 9.600 jiwa

Total terlayani= 800 +9.600 =10.400 Jiwa

(3) Kebutuhan (Unit) :

- Alok Timur

TPS (bak sampah)= 2.519 / 400= 6 unit (2m³)

- Alok Barat

TPS (bak sampah)= 6.909 / 400= 17 unit (2m³)

Tabel 5.6 Rencana kebutuhan kendaraan pengangkut

(1)		
Wilayah	Jenis	Rencana Unit (Volume)
Kecamatan Alok Timur	Arm roll truck	2 (6m ³)
	Dump Truk	3 (8m ³)
Kecamatan Alok	Arm roll truck	4 (6m ³)
	Dump Truk	3 (8m ³)
Kecamatan Alok Barat	Arm roll truck	1 (6m ³)
	Dump Truk	2 (8m ³)

Sumber : Hasil Analisis

(1) Perhitungan rencana kendaraan pengangkut Sampah :

- Alok Timur

Rencana TPS (bak sampah)= 27 unit (2m³)

$$\begin{aligned} \text{volume total} &= 27 \times 2 \\ &= 54\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dump Truck} &= 54\text{m}^3 \text{ (timbulan sampah)} / (8\text{m}^3 \times 1,2 \times 2) \text{ standart SNI} \\ &= 54/19 \\ &= 3 \text{ unit (eksisting)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arm roll truck} &= \text{jumlah kontainer yang ada} / \text{ritasi} \\ &= 7 (6\text{m}^3) / 3 \\ &= 2 \text{ unit} \end{aligned}$$

- Alok

Rencana TPS (bak sampah)= 28 unit (2m³)

$$\begin{aligned} \text{volume total} &= 28 \times 2 \\ &= 56\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dump Truck} &= 56\text{m}^3 \text{ (timbulan sampah)} / (8\text{m}^3 \times 1,2 \times 2) \text{ standart SNI} \\ &= 56/19 \\ &= 3 \text{ unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arm roll truck} &= \text{jumlah kontainer yang ada} / \text{ritasi} \\ &= 12 (6\text{m}^3) / 3 \\ &= 4 \text{ unit} \end{aligned}$$

- Alok Barat

Rencana TPS (bak sampah)= 19 unit (2m^3)

$$\begin{aligned}\text{volume total} &= 19 \times 2 \\ &= 38\text{m}^3\end{aligned}$$

Dump Truck = 38m^3 (timbunan sampah) / ($8\text{m}^3 \times 1,2 \times 2$) standart SNI

$$= 38/19$$

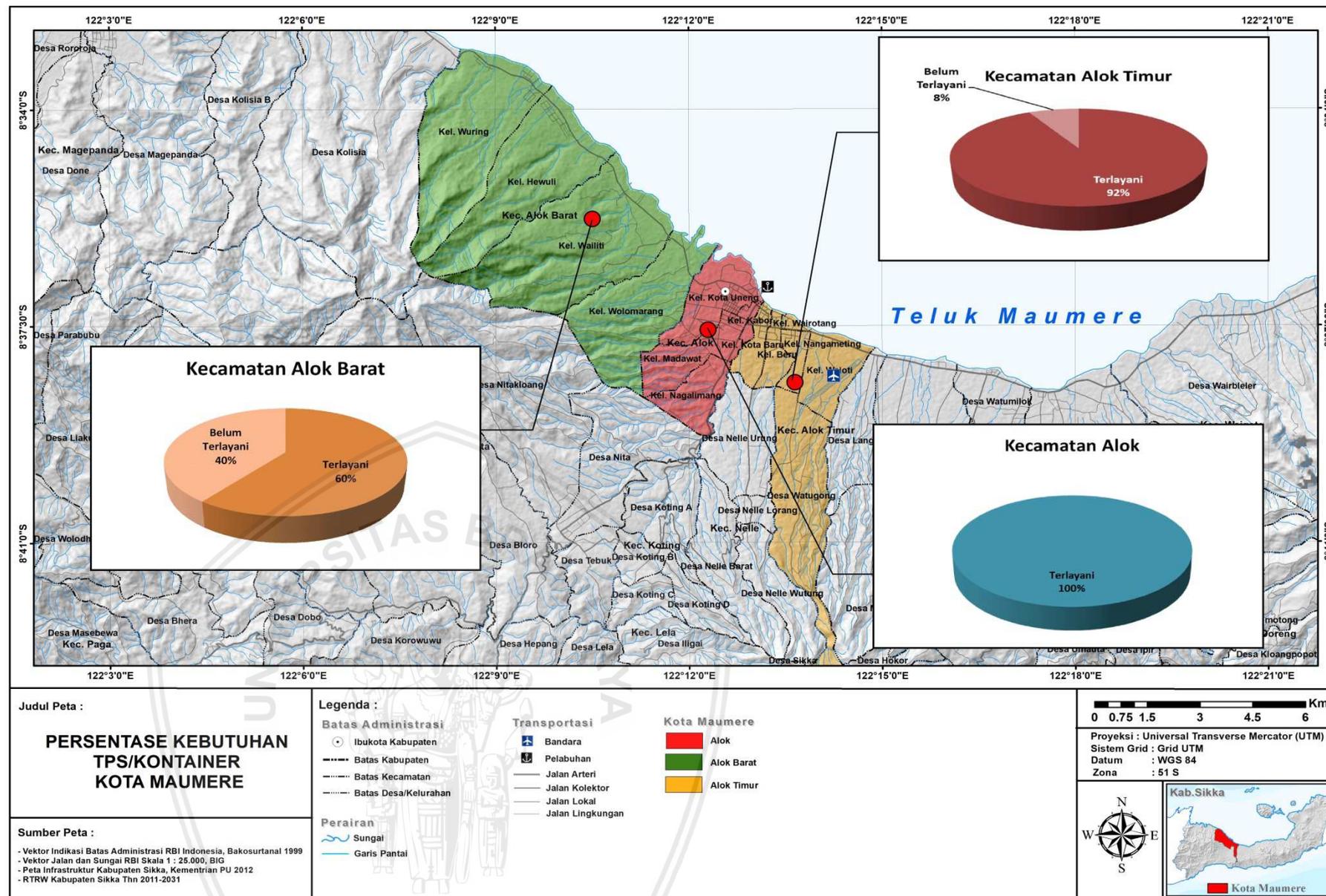
$$= 2 \text{ unit}$$

Arm roll truck = jumlah kontainer yang ada / ritasi

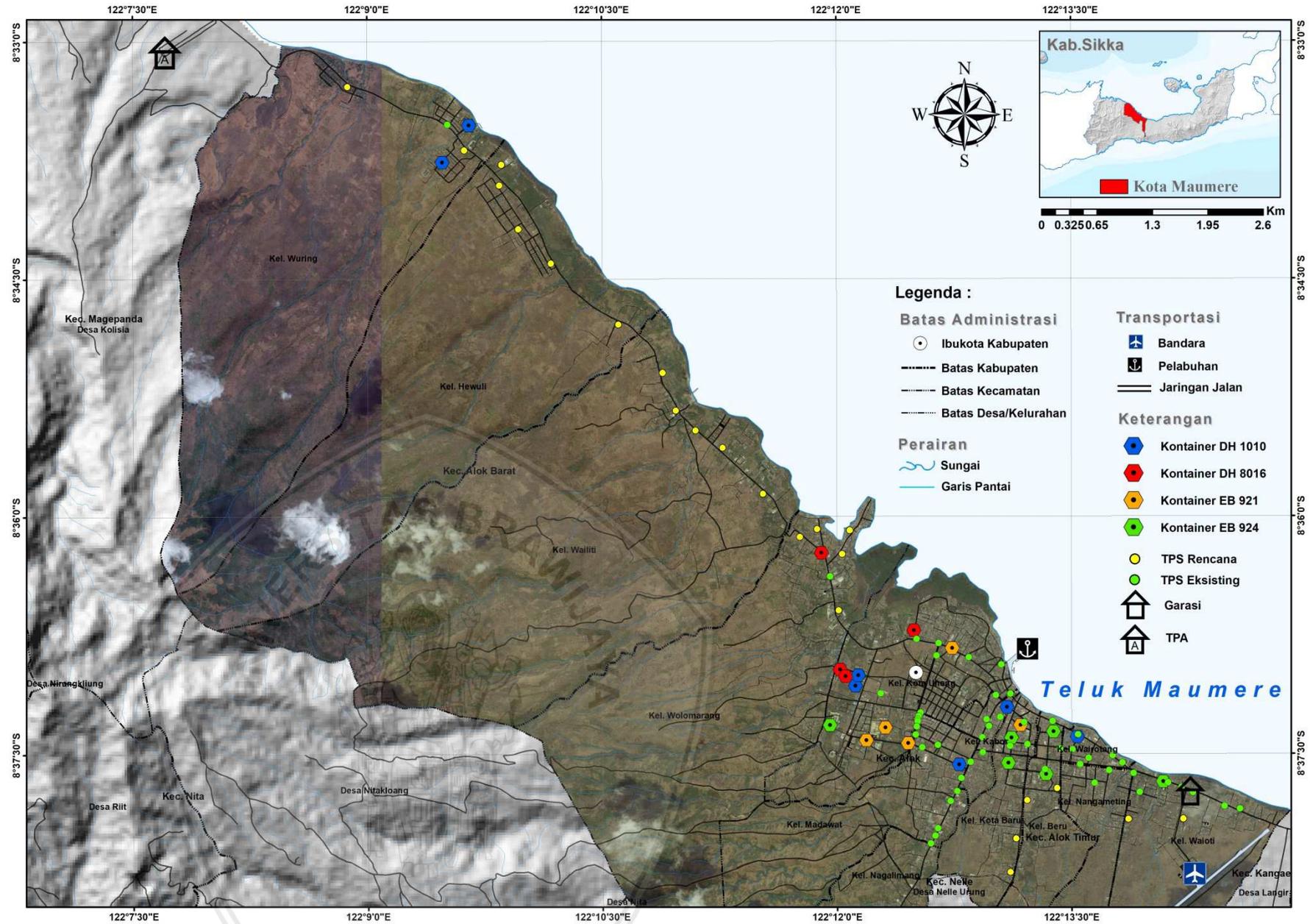
$$= 3 (6\text{m}^3) / 3$$

$$= 1 \text{ unit}$$





Gambar 5.1 Peta Persentase Kebutuhan TPS/Kontainer dan *Dump Truck*



Gambar 5.2 Peta Rencana persebaran TPS/Kontainer

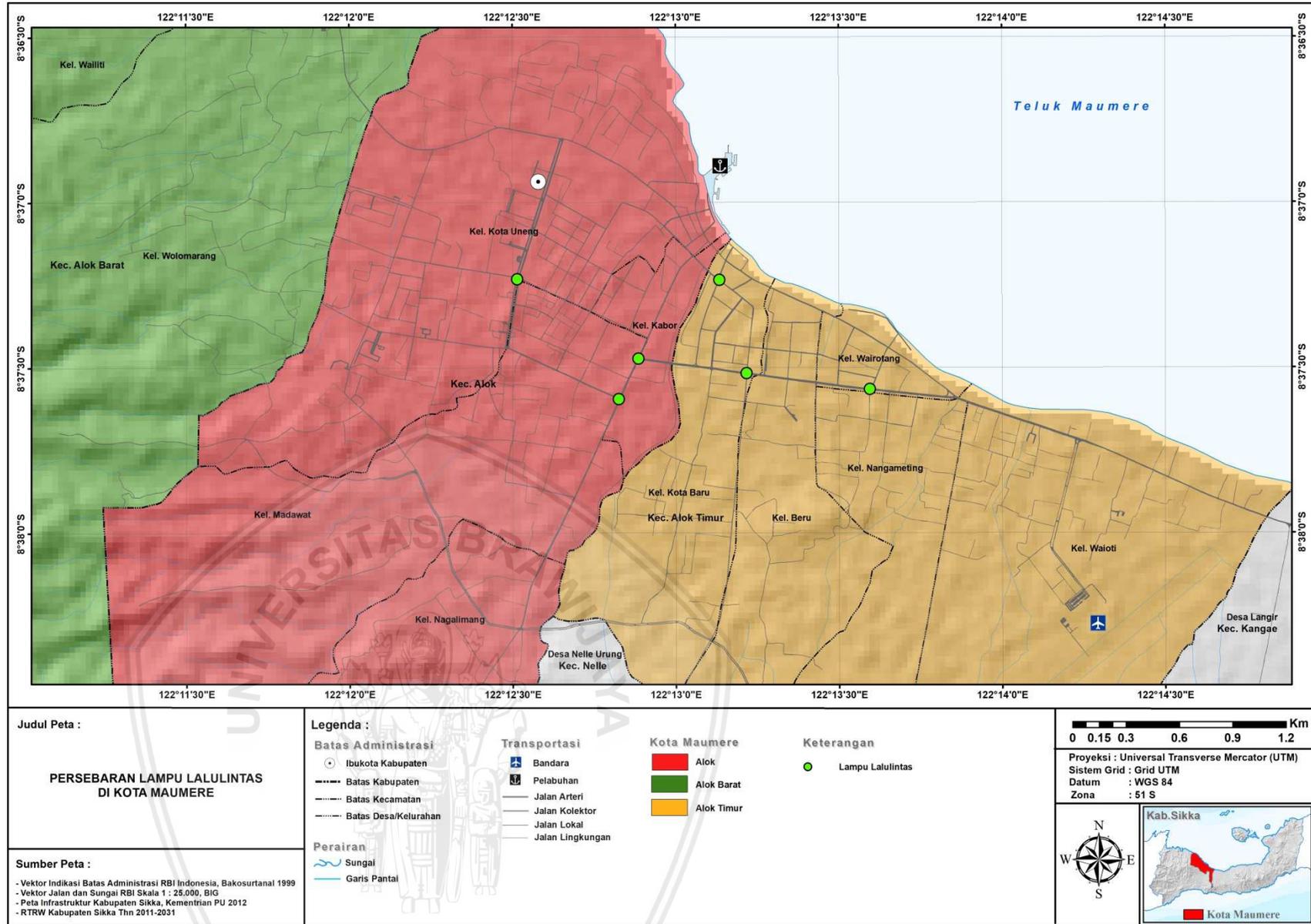
5.3. Efektifitas Rute Pengangkutan Sampah

Rute pengangkutan sampah eksisting di lokasi penelitian belum terencana dengan baik sehingga hal ini juga merupakan salah satu faktor tidak terangkatnya sampah di TPS/kontainer. Untuk rute eksisting pengangkutan sampah dengan kendaraan *dump truck* dibagi per wilayah kecamatan masing-masing dengan rute operasional mencakup kelurahan yang ada di wilayah kecamatan. Sistem pengangkutan sampah dengan *dump truck*, sampah masyarakat diambil dari TPS berupa bak sampah yang ada di pinggir jalan dan pengangkutan secara langsung dari rumah ke rumah. Hal ini mengakibatkan durasi lamanya waktu pengangkutan semakin besar, sehingga untuk perhitungan efektifitas rute pengangkutan hanya dihitung dari pengangkutan sampah dengan sistem kontainer menggunakan *arm roll truck*.



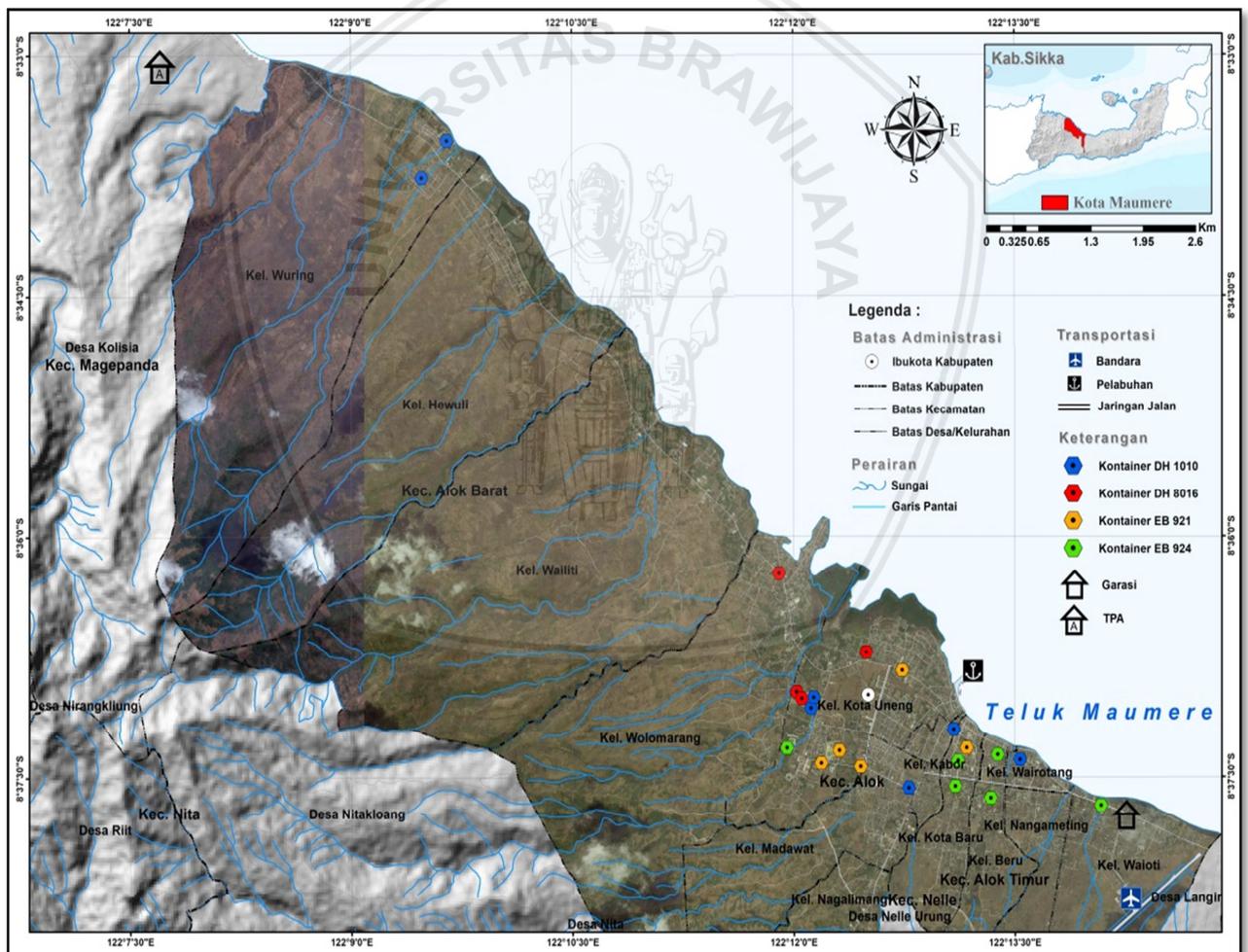
Gambar 5.3 Proses pengangkutan sampah dengan *dump truck*

Penentuan rute terpendek untuk rute pengangkutan dengan sistem *arm roll truck* digunakan analisis *networking* dengan menggunakan program ArcGIS 10.1 yang di analisis adalah titik awal kendaraan, titik kontainer yang diangkat, serta rute menuju ke TPA Waturia. Lampu lalu lintas merupakan salah satu faktor memperpanjang durasi pengangkutan. untuk setiap lampu lalu lintas yang ada berdurasi 30 detik. Untuk Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.4 Persebaran lampu lalu lintas di Kota Maumere.



Gambar 5.4 Peta persebaran lampu lalujantas Kota Maumere

Mekanisme pengangkutan sampah dengan *arm roll truck* yang ada di lokasi penelitian adalah kendaraan *arm roll truck* dari garasi langsung membawa kontainer kosong menuju titik kontainer pertama, selanjutnya kontainer yang penuh di ganti dengan kontainer yang kosong, begitu selanjutnya sampai dari TPA menuju garasi, kendaraan *arm roll truck* akan membawa kontainer kosong. Kecepatan rata-rata untuk setiap kendaraan *arm roll truck* adalah 40 km/jam dengan konsumsi bahan bakar solar setiap liter adalah 7 km. Untuk lebih jelasnya persebaran kontainer dan kendaraan pengangkutnya dapat dilihat pada Gambar 5.5 Persebaran Kontainer dan Kendaraan Pengangkutnya di Kota Maumere dan Gambar 5.6 Proses Pengangkutan Sampah dengan Kontainer.



Gambar 5.5 Persebaran Kontainer dan Kendaraan Pengangkutnya



Gambar 5.6 Proses pengangkutan sampah dengan kontainer

Berdasarkan analisis *networking* dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.1, maka untuk perbandingan antara rute eksisting dan rute terpendek dari masing-masing *arm roll truck* adalah sebagai berikut:

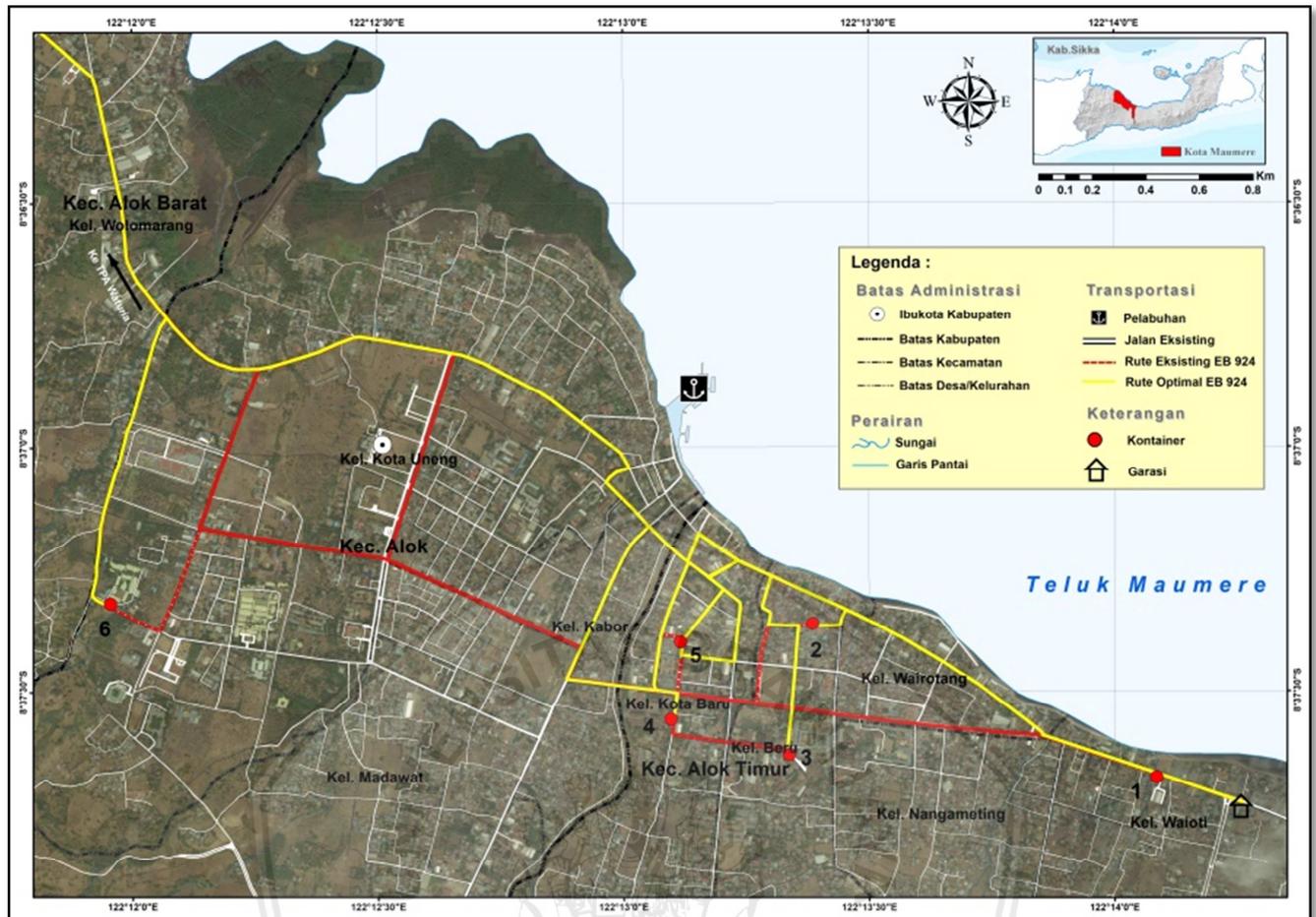
- **Kendaraan *Arm roll truck* dengan nomor polisi EB 924.**

Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi EB 924, memiliki total panjang rute eksisting dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi adalah 185,684 km dengan total durasi perjalanan 5,33 menit dan jumlah bahan bakar yang digunakan 27 liter solar, sedangkan untuk rute terpendeknya dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi diperoleh total panjang rute 182,901 km dengan total durasi perjalanan 5,0 menit dengan konsumsi bahan bakar solar 26 liter. Perbandingan rute eksisting dan rute terpendek adanya selisih 2,783 km Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Gambar 5.7 Perbandingan Rute Eksisting dan Rute Tercepat *arm roll truck* EB 924.

Tabel 5.7 Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat *Arm roll truck* EB 924

Rute	(1)		(2)		{(1)/40km}+{(2)x30detik}	
	Jarak (km)		Σ Traffic Light		Waktu Tempuh (Menit)	
	Eksisting	Optimal	Eksisting	Optimal	Eksisting	Optimal
Garasi-K1-TPA	17,224	16,802	4	-	0,52	0,42
TPA-K2	16,048	15,361	3	-	0,49	0,38
K2-TPA	15,292	15,266	-	-	0,38	0,38
TPA-K3	15,898	15,672	2	-	0,46	0,39
K3-TPA	15,680	15,644	2	-	0,45	0,39
TPA-K4	15,392	15,392	2	1	0,44	0,42
K4-TPA	15,166	15,159	2	-	0,44	0,38
TPA-K5	15,505	15,213	2	-	0,45	0,38
K5-TPA	15,260	15,200	2	-	0,44	0,38
TPA-K6	13,632	13,145	-	-	0,34	0,33
K6-TPA	13,145	13,145	-	-	0,33	0,33
TPA-Garasi	17,442	16,844	4	-	0,53	0,42
Total	185,684	182,901	23	1	5,33	5,0

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 5.7 Perbandingan Rute Eksisting dan Rute Tercepat *Arm roll truck* EB 924

- **Kendaraan *Arm roll truck* dengan nomor polisi EB 921.**

Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi EB 921, memiliki total panjang rute eksisting dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi adalah 144,783 km dengan total durasi perjalanan 4,23 menit dan jumlah bahan bakar yang digunakan 21 liter solar, sedangkan untuk rute terpendeknya dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi diperoleh total panjang rute 143,962 km dengan total durasi perjalanan 4,02 menit dengan konsumsi bahan bakar solar 20,5 liter. Perbandingan rute eksisting dan rute terpendek adanya selisih 0,821 km. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.8 Perbandingan Rute Eksisting dan Rute Tercepat *Arm roll truck* EB 921.

Tabel 5.8 Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat *Arm roll truck* EB 921

Rute	(1)		(2)		{(1)/40km}+{(2)x30detik}	
	Jarak (km)		Σ Traffic Light		Waktu Tempuh (Menit)	
	Eksisting	Optimal	Eksisting	Optimal	Eksisting	Optimal
Garasi-K7-TPA	17,201	17,170	2	1	0,49	0,46
TPA-K8	13,297	13,297	-	-	0,33	0,33
K8-TPA	13,297	13,297	-	-	0,33	0,33
TPA-K9	14,402	14,090	1	-	0,39	0,35
K9-TPA	14,174	14,090	-	-	0,35	0,35
TPA-K10	13,952	13,952	-	-	0,35	0,35
K10-TPA	14,036	13,952	-	-	0,35	0,35
TPA-K11	13,633	13,630	-	-	0,34	0,34
K11-TPA	13,635	13,630	-	-	0,34	0,34
TPA-Garasi	17,156	16,844	4	-	0,55	0,42
Total	144,783	143,962	7	1	4,23	4,02

Sumber : Hasil Analisis

Gambar 5.8. Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat *Arm roll truck* EB 921

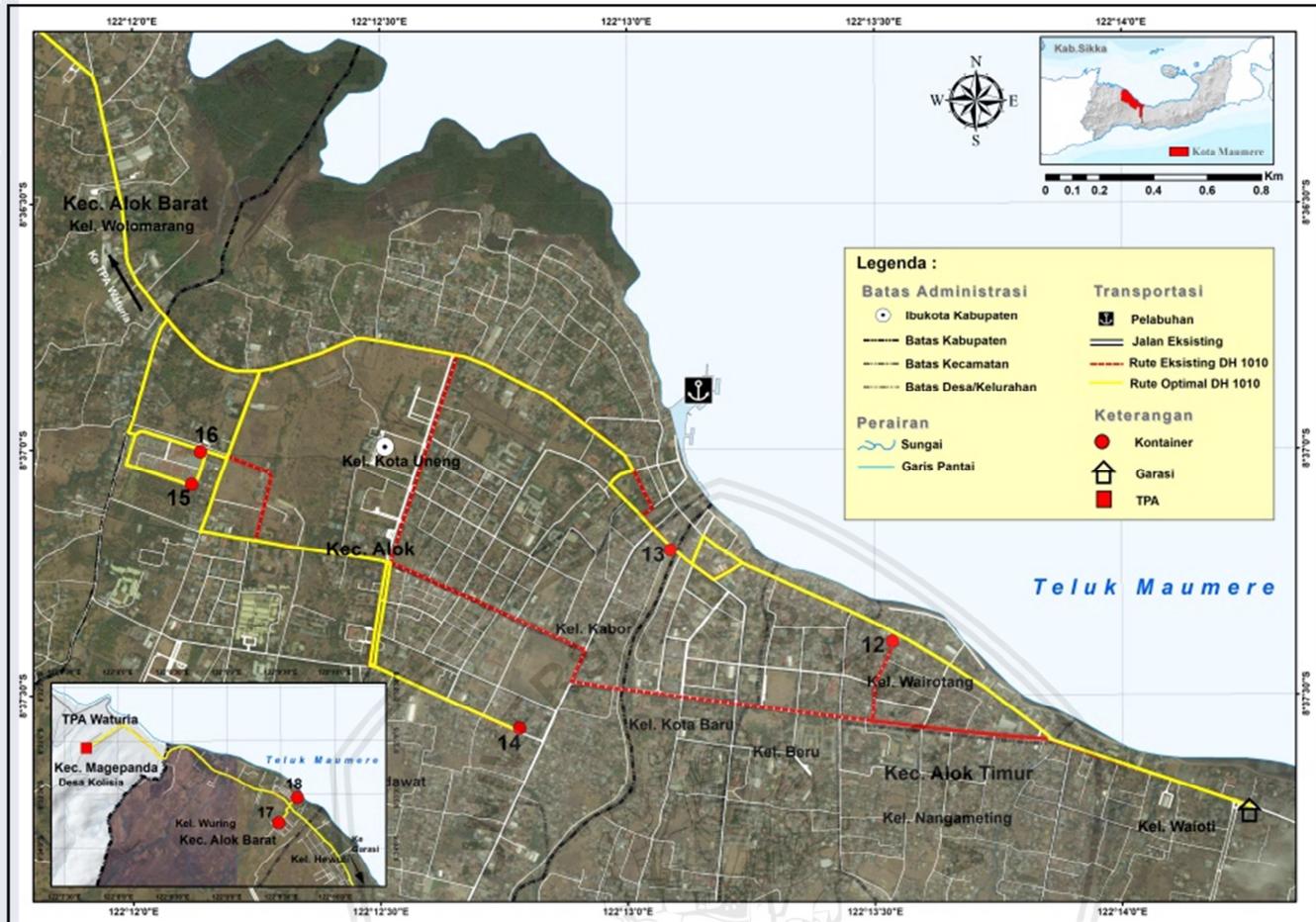
- **Kendaraan *Arm roll truck* dengan nomor polisi DH 1010.**

Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi DH 1010, memiliki total panjang rute eksisting dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi adalah 161,761 km dengan total durasi perjalanan 4,23 menit dan jumlah bahan bakar yang digunakan 23,1 liter solar, sedangkan untuk rute terpendeknya dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi diperoleh total panjang rute 161,043 km dengan total durasi perjalanan 4,08 menit dengan konsumsi bahan bakar solar 23 liter. Perbandingan rute eksisting dan rute terpendek adanya selisih 0,718 km Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.9 Perbandingan Rute Eksisting dan Rute Tercepat *Arm roll truck* DH 1010.

Tabel 5.9 Perbandingan Rute Eksisting dan Tercepat *Arm roll truck* DH 1010

Rute	(1)		(2)		{(1)/40km}+{(2)x30detik}	
	Jarak (km)		Σ Traffic Light		Waktu Tempuh (Menit)	
	Eksisting	Optimal	Eksisting	Optimal	Eksisting	Optimal
Garasi-K12-TPA	17,122	16,866	-	-	0,43	0,42
TPA-K13	14,307	14,307	-	-	0,36	0,36
K13-TPA	14,369	14,307	-	-	0,36	0,36
TPA-K14	14,939	14,725	1	1	0,40	0,40
K14-TPA	14,732	14,725	1	1	0,40	0,40
TPA-K15	12,959	12,959	-	-	0,32	0,32
K15-TPA	12,814	12,814	-	-	0,32	0,32
TPA-K16	12,829	12,829	-	-	0,32	0,32
K16-TPA	12,705	12,705	-	-	0,32	0,32
TPA-K17	4,559	4,559	-	-	0,11	0,11
K17-TPA	4,559	4,559	-	-	0,11	0,11
TPA-K18	4,356	4,356	-	-	0,11	0,11
K18-TPA	4,356	4,356	-	-	0,11	0,11
TPA-Garasi	17,155	16,844	4	-	0,55	0,42
Total	161,761	161,043	6	2	4,23	4,08

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 5.9 Perbandingan Route Eksisting dan Tercepat *Arm roll truck* DH 1010

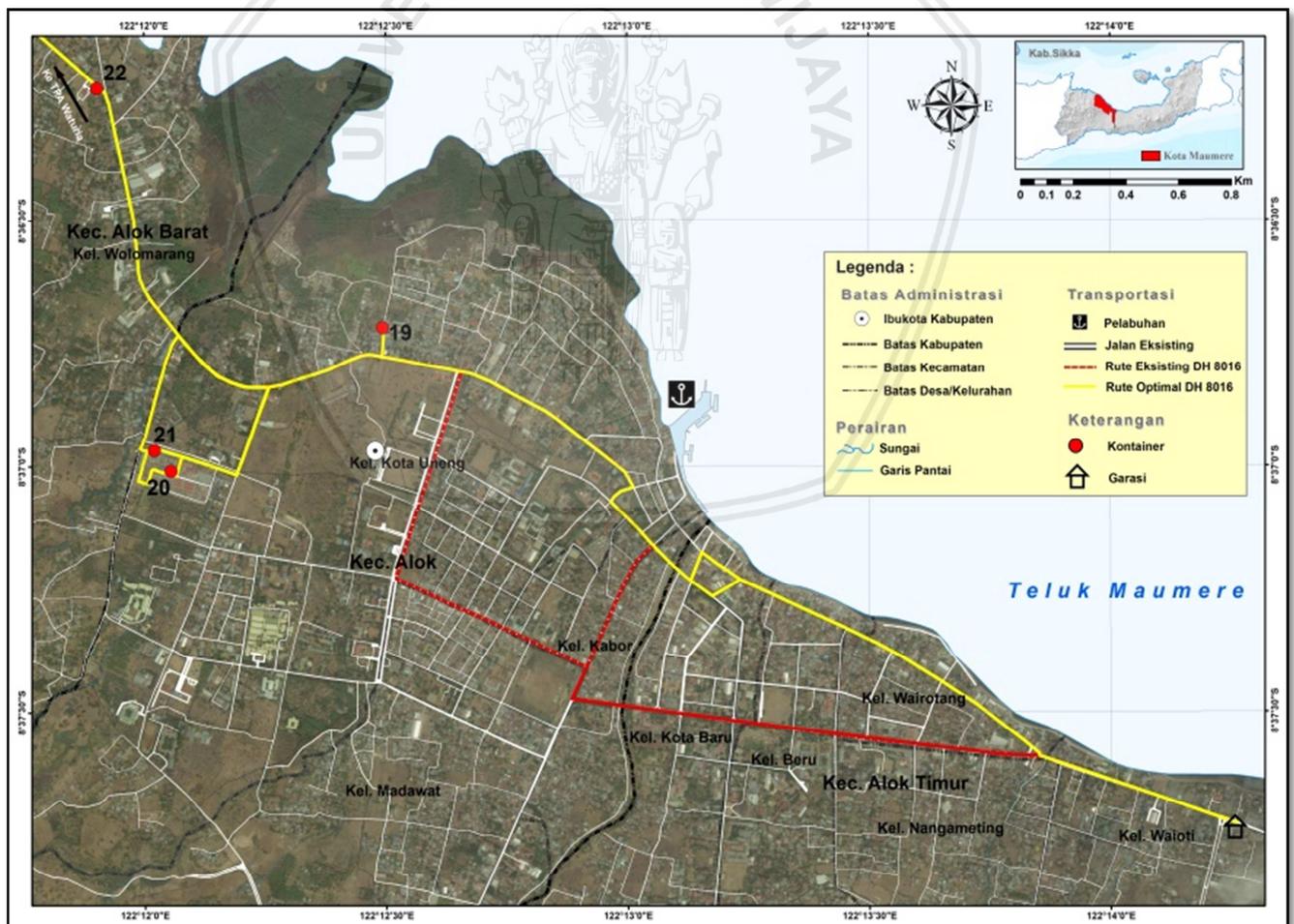
- **Kendaraan *Arm roll truck* dengan nomor polisi DH 8016.**

Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi DH 8016, memiliki total panjang rute eksisting dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi adalah 108,340 km dengan total durasi perjalanan 3,29 menit dan jumlah bahan bakar yang digunakan 15,5 liter solar, sedangkan untuk rute terpendeknya dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi diperoleh total panjang rute 107,077 km dengan total durasi perjalanan 3,08 menit dengan konsumsi bahan bakar solar 15,2 liter. Perbandingan rute eksisting dan rute terpendek adanya selisih 1,263 km Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Gambar 5.10 Perbandingan Route Eksisting dan Route Tercepat *Arm roll truck* DH 8016.

Tabel 5.10 Perbandingan Route Eksisting dan Tercepat *Arm roll truck* DH 8016

Rute	(1)		(2)		{(1)/40km}+{(2)x30detik}	
	Jarak (km)		Σ Traffic Light		Waktu Tempuh (Menit)	
	Eksisting	Optimal	Eksisting	Optimal	Eksisting	Optimal
Garasi-K19-TPA	17,724	17,071	2	-	0,50	0,43
TPA-K20	13,048	13,048	-	-	0,33	0,33
K20-TPA	12,727	12,727	-	-	0,32	0,32
TPA-K21	13,054	13,054	-	-	0,33	0,33
K21-TPA	12,477	12,477	-	-	0,31	0,31
TPA-K22	10,928	10,928	-	-	0,27	0,27
22-TPA	10,928	10,928	-	-	0,27	0,27
TPA-Garasi	17,454	16,844	4	-	0,56	0,42
Total	108,340	107,077	6	-	3,29	3,08

Sumber : Hasil Analisis

Gambar 5.10 Perbandingan Route Eksisting dan Tercepat *Arm roll truck* DH 8016

Untuk menentukan jumlah trip perhari digunakan perhitungan dari SNI 3242:2008 yaitu :

- Menghitung P_{HCS}

$$P_{HCS} = pc + uc + dbc \quad (5-1)$$

Dimana :

Pc = waktu mengambil kontainer penuh, j/trip

Uc = waktu utk meletakkan kontainer kosong, j/trip

dbc = waktu antara lokasi, jam/trip

- Menghitung waktu per trip

$$T_{HCS} = P_{HCS} + h + s \quad (5-2)$$

Dimana :

h = waktu yg diperlukan menuju lokasi yg akan diangkut kontainernya

s = waktu yg digunakan untuk menunggu di lokasi

P_{HCS} = *pick up time*

- Menghitung jumlah trip per hari

$$Nd = [H(1-W) - (t_1 + t_2)] / T_{HCS} \quad (5-3)$$

Dimana :

Nd = jumlah trip, trip/hari

H = waktu kerja perhari, jam

t_1 = dari garasi ke lokasi pertama

t_2 = dari lokasi terakhir ke garasi

W = *factor off route* (nonproduktif pada seluruh kegiatan operasional)

Berikut hasil perhitungan tiap kendaraan *arm roll truck* dengan durasi kerja 8 jam yaitu dari jam 8 pagi sampai jam 3 sore :

- Kendaraan *arm roll truck* EB 924 dengan hasil rata-rata P_{HCS} 0,11 menit/rit, T_{HCS} 0,26 menit dan untuk Nd atau jumlah trip perhari adalah 25 trip. Dari kondisi eksisting jumlah trip yang ada adalah 12 trip sehingga bisa direncanakan penambahan 13 trip untuk durasi 8 jam kerja.
- Kendaraan *arm roll truck* EB 921 dengan hasil rata-rata P_{HCS} 0,13 menit/rit, T_{HCS} 0,29 menit dan untuk Nd atau jumlah trip perhari adalah 22

trip. Dari kondisi eksisting jumlah trip yang ada adalah 10 trip sehingga bisa direncanakan penambahan 12 trip untuk durasi 8 jam kerja.

- Kendaraan *arm roll truck* DH 1010 dengan hasil rata-rata P_{HCS} 0,12 menit/rit, T_{HCS} 0,27 menit dan untuk Nd atau jumlah trip perhari adalah 23 trip. Dari kondisi eksisting jumlah trip yang ada adalah 14 trip sehingga bisa direncanakan penambahan 9 trip untuk durasi 8 jam kerja.
- Kendaraan *arm roll truck* DH 8016 dengan hasil rata-rata P_{HCS} 0,14 menit/rit, T_{HCS} 0,29 menit dan untuk Nd atau jumlah trip perhari adalah 21 trip. Dari kondisi eksisting jumlah trip yang ada adalah 8 trip sehingga dapat direncanakan penambahan 13 trip untuk durasi 8 jam kerja.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.11 Jumlah Trip Perhari *Arm roll truck*.

Tabel 5.11 Jumlah Trip Perhari *Arm roll truck*

Kendaraan	P_{HCS} (Menit/rit)	T_{HCS} (Menit)	Nd (Jumlah trip perhari)	Trip eksisting	Dapat Direncanakan
EB 924	0,11	0,26	25	12	13
EB 921	0,13	0,29	22	10	12
DH 1010	0,12	0,27	23	14	9
DH 8016	0,14	0,29	21	8	13

Sumber : Hasil Analisis

5.4. Jumlah Emisi CO, CH, dan NO_x yang Dihasilkan *Arm roll truck*

Hasil perhitungan bahan bakar terpakai tiap kendaraan selanjutnya di sesuaikan dengan faktor emisi dengan berbahan bakar solar ditetapkan dari Permen LH No. 12 tahun 2010 tentang pelaksanaan pengendalian pencemaran udara. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.12 Faktor emisi gas buang kendaraan.

Tabel 5.12 Faktor emisi gas buang kendaraan

Kategori	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)
Truk	8,4	1,8	17,7

Sumber: Permen LH No. 12, 2010

Setelah diketahui faktor emisi berdasarkan Permen LH No. 12, 2010 kemudian dihitung estimasi perhitungan emisi dengan memakai emisi faktor Zhongan, et.al (2005) adalah sebagai berikut:

$$Emisi (gram) = Faktor Emisi (g/km) \times Km Jarak Tempuh \quad (5-4)$$

Dari hasil perhitungan emisi dapat dihitung selisih jumlah emisi gas antara rute eksisting dengan rute tercepat dengan rumus

$$\Delta Emisi = emisi rute eksisting - emisi optimalisasi rute \quad (5-5)$$

Untuk lebih jelasnya perhitungan emisi yang dihasilkan dari kendaraan amrol truk dapat dilihat pada Tabel 5.13 Perbandingan jumlah emisi dari rute eksisting dan rute optimal berikut dan Gambar 5.10 Peta Kondisi sebelum dan sesudah manfaat ekonomi dan lingkungan.

Tabel 5.13 Perbandingan jumlah emisi dari rute eksisting dan rute optimal

Kendaraan	Eksisting				Optimal			
	Σ panjang rute (km)	CO (g/km) 8,4	HC (g/km) 1,8	NO _x (g/km) 17,7	Σ panjang rute (km)	CO (g/km) 8,4	HC (g/km) 1,8	NO _x (g/km) 17,7
EB 924	185,684	1.559,7	334,2	3.286,6	182,901	1.536,4	329,2	3.237,3
EB 921	144,783	1.216,2	260,6	2.562,7	143,962	1.209,3	259,1	2.548,1
DH 1010	161,761	1.358,8	291,2	2.863,2	161,043	1.352,8	289,9	2.850,5
DH 8016	108,340	910,1	195,0	1.917,6	107,077	899,4	192,7	1.895,3

Sumber : Hasil Analisis

Perhitungan faktor emisi CO, HC dan NO_x menggunakan perhitungan yang sama dimana sebagai contoh untuk menghitung kandungan CO pada kendaraan EB 924 dalam keadaan aksisting menggunakan rumus panjang rute x faktor emisi, dalam hal ini telah diketahui panjang jarak tempuh kendaraan adalah 185,684 km, maka untuk mengetahui total emisi CO yang dihasilkan dengan angka faktor emisinya adalah 8,4 g/km adalah $185,684 \times 8,4 = 1559,7$ gram kandungan CO yang dihasilkan dari jarak tempuh kendaraan EB 924 sejauh 185,684 km. perhitungan ini berlaku untuk perhitungan HC dan NO_x, baik dalam kondisi eksisting maupun setelah dioptimasi rute pengangkutan.

Dari tabel perbandingan diatas diketahui selisih emisi yang dihasilkan dari kondisi eksisting, selisih emisi yang dihasilkan perharinya yaitu untuk kendaraan **EB 924** dengan selisih CO 23,4 g/km, HC 5,0 g/km dan NO_x 49,3 g/km, untuk kendaraan **EB 921** dengan selisih CO 6,9 g/km, HC 1,5 g/km dan NO_x 14,5 g/km, untuk kendaraan **DH 1010** dengan selisih CO 6,0 g/km, HC 1,3 g/km dan NO_x 12,7 g/km, dan terakhir untuk kendaraan **DH 8016** dengan selisih CO 10,6 g/km, HC 2,3 g/km dan NO_x 22,4 g/km. Dengan adanya optimalisasi rute pengangkutan sampah maka secara tidak langsung dapat mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan dari kendaraan pengangkut sampah.

5.5. Biaya Operasional

Merupakan biaya yang digunakan untuk menjalankan suatu proses kegiatan, dalam hal ini adalah terkait biaya bahan bakar kendaraan pengangkut sampah. Dari hasil analisa sebelumnya diketahui jarak tempuh tiap masing-masing kendaraan perharinya. Perhitungan biaya operasional terkait biaya bahan bakar dapat dihitung berdasarkan formulasi yang dikeluarkan oleh Permen PU No. 03/PRT/M/2013. Berikut formulasi untuk menghitung biaya operasional terkait dengan bahan bakar kendaraan :

$$BiBBMj = KBBMi \times HBBMj \quad (5-6)$$

Dengan keterangan,

BiBBMj : Biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i
(Rp/Km)

KBBMi : Konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i
(liter/Km)

HBBMj : Harga bahan bakar untuk jenis BBM j (rupiah/liter)

i : Jenis kendaraan

j : Jenis bahan bakar minyak

untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.14 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah dan Gambar 5.11 Peta Kondisi sebelum dan sesudah manfaat ekonomi dan lingkungan. Untuk tiap km perjalanan

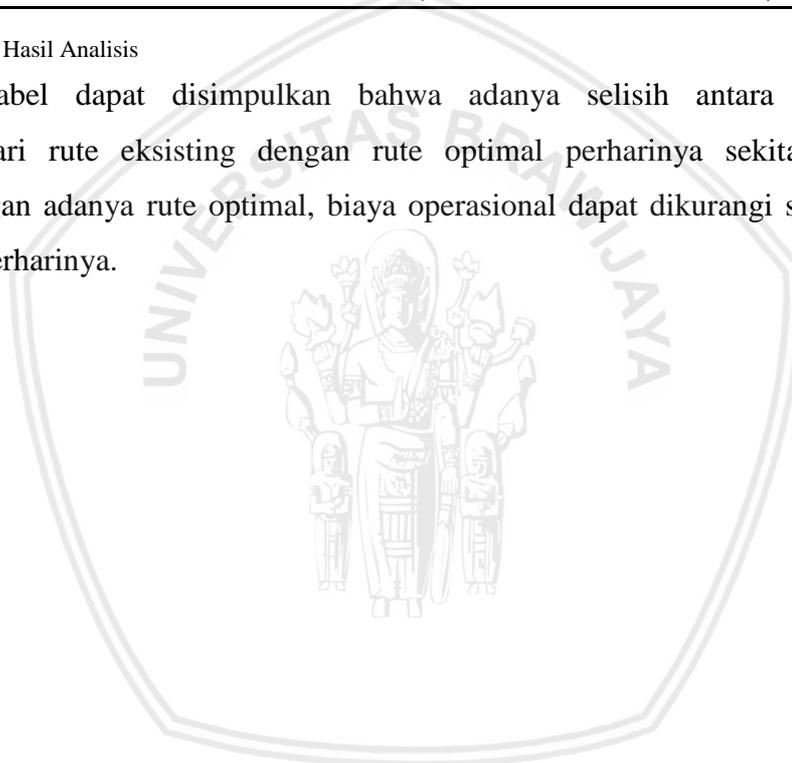
menghabiskan solar sekitar 0,143 liter dan harga bahan bakar solar Rp 5.150 per liter.

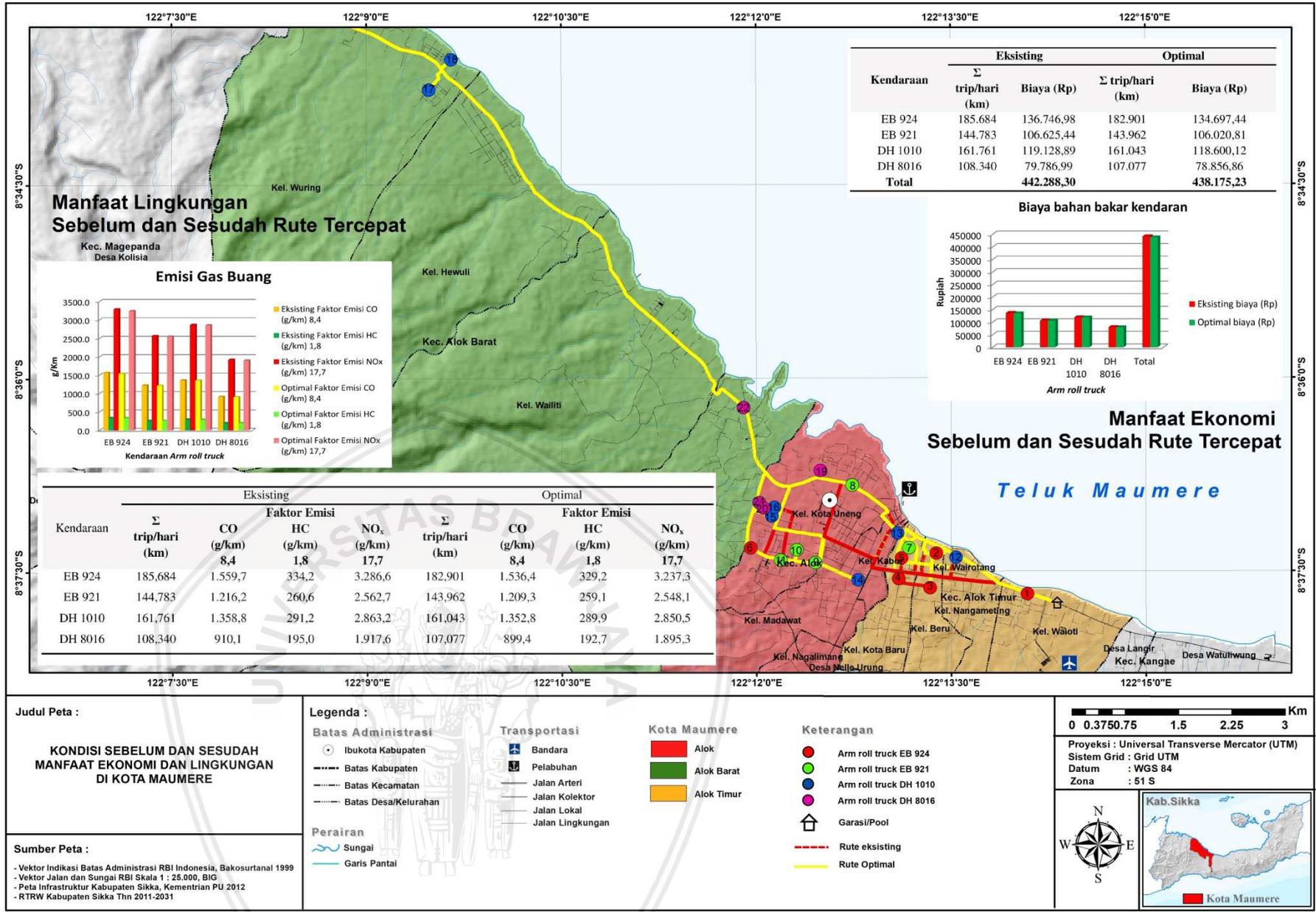
Tabel 5.14 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah

Kendaraan	Eksisting		Optimal	
	Σ panjang rute (km)	Biaya (Rp)	Σ panjang rute (km)	Biaya (Rp)
EB 924	185,684	136.746,98	182,901	134.697,44
EB 921	144,783	106.625,44	143,962	106.020,81
DH 1010	161,761	119.128,89	161,043	118.600,12
DH 8016	108,340	79.786,99	107,077	78.856,86
Total		442.288,30		438.175,23

Sumber : Hasil Analisis

Dari tabel dapat disimpulkan bahwa adanya selisih antara biaya operasional dari rute eksisting dengan rute optimal perharinya sekitar Rp 4.113.07. dengan adanya rute optimal, biaya operasional dapat dikurangi sekitar Rp 4.113.07 perharinya.





Gambar 5.11 Peta kondisi sebelum dan sesudah manfaat ekonomi dan lingkungan

5.6. Rencana Kebutuhan Armada Pengangkutan Sampah

Pada sub bab sebelumnya telah dijabarkan perhitungan terkait kondisi eksisting sistem pengangkutan sampah yang ada di Kota Maumere dan pada sub bab ini akan dijabarkan perhitungan rencana rute, perhitungan emisi maupun biaya bahan bakar kendaraan ketika dalam kondisi ada penambahan armada. Pada tabel 5.15 akan dijabarkan rencana sarana pengangkutan sampah di Kota Maumere.

Tabel 5.15 Rencana sarana pengangkutan sampah Kota Maumere

Kecamatan	Eksisting TPS		Rencana TPS		Eksisting Kendaraan Pengangkut		Rencana Kendaraan Pengangkut	
	Bak Sampah (2m ³)	Kontainer (6m ³)	Bak Sampah (2m ³)	Kontainer (6m ³)	Dump Truck (8m ³)	Arm Roll Truck	Dump Truck (8m ³)	Arm Roll Truck
Alok Timur	21	7	21 (tetap)	7 (tetap)	3	Titik angkut terpencar	3 (tetap)	2
Alok	28	12	28 (tetap)	12 (tetap)	1	Titik angkut terpencar	3	4
Alok Barat	2	3	19	3 (tetap)	1	Titik angkut terpencar	2	1
Total	51	22	68	22	5	4	8	7

Sumber : Hasil Analisis

5.6.1 Rencana Kebutuhan *Dump Truck*

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya rancana penambahan *dump truck* dengan kapasitas 8m³ yang melayani 3 kecamatan yang ada di Kota maumere yaitu, untuk Kecamatan Alok Timur dengan kebutuhan 3 unit kendaraan, Kecamatan Alok dengan kebutuhan 3 unit dan Kecamatan Alok Barat dengan kebutuhan 2 unit. Total kebutuhan kendaraan *dump truck* yang melayani Kota Maumere adalah 8 unit dari kondisi eksisting jumlah kendaraan *dump truck* adalah 5 unit kendaraan.

- Rencana rute pengangkutan sampah *dump truck* Kecamatan Alok Timur.

Mobil 1

Tabel 5.16 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk *dump truck* mobil 1 Kecamatan Alok Timur

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
Gr-BS1	20	0,630	0,03	0	0,03
BS1-BS2	20	0,192	0,01	0	0,01
BS2-BS3	20	0,407	0,02	0	0,02
BS3-BS4	20	0,432	0,02	0	0,02
BS4-TPA	40	17,337	0,43	1	0,43
TPA-BS5	40	16,718	0,42	1	0,42
BS5-BS6	20	0,168	0,01	0	0,01
BS6-BS7	20	0,513	0,03	0	0,03
BS7-BS8	20	0,468	0,02	0	0,02
BS8-TPA	40	16,678	0,42	1	0,42
TPA-GR	40	16,819	0,42	1	0,42
Total		70,362	3,03	4	3,05

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 5.16 sebelumnya, diketahui jarak tempuh kendaraan *dump truck* mobil 1 untuk melayani Kecamatan Alok Timur adalah sekitar 70,362 km dengan total waktu tempuh 3 jam 5 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.12 Peta rencana rute pengangkutan *dump truck* mobil Kecamatan Alok Timur.

Mobil 2

Tabel 5.17 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk *dump truck* mobil 2 Kecamatan Alok Timur

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
Gr-BS9	20	0,740	0,04	0	0,04
BS9-BS10	20	0,194	0,01	0	0,01
BS10-BS11	20	0,141	0,01	0	0,01
BS11-BS12	20	0,412	0,02	0	0,02
BS12-TPA	40	16,115	0,40	2	0,41
TPA-BS13	40	16,120	0,40	2	0,41
BS13-BS14	20	0,378	0,02	1	0,02
BS14-BS15	20	0,153	0,01	1	0,01
BS15-BS16	20	0,449	0,02	0	0,02
BS16-TPA	40	15,349	0,38	1	0,38
TPA-GR	40	16,819	0,42	1	0,42
Total		66,870	2,53	8	2,57

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis tabel 5.17 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *dump truck* mobil 2 untuk melayani Kecamatan Alok Timur adalah sekitar 66,870 km dengan total waktu tempuh 2 jam 57 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.12 Peta rencana rute pengangkutan *dump truck* mobil Kecamatan Alok Timur.

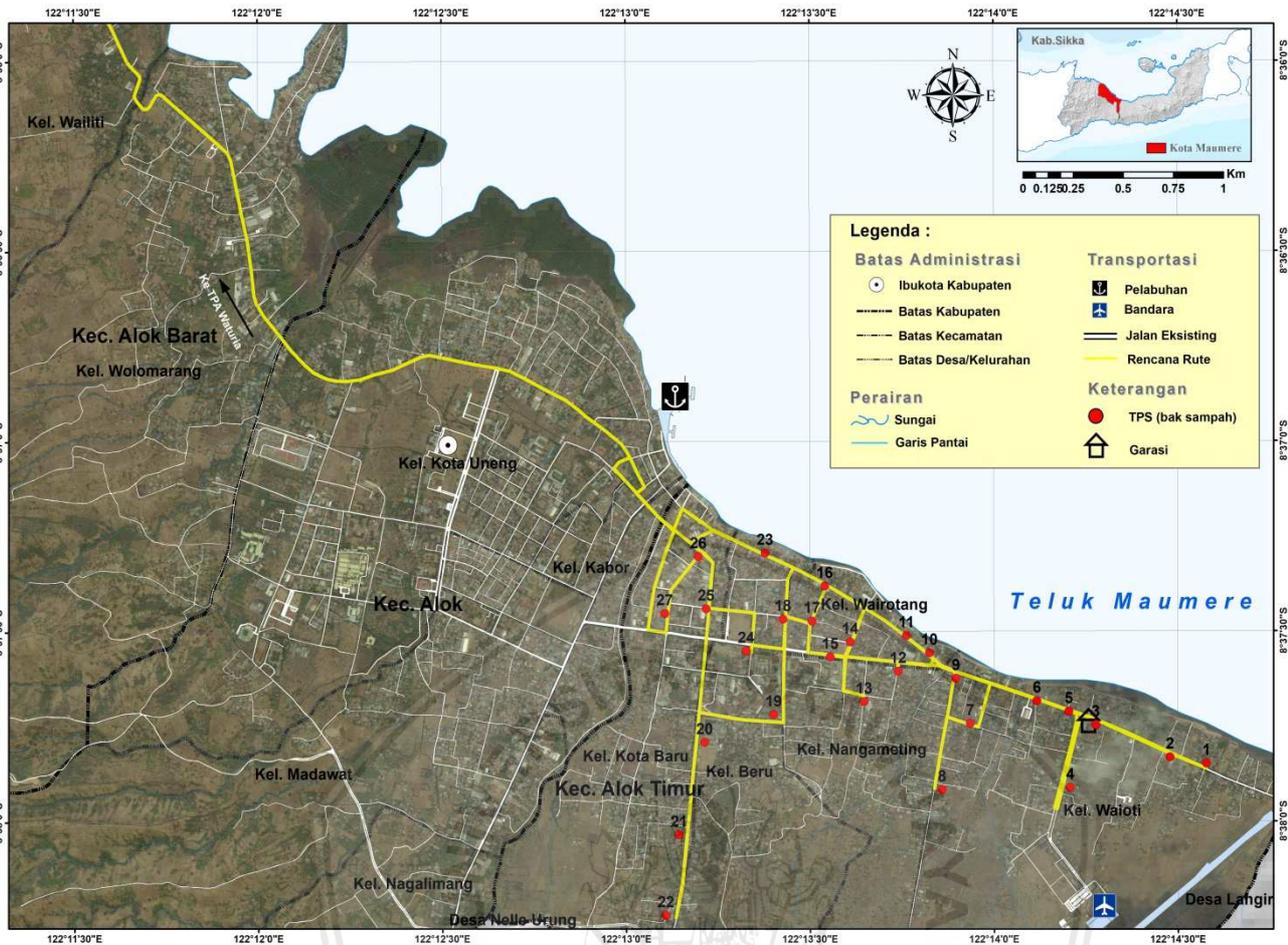
Mobil 3

Tabel 5.18 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk *dump truck* mobil 3 Kecamatan Alok Timur

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
Gr-BS17	20	1,612	0,08	1	0,08
BS17-BS18	20	0,162	0,01	0	0,01
BS18-BS19	20	0,468	0,02	0	0,02
BS19-BS20	20	0,603	0,03	0	0,03
BS20-BS21	20	0,455	0,02	0	0,02
BS21-BS22	20	0,401	0,02	0	0,02
BS22-TPA	40	16,460	0,41	2	0,41
TPA-BS23	40	15,002	0,38	1	0,38
BS23-BS24	20	0,752	0,04	0	0,04
BS24-BS25	20	0,420	0,02	0	0,02
BS25-BS26	20	0,328	0,02	0	0,02
BS26-BS27	20	0,328	0,02	0	0,02
BS27-TPA	40	15,161	0,38	1	0,38
TPA-GR	40	16,819	0,42	1	0,42
Total		68,971	3,06	6	3,09

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis tabel 5.18 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *dump truck* mobil 3 untuk melayani Kecamatan Alok Timur adalah sekitar 68,971 km dengan total waktu tempuh 3 jam 9 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.12 Peta rencana rute pengangkutan *dump truck* Kecamatan Alok Timur.



Gambar 5.12 Peta rencana rute pengangkutan *dump truck* Kecamatan Alok Timur.

Perhitungan emisi kendaraan *dump truck* yang melayani Kecamatan Alok Timur setelah adanya perencanaan rute *dump truck* dapat dilihat pada tabel 5.19 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah untuk *dump truck* di Kecamatan Alok Timur.

Tabel 5.19 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah untuk *dump truck* di Kecamatan Alok Timur.

Kendaraan	Σ panjang rute (km) (1)	Rencana		
		Faktor Emisi		
		CO _x (1)	HC _x (1)	NO _{xx} (1)
		CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)
		8,4	1,8	17,7
Mobil 1	70,362	591,04	126,65	1.245,41
Mobil 2	66,870	561,71	120,37	1.183,60
Mobil 3	68,97 ¹	579,36	124,15	1.220,79
Total	206,203	1.732,11	371,17	3.649,79

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis terkait emisi gas buang, total emisi gas buang untuk kandungan CO adalah 1.732,11 g/km, untuk kandungan HC adalah 371,17 g/km dan untuk kandungan NOx adalah 3.649,79 g/km dengan total panjang rute adalah 206,20 km untuk Kecamatan Alok Timur dengan rencana penambahan 3 unit *dump truck*.

Untuk perhitungan biaya bahan bakar kendaraan *dump truck* yang melayani Kecamatan Alok Timur biaya operasional bahan bakar total perharinya adalah sekitar Rp.151.858,20. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada tabel 5.20 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *dump truck* Kecamatan Alok Timur.

Tabel 5.20 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *dump truck* di Kecamatan Alok Timur.

Kendaraan	Rencana	
	(1) Σ panjang rute (km)	(1)x Rp.736,45 Biaya (Rp)
Mobil 1	70,362	51.818,09
Mobil 2	66,870	49.246,41
Mobil 3	68,971	50.793,69
Total	206,20	151.858,20

Sumber : Hasil Analisis

- Rencana rute pengangkutan sampah *dump truck* Kecamatan Alok.

Mobil 1

Tabel 5.21 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk *dump truck* mobil 1 Kecamatan Alok

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	Waktu Tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
Gr-BS1	40	2,535	0,06	2	0,07
BS1-BS2	20	0,502	0,03	0	0,03
BS2-BS3	20	0,374	0,02	0	0,02
BS3-BS4	20	0,472	0,02	0	0,02
BS4-BS5	20	0,161	0,01	0	0,01
BS5-TPA	40	14,543	0,36	1	0,36
TPA-BS6	40	14,792	0,37	1	0,37
BS6-BS7	20	0,236	0,01	1	0,01
BS7-BS8	20	0,153	0,01	0	0,01
BS8-BS9	20	0,139	0,01	0	0,01
BS9-BS10	20	0,350	0,02	0	0,02
BS10-TPA	40	15,574	0,39	2	0,40
TPA-Gr	40	16,838	0,42	1	0,42
Total		66,669	2,53	8	2,57

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis tabel 5.21 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *dump truck* mobil 1 untuk melayani Kecamatan Alok adalah sekitar 66,669 km dengan total waktu tempuh 2 jam 57 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.13 Peta rencana rute pengangkutan *dump truck* mobil Kecamatan Alok.

Mobil 2Tabel 5.22 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk *dump truck* mobil 2 Kecamatan Alok

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	Waktu Tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
Gr-BS11	40	3,728	0,09	4	0,11
BS11-BS12	20	0,111	0,01	0	0,01
BS12-BS13	20	1,597	0,08	2	0,09
BS13-BS14	20	0,368	0,02	0	0,02
BS14-BS15	20	0,539	0,03	0	0,03
BS15-TPA	40	13,940	0,35	0	0,35
TPA-BS16	40	14,296	0,36	1	0,36
BS16-BS17	20	1,534	0,08	0	0,08
BS17-BS18	20	2,162	0,11	1	0,11
BS18-BS19	20	0,430	0,02	0	0,02
BS19- BS20	10	0,092	0,01	0	0,01
BS20-TPA	40	14,234	0,36	1	0,36
TPA-Gr	40	16,838	0,42	1	0,42
Total		69,869	3,12	10	3,17

Sumber : Hasil Analisis

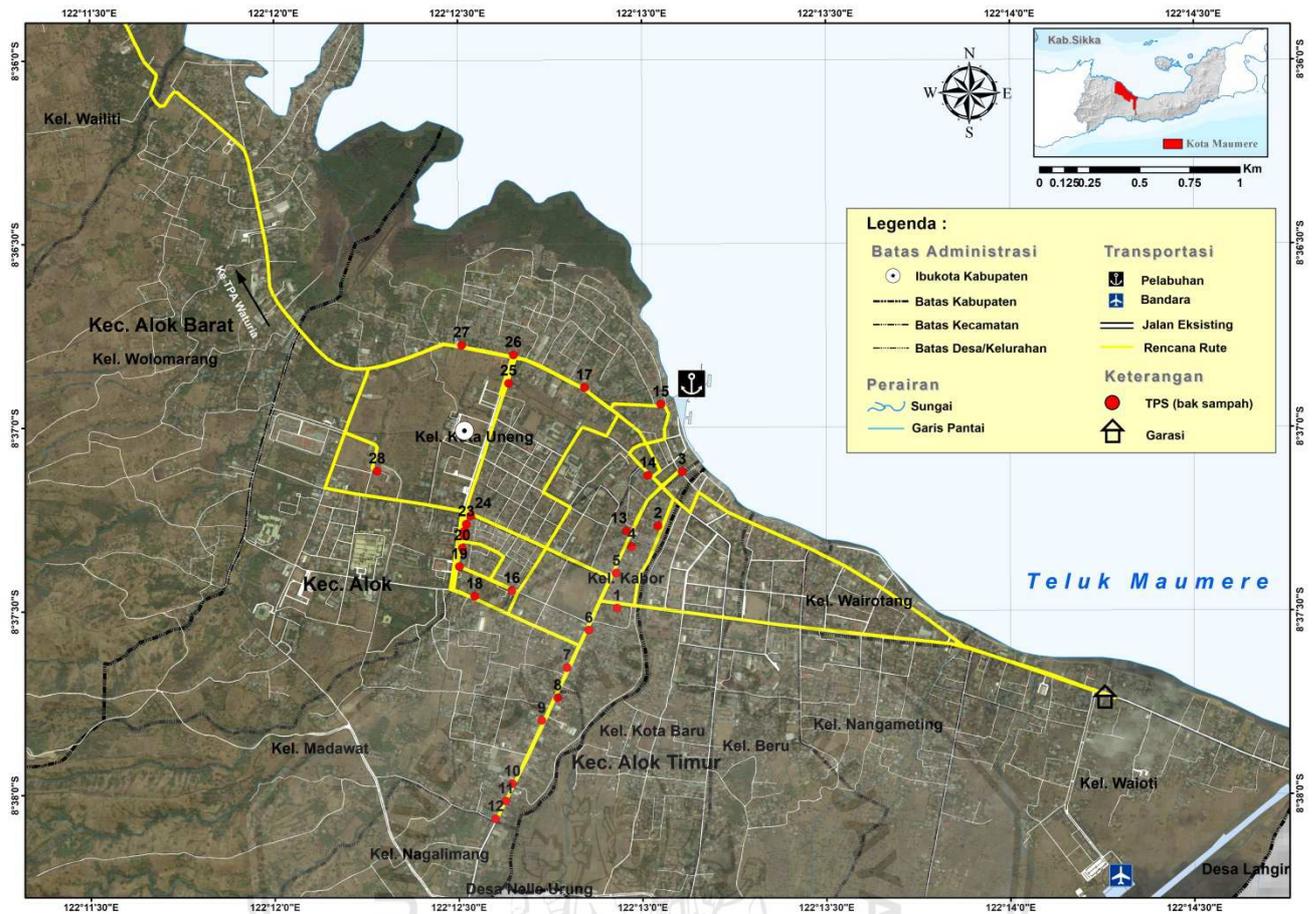
Berdasarkan hasil analisis tabel 5.22 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *dump truck* mobil 2 untuk melayani Kecamatan Alok adalah sekitar 69,869 km dengan total waktu tempuh 3 jam 17 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.13 Peta rencana rute pengangkutan *dump truck* mobil Kecamatan Alok.

Mobil 3Tabel 5.23 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk *dump truck* mobil 3 Kecamatan Alok

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	Waktu Tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
Gr-BS21	40	3,514	0,09	3	0,10
BS21-BS22	10	0,091	0,01	1	0,01
BS22-BS23	10	0,037	0,00	0	0,00
BS23-BS24	10	0,024	0,00	0	0,00
BS24-TPA	40	13,886	0,35	1	0,35
TPA-BS25	40	13,266	0,33	0	0,33
BS25-BS26	20	0,285	0,01	0	0,01
BS26-BS27	20	0,259	0,01	0	0,01
BS27-BS28	20	1,135	0,06	0	0,06
BS28-TPA	40	13,027	0,33	0	0,33
TPA-Gr	40	16,838	0,42	1	0,42
Total		62,362	2,40	6	2,43

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis tabel 5.23 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *dump truck* mobil 3 untuk melayani Kecamatan Alok adalah sekitar 62,362 km dengan total waktu tempuh 2 jam 43 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.13 Peta rencana rute pengangkutan *dump truck* Kecamatan Alok.



Gambar 5.13 Peta rencana rute pengangkutan *dump truck* Kecamatan Alok.

Perhitungan emisi kendaraan *dump truck* yang melayani Kecamatan Alok setelah adanya perencanaan rute *dump truck* dapat dilihat pada tabel 5.24 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah *dump truck* di Kecamatan Alok.

Tabel 5.24 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah untuk *dump truck* di Kecamatan Alok.

Kendaraan	Σ panjang rute (km) (1)	Rencana		
		Faktor Emisi		
		CO _x (1)	HC _x (1)	NO _{xx} (1)
		CO	HC	NO _x
		(g/km)	(g/km)	(g/km)
		8,4	1,8	17,7
Mobil 1	66,669	560,02	120,00	1.180,04
Mobil 2	69,869	586,90	125,76	1.236,68
Mobil 3	62,362	523,84	112,25	1.103,81
Total	198,90	1.670,76	358,02	3.520,53

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis terkait emisi gas buang, total emisi gas buang untuk kandungan CO adalah 1.670,76 g/km, untuk kandungan HC adalah 358,02 g/km dan untuk kandungan NOx adalah 3.520,53 g/km dengan total panjang rute adalah 198,90 km untuk Kecamatan Alok dengan rencana penambahan 3 unit *dump truck*.

Untuk perhitungan biaya bahan bakar kendaraan *dump truck* yang melayani Kecamatan Alok, biaya operasional bahan bakar total perharinya adalah sekitar Rp.151.858,20. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada tabel 5.25 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *dump truck* di Kecamatan Alok.

Tabel 5.25 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *dump truck* di Kecamatan Alok.

Kendaraan	Rencana	
	1	(1)x Rp.736,45
Σ panjang rute (km)		Biaya (Rp)
Mobil 1	66,669	49098,39
Mobil 2	69,869	51455,03
Mobil 3	62,362	45926,49
Total	198,90	146479,91

Sumber : Hasil Analisis

- Rencana rute pengangkutan sampah *dump truck* Kecamatan Alok Barat.

Mobil 1

Tabel 5.26 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah *dump truck* mobil 1 Kecamatan Alok Barat

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
Gr-BS1	40	5,137	0,13	1	0,13
BS1-BS2	20	0,410	0,02	0	0,02
BS2-BS3	20	0,609	0,03	0	0,03
BS3-BS4	20	0,255	0,01	0	0,01
BS4-BS5	20	0,631	0,03	0	0,03
BS5-TPA	40	11,336	0,28	0	0,28
TPA-BS6	40	10,645	0,27	0	0,27
BS6-BS7	20	0,844	0,04	0	0,04
BS7-BS8	20	0,705	0,04	0	0,04
BS8-BS9	20	0,365	0,02	0	0,02
BS9-BS10	20	0,330	0,02	0	0,02
BS10-TPA	40	8,399	0,21	0	0,21
TPA-GR	40	16,793	0,42	1	0,42
Total		56,459	2,32	2	2,33

Sumber : Hasil Analisis

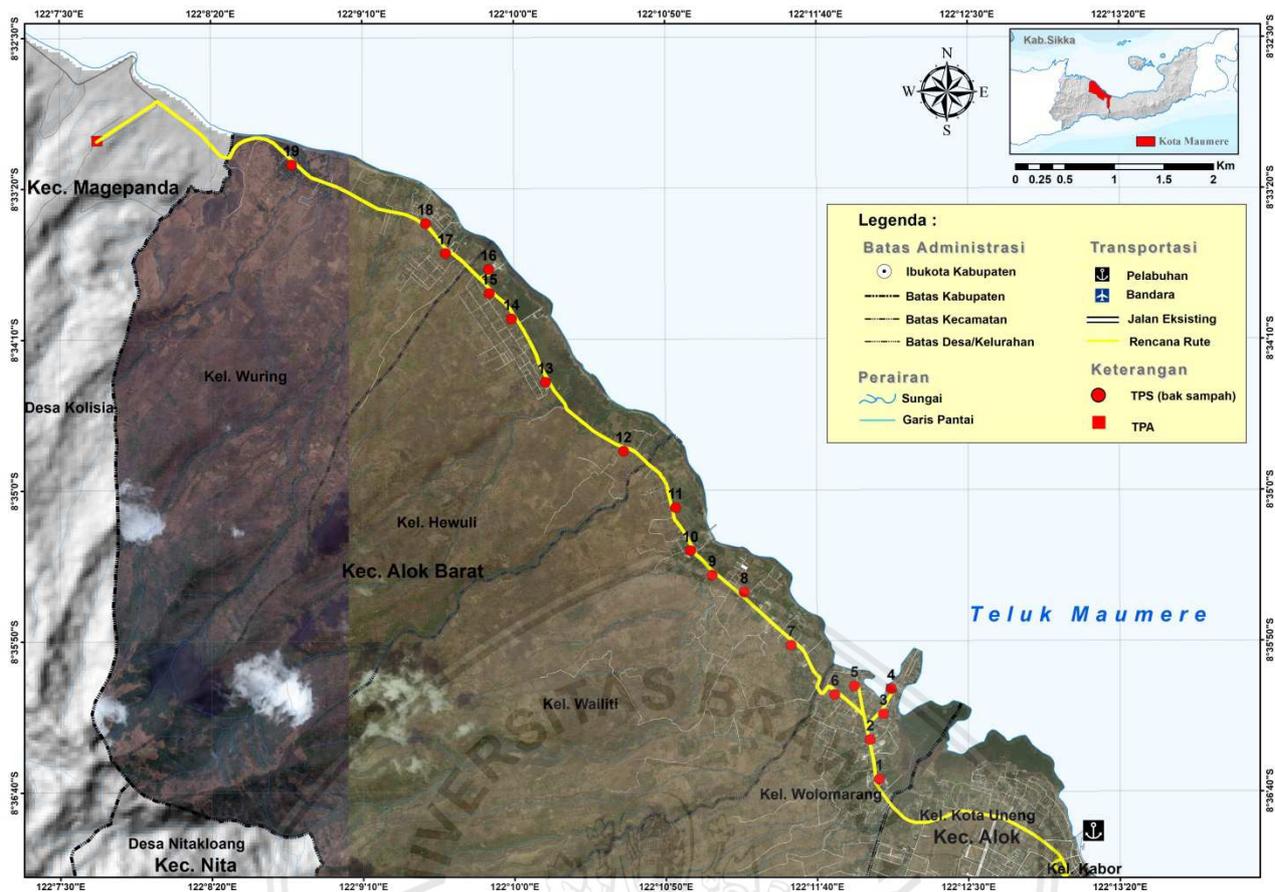
Berdasarkan hasil analisis tabel 5.26 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *dump truck* mobil 1 untuk melayani Kecamatan Alok Barat adalah sekitar 56,459 km dengan total waktu tempuh 2 jam 33 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.14 Peta rencana rute pengangkutan *dump truck* Kecamatan Alok Barat.

Mobil 2Tabel 5.27 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah *dump truck* mobil 2 Kecamatan Alok Barat

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
GR-BS11	40	8,874	0,22	1	0,22
BS 11-BS12	20	0,826	0,04	0	0,04
BS12-BS13	20	1,054	0,05	0	0,05
BS13-BS14	20	0,733	0,04	0	0,04
BS14-BS15	20	0,349	0,02	0	0,02
BS15-TPA	40	4,963	0,12	0	0,12
TPA-BS16	40	4,907	0,12	0	0,12
BS16-BS17	20	0,563	0,03	0	0,03
BS17-BS18	20	0,355	0,02	0	0,02
BS18-BS19	20	1,485	0,07	0	0,07
BS19-TPA	40	2,515	0,06	0	0,06
TPA-GR	40	16,793	0,42	1	0,42
Total		43,417	1,02	2	1,03

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis tabel 5.27 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *dump truck* mobil 1 untuk melayani Kecamatan Alok Barat adalah sekitar 43,417 km dengan total waktu tempuh 1 jam 2 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.14 Peta rencana rute pengangkutan *dump truck* Kecamatan Alok Barat.



Gambar 5.14 Peta rencana rute pengangkutan *dump truck* Kecamatan Alok Barat.

Perhitungan emisi kendaraan *dump truck* yang melayani Kecamatan Alok setelah adanya perencanaan rute *dump truck* dapat dilihat pada tabel 5.28 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah *dump truck* di Kecamatan Alok Barat.

Tabel 5.28 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah *dump truck* di Kecamatan Alok Barat

Kendaraan	Rencana			
	Σ panjang rute (km)	Faktor Emisi		
		CO _x (1)	HC _x (1)	NO _{xx} (1)
	(1)	CO	HC	NO _x
		(g/km)	(g/km)	(g/km)
		8,4	1,8	17,7
Mobil 1	56,459	474,26	101,63	999,32
Mobil 2	43,417	364,70	78,15	768,48
Total	99,88	838,96	179,78	1.767,81

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis terkait emisi gas buang, total emisi gas buang untuk kandungan CO adalah 838,96 g/km, untuk kandungan HC adalah 179,78 g/km dan untuk kandungan NOx adalah 1.767,81 g/km dengan total panjang rute adalah 99,88 km untuk Kecamatan Alok Barat dengan rencana penambahan 2 unit *dump truck*.

Untuk perhitungan biaya bahan bakar kendaraan *dump truck* yang melayani Kecamatan Alok Barat, biaya operasional bahan bakar total perharinya adalah sekitar Rp.73.553,68. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada tabel 5.29 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *dump truck* di Kecamatan Alok.

Tabel 5.29 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *dump truck* Kecamatan Alok Barat.

Kendaraan	Rencana	
	1	(1)x Rp.736,45
	Σ panjang rute (km)	Biaya (Rp)
Mobil 1	56,459	41.579,23
Mobil 2	43,417	31.974,45
Total	99,88	73.553,68

Sumber : Hasil Analisis

5.6.2 Rencana Kebutuhan *Arm Roll Truck*

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya rancana penambahan *arm roll truck* dengan kapasitas 6m^3 yang melayani 3 kecamatan yang ada di Kota maumere yaitu, untuk Kecamatan Alok Timur dengan kebutuhan 2 unit kendaraan untuk mengangkut 7 kontainer, Kecamatan Alok dengan kebutuhan 4 unit untuk mengangkut 12 kontainer dan Kecamatan Alok Barat dengan kebutuhan 1 unit unit untuk mengangkut 3 kontainer. Total kebutuhan kendaraan *arm roll truck* yang melayani Kota Maumere adalah 7 unit dari kondisi eksisting jumlah kendaraan *dump truck* adalah 4 unit kendaraan.

- Rencana rute pengangkutan sampah *arm roll truck* Kecamatan Alok Timur.

Mobil 1

Tabel 5.30 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* mobil 1 Kecamatan Alok Timur

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
GR-K1	40	0,337	0,01	1	0,01
K1-TPA	40	16,445	0,41	1	0,41
TPA-K2	40	15,340	0,38	1	0,38
K2-TPA	40	15,337	0,38	1	0,38
TPA-K3	40	15,278	0,38	1	0,38
K3-TPA	40	15,280	0,38	1	0,38
TPA-K4	40	15,618	0,39	1	0,39
K4-TPA	40	15,618	0,39	1	0,39
TPA-GR	40	16,784	0,42	1	0,42
Total		126,037	5,15	9	5,19

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis tabel 5.30 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *arm roll truck* mobil 1 untuk melayani Kecamatan Alok Timur adalah sekitar 126,037 km dengan total waktu tempuh 5 jam 19 menit. Untuk rencana

rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.15 Peta rencana rute pengangkutan *arm roll truck* Kecamatan Alok Timur.

Mobil 2

Tabel 5.31 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* mobil 2 Kecamatan Alok Timur

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
GR-K5	40	2,267	0,06	2	0,06
K5-TPA	40	15,141	0,38	1	0,38
TPA-K6	40	15,124	0,38	1	0,38
K6-TPA	40	15,169	0,38	1	0,38
TPA-K7	40	14,950	0,37	1	0,37
K7-TPA	40	14,690	0,37	1	0,37
TPA-GR	40	16,784	0,42	1	0,42
Total		94,125	3,55	8	3,59

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis tabel 5.31 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *arm roll truck* mobil 2 untuk melayani Kecamatan Alok Timur adalah sekitar 94,125 km dengan total waktu tempuh 3 jam 59 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.15 Peta rencana rute pengangkutan *arm roll truck* Kecamatan Alok Timur.



Gambar 5.15 Peta rencana rute pengangkutan *arm roll truck* Kecamatan Alok Timur.

Perhitungan emisi kendaraan *arm roll truck* yang melayani Kecamatan Alok Timur setelah adanya perencanaan *arm roll truck* dapat dilihat pada tabel 5.32 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* di Kecamatan Alok Timur.

Tabel 5.32 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah untuk *arm roll truck* di Kecamatan Alok Timur.

Kendaraan	Rencana			
	Σ panjang rute (km) (1)	Faktor Emisi		
		CO _x (1)	HC _x (1)	NO _{xx} (1)
		CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)
		8,4	1,8	17,7
Mobil 1	126,037	1.058,71	226,87	2.230,85
Mobil 2	94,125	790,65	169,43	1.666,01
Total	220,16	1.849,36	396,29	3.896,87

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis terkait emisi gas buang, total emisi gas buang untuk kandungan CO adalah 1.849,36 g/km, untuk kandungan HC adalah 396,29 g/km dan untuk kandungan NOx adalah 3.896,87 g/km dengan total panjang rute adalah 220,16 km untuk Kecamatan Alok Timur dengan rencana 2 unit *arm roll truck*.

Untuk perhitungan biaya bahan bakar kendaraan *arm roll truck* yang melayani Kecamatan Alok Timur, biaya operasional bahan bakar total perharinya adalah sekitar Rp.162.138,30. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada tabel 5.33 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* di Kecamatan Alok Timur.

Tabel 5.33 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* di Kecamatan Alok Timur.

Kendaraan	Rencana	
	1	(1)x Rp.736,45
	Σ panjang rute (km)	Biaya (Rp)
Mobil 1	126,037	92.819,95
Mobil 2	94,125	69.318,36
Total	220,16	162.138,30

Sumber : Hasil Analisis

- Rencana rute pengangkutan sampah *arm roll truck* Kecamatan Alok.

Mobil 1

Tabel 5.34 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* mobil 1 Kecamatan Alok

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Traffic light	Total waktu tempuh (menit)
GR-K1	40	2,438	0,06	1	0,06
K1-TPA	40	14,348	0,36	0	0,36
TPA-K2	40	13,279	0,33	0	0,33
K2-TPA	40	13,279	0,33	0	0,33
TPA-K3	40	12,922	0,32	0	0,32
K3-TPA	40	12,922	0,32	0	0,32
TPA-GR	40	16,851	0,42	1	0,42
Total		86,039	3,35	2	3,36

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis tabel 5.34 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *arm roll truck* mobil 1 untuk melayani Kecamatan Alok adalah sekitar 86,039 km dengan total waktu tempuh 3 jam 36 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.16 Peta rencana rute pengangkutan *arm roll truck* Kecamatan Alok.

Mobil 2Tabel 5.35 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* mobil 2 Kecamatan Alok

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
GR-K4	40	2,926	0,07	4	0,09
K4-TPA	40	14,690	0,37	1	0,37
TPA-K5	40	14,068	0,35	0	0,38
K5-TPA	40	14,068	0,35	0	0,38
TPA-K6	40	13,930	0,35	0	0,37
K6-TPA	40	13,930	0,35	0	0,37
TPA-GR	40	16,851	0,42	1	0,42
Total		90,463	3,46	6	3,49

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis tabel 5.35 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *arm roll truck* mobil 2 untuk melayani Kecamatan Alok adalah sekitar 90,463 km dengan total waktu tempuh 3 jam 49 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.16 Peta rencana rute pengangkutan *arm roll truck* Kecamatan Alok.

Mobil 3

Tabel 5.36 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* mobil 3 Kecamatan Alok

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Traffic light	Total waktu tempuh (menit)
GR-K7	40	4,062	0,10	4	0,12
K7-TPA	40	13,574	0,34	0	0,34
TPA-K8	40	13,115	0,33	0	0,33
K8-TPA	40	13,115	0,33	0	0,33
TPA-K9	40	12,811	0,32	0	0,32
K9-TPA	40	12,683	0,32	0	0,32
TPA-GR	40	16,851	0,42	1	0,42
Total		86,211	3,36	5	3,38

Sumber : Hasil Analisis

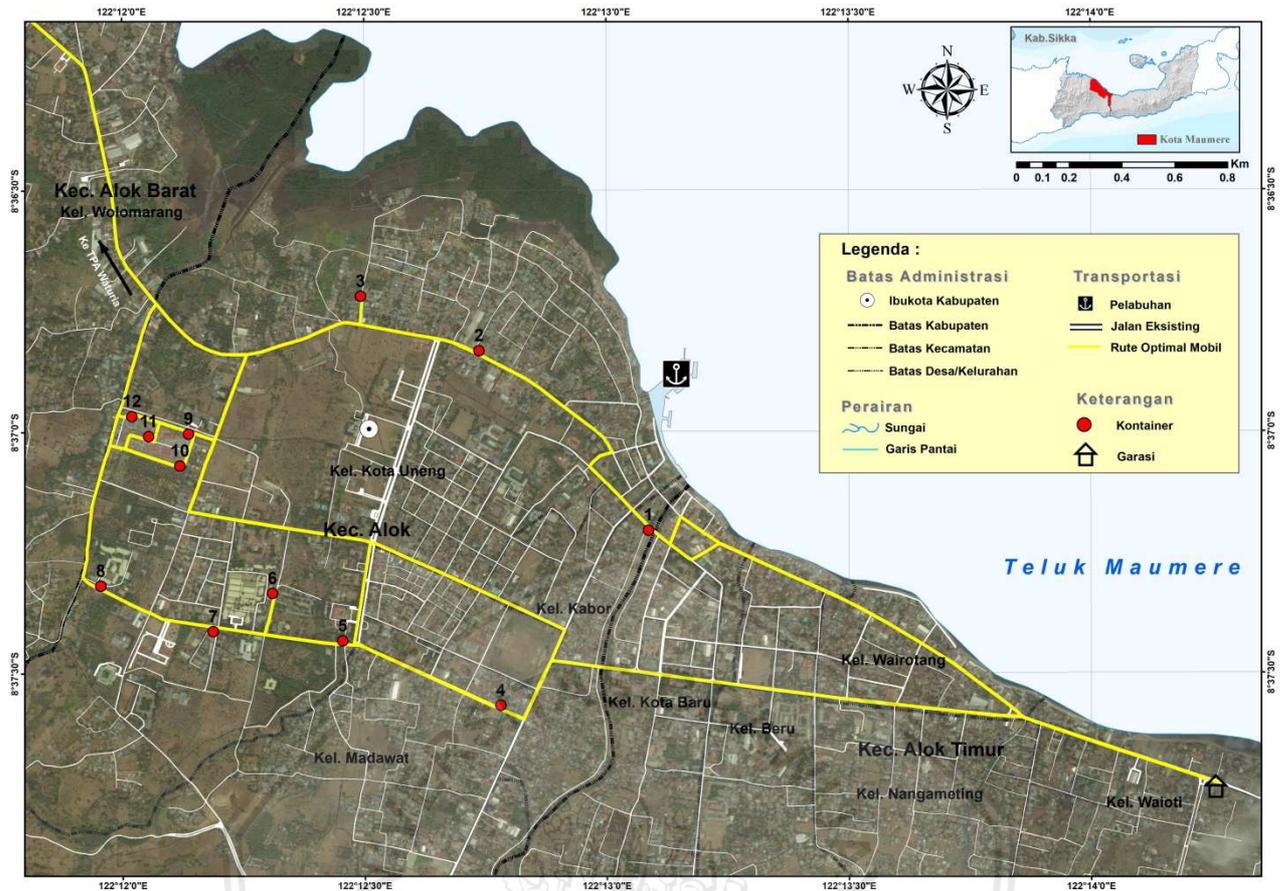
Berdasarkan hasil analisis tabel 5.36 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *arm roll truck* mobil 3 untuk melayani Kecamatan Alok adalah sekitar 86,211 km dengan total waktu tempuh 3 jam 38 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.16 Peta rencana rute pengangkutan *arm roll truck* Kecamatan Alok.

Mobil 4Tabel 5.37 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah untuk *arm roll truck* mobil 4 Kecamatan Alok

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
GR-K10	40	4,731	0,12	4	0,14
K10-TPA	40	12,797	0,32	0	0,32
TPA-K11	40	13,029	0,33	0	0,33
K11-TPA	40	12,704	0,32	0	0,32
TPA-K12	40	13,037	0,33	0	0,33
K12-TPA	40	12,463	0,31	0	0,31
TPA-GR	40	16,851	0,42	1	0,42
Total		85,612	3,34	5	3,36

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis tabel 5.37 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *arm roll truck* mobil 4 untuk melayani Kecamatan Alok adalah sekitar 85,412 km dengan total waktu tempuh 3 jam 36 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.16 Peta rencana rute pengangkutan *arm roll truck* Kecamatan Alok.



Gambar 5.16 Peta rencana rute pengangkutan *arm roll truck* Kecamatan Alok.

Perhitungan emisi kendaraan *arm roll truck* yang melayani Kecamatan Alok setelah adanya perencanaan *arm roll truck* dapat dilihat pada tabel 5.38 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* di Kecamatan Alok.

Tabel 5.38 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* di Kecamatan Alok.

Kendaraan	Σ panjang rute (km) (1)	Rencana		
		Faktor Emisi		
		CO _x (1) CO (g/km)	HC _x (1) HC (g/km)	NO _{xx} (1) NO _x (g/km)
		8,4	1,8	17,7
Mobil 1	86,039	722,73	154,87	1.522,89
Mobil 2	90,463	759,89	162,83	1.601,20
Mobil 3	86,211	724,17	155,18	1.525,93
Mobil 4	85,612	719,14	154,10	1.515,33
Total	348,33	2.925,93	626,99	5.165,35

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis terkait emisi gas buang, total emisi gas buang untuk kandungan CO adalah 2.925,93 g/km, untuk kandungan HC adalah 626,99 g/km dan untuk kandungan NOx adalah 6.165,35 g/km dengan total panjang rute adalah 348,33 km untuk Kecamatan Alok dengan rencana 4 unit *arm roll truck*.

Untuk perhitungan biaya bahan bakar kendaraan *arm roll truck* yang melayani Kecamatan Alok, biaya operasional bahan bakar total perharinya adalah sekitar Rp.256.523,95. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada tabel 5.39 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* di Kecamatan Alok.

Tabel 5.39 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* di Kecamatan Alok.

Kendaraan	Rencana	
	1 Σ panjang rute (km)	(1)x Rp.736,45 Biaya (Rp)
Mobil 1	86,039	63.363,42
Mobil 2	90,463	66.621,48
Mobil 3	86,211	63.490,09
Mobil 4	85,612	63.048,96
Total	348,33	256.523,95

Sumber : Hasil Analisis

- Rencana rute pengangkutan sampah *arm roll truck* Kecamatan Alok Barat.

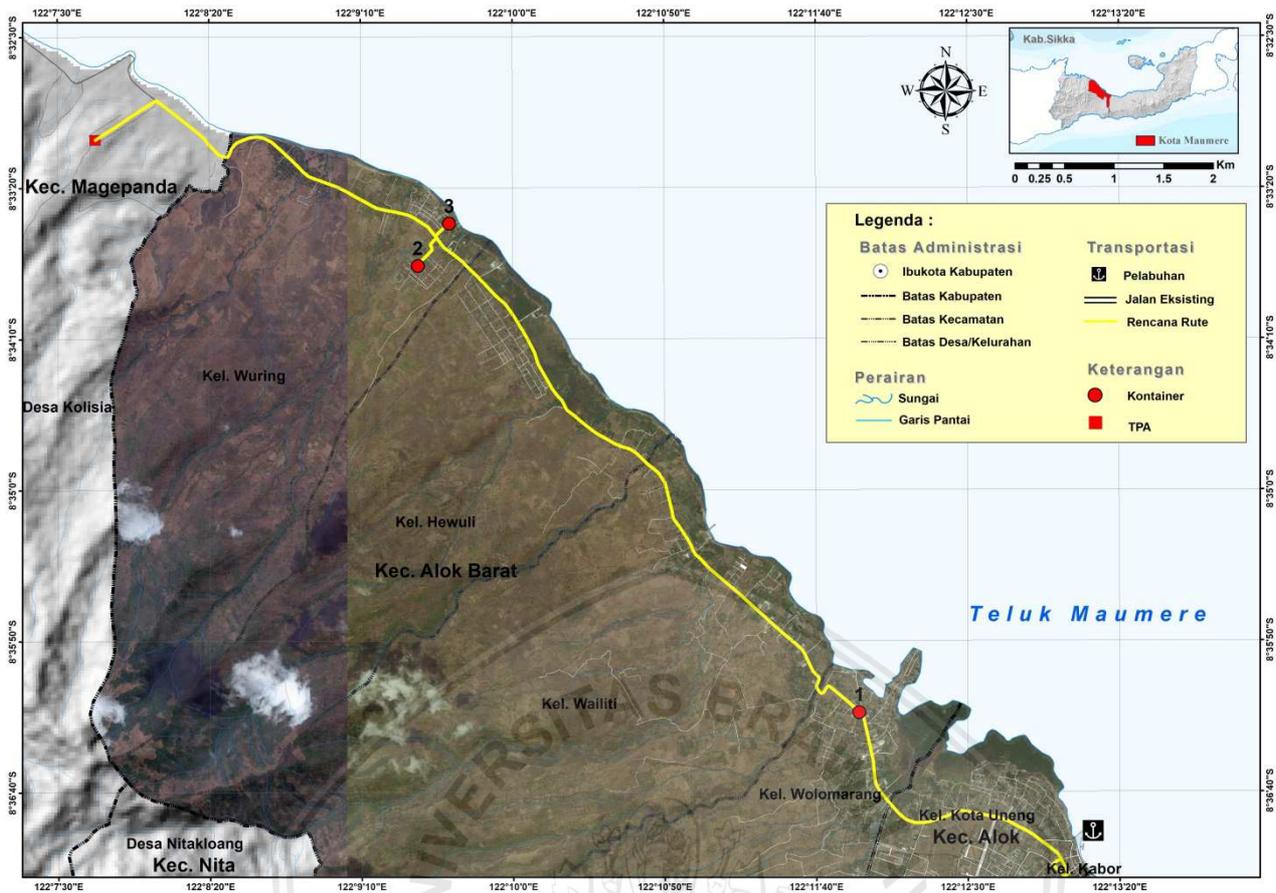
Mobil 1

Tabel 5.40 Perhitungan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* mobil 1 Kecamatan Alok Barat

	(1)	(2)	(2)/(1) = x	(3)	x+(3)
Rute	Kecepatan (km/Jam)	Jarak (km)	waktu tempuh (menit)	Trafic light	Total waktu tempuh (menit)
GR-K1	40	5,840	0,15	1	0,15
K1-TPA	40	10,941	0,27	0	0,27
TPA-K2	40	4,551	0,11	0	0,11
K2-TPA	40	4,551	0,11	0	0,11
TPA-K3	40	4,358	0,11	0	0,11
K3-TPA	40	4,358	0,11	0	0,11
TPA-GR	40	16,784	0,42	1	0,42
Total		51,383	2,08	2	2,09

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis tabel 5.40 di atas, diketahui jarak tempuh kendaraan *arm roll truck* mobil 1 untuk melayani Kecamatan Alok Barat adalah sekitar 51,383 km dengan total waktu tempuh 2 jam 9 menit. Untuk rencana rute pengangkutan dapat dilihat pada gambar 5.17 Peta rencana rute pengangkutan *arm roll truck* Kecamatan Alok Barat.



Gambar 5.17 Peta rencana rute pengangkutan *arm roll truck* Kecamatan Alok Barat

Perhitungan emisi kendaraan *arm roll truck* yang melayani Kecamatan Alok Barat setelah adanya perencanaan *arm roll truck* dapat dilihat pada tabel 5.41 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* di Kecamatan Alok Barat.

Tabel 5.41 Perhitungan emisi kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* di Kecamatan Alok Barat.

Kendaraan	Rencana			
	Σ panjang rute (km) (1)	Faktor Emisi		
		CO _x (1) CO (g/km) 8,4	HC _x (1) HC (g/km) 1,8	NO _{xx} (1) NO _x (g/km) 17,7
Mobil 1	51,383	431,62	92,49	909,48
Total	51,383	431,62	92,49	909,48

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis terkait emisi gas buang, total emisi gas buang untuk kandungan CO adalah 431,62 g/km, untuk kandungan HC adalah 92,49 g/km dan untuk kandungan NOx adalah 909,48 g/km dengan total panjang rute adalah 51,383 km untuk Kecamatan Alok Barat dengan rencana 1 unit *arm roll truck*.

Untuk perhitungan biaya bahan bakar kendaraan *arm roll truck* yang melayani Kecamatan Alok Barat, biaya operasional bahan bakar total perharinya adalah sekitar Rp.37.841,01. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada tabel 5.42 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* Kecamatan Alok Barat.

Tabel 5.42 Perhitungan biaya operasional kendaraan pengangkut sampah *arm roll truck* di Kecamatan Alok Barat.

Kendaraan	Rencana	
	1	(1)xRp.736,45
	Σ panjang rute (km)	Biaya (Rp)
Mobil 1	51,383	37.841,01
Total	51,383	37.841,01

Sumber : Hasil Analisis

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Dilihat dari kondisi eksisting sistem pengangkutan persampahan di lokasi penelitian belum berjalan secara efektif yakni dari 73 TPS yang ada masih terdapat 13% jumlah sampah yang tidak terangkut perharinya atau sekitar $30,66 \text{ m}^3$, serta berdasarkan hasil perbandingan kondisi eksisting dan SNI 3242:2008 terkait kebutuhan TPS/kontainer dan kendaraan pengangkut sampah, maka diperoleh informasi untuk wilayah Kecamatan Alok Timur dengan persentase penduduk yang terlayani 92% atau sekitar 2.519 jiwa yang belum terlayani dengan butuh penambahan 6 unit TPS berupa bak sampah dengan volume 2 m^3 , 1 unit kendaraan *dump truck* dengan kapasitas volume 8 m^3 dan kebutuhan 2 unit *arm roll truck* untuk mengangkut 7 kontainer dengan kapasitas volume 6 m^3 . Wilayah Kecamatan Alok dengan persentase penduduk yang terlayani 100%, namun masih membutuhkan penambahan kendaraan alat angkut sampah 3 unit *dump truck* dengan kapasitas volume 8 m^3 dan kebutuhan 4 unit *arm roll truck* untuk mengangkut 12 kontainer dengan kapasitas volume 6 m^3 . Wilayah Kecamatan Alok Barat dengan persentase penduduk yang terlayani 62% atau sekitar 6.909 jiwa yang belum terlayani dengan butuh penambahan 17 unit TPS berupa bak sampah dengan volume 2 m^3 , atau dengan 2 unit kontainer sampah dengan volume 2 m^3 karena di wilayah ini masih terdapat lahan kosong yang dapat digunakan sebagai tempat peletakan kontainer, 1 unit kendaraan *dump truck* dengan kapasitas volume 8 m^3 dan kebutuhan 1 unit *arm roll truck* untuk mengangkut 3 kontainer.
2. Adanya selisih panjang rute dan durasi waktu perjalanan antara rute eksisting dan rute tercepat tiap kendaraan pengangkut sampah dengan *arm roll truck* dengan perbandingan sebagai berikut
 - Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi EB 924, memiliki total panjang rute eksisting dari garasi ke setiap kontainer sampai ke

TPA dan kembali lagi ke garasi adalah 185,684 km dengan total durasi perjalanan 5,33 menit, sedangkan untuk rute terpendeknya dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi diperoleh total panjang rute 182,901 km dengan total durasi perjalanan 5,0 menit.

- Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi EB 921, memiliki total panjang rute eksisting dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi adalah 144,783 km dengan total durasi perjalanan 4,23 menit, sedangkan untuk rute terpendeknya dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi diperoleh total panjang rute 143,962 km dengan total durasi perjalanan 4,02 menit.
- Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi DH 1010, memiliki total panjang rute eksisting dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi adalah 161,761 km dengan total durasi perjalanan 4,23 menit, sedangkan untuk rute terpendeknya dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi diperoleh total panjang rute 161,043 km dengan total durasi perjalanan 4,08 menit.
- Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi DH 8016, memiliki total panjang rute eksisting dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi adalah 108,340 km dengan total durasi perjalanan 3,29 menit, sedangkan untuk rute terpendeknya dari garasi ke setiap kontainer sampai ke TPA dan kembali lagi ke garasi diperoleh total panjang rute 107,077 km dengan total durasi perjalanan 3,08 menit.

Untuk perencanaan kendaraan pengangkut sampah yang meliputi adanya penambahan armada *dump truck* maupun *arm roll truck* terbagi dalam 3 wilayah operasional dengan perhitungan sebagai berikut :

- Perencanaan kendaraan *dump truck*, yang melayani Kecamatan Alok Timur, terdiri atas 3 unit kendaraan dengan total jarak tempuh perharinya adalah 206,203 km. Sedangkan perencanaan kendaraan

arm roll truck terdiri dari 2 unit kendaraan dengan total jarak tempuh perharinya adalah 220,16 km.

- Perencanaan kendaraan *dump truck*, yang melayani Kecamatan Alok, terdiri atas 3 unit kendaraan dengan total jarak tempuh perharinya adalah 198,90 km. Sedangkan perencanaan kendaraan *arm roll truck* terdiri dari 4 unit kendaraan dengan total jarak tempuh perharinya adalah 348,33 km.
- Perencanaan kendaraan *dump truck*, yang melayani Kecamatan Alok Barat, terdiri atas 2 unit kendaraan dengan total jarak tempuh perharinya adalah 99,88 km. Sedangkan perencanaan kendaraan *arm roll truck* terdiri dari 1 unit kendaraan dengan total jarak tempuh perharinya adalah 51,383 km.

3. Dampak ekonomi dan lingkungan dengan adanya rute optimal eksisting adalah :

- Dampak ekonomi yaitu terjadi penghematan biaya operasional perharinya yaitu sebesar Rp. 4.113.07. Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi EB 924, untuk kondisi sebelum adanya rute optimal total biaya bahan bakar solar perhari adalah Rp.136.746,98 dan kondisi sesudah adanya rute optimal total biaya bahan bakar solar perhari turun menjadi adalah Rp.134.697,44. Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi EB 921, untuk kondisi sebelum adanya rute optimal total biaya bahan bakar solar perhari adalah Rp.106.625,44 dan kondisi sesudah adanya rute optimal total biaya bahan bakar solar perhari turun menjadi adalah Rp.106.020,81. Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi DH 1010, untuk kondisi sebelum adanya rute optimal total biaya bahan bakar solar perhari adalah Rp.119.128,89 dan kondisi sesudah adanya rute optimal total biaya bahan bakar solar perhari turun menjadi adalah Rp.118.600,12. Kendaraan *arm roll truck* dengan nomor polisi DH 8016, untuk kondisi sebelum adanya rute optimal total biaya bahan bakar solar perhari adalah Rp.79.786,99 dan kondisi sesudah

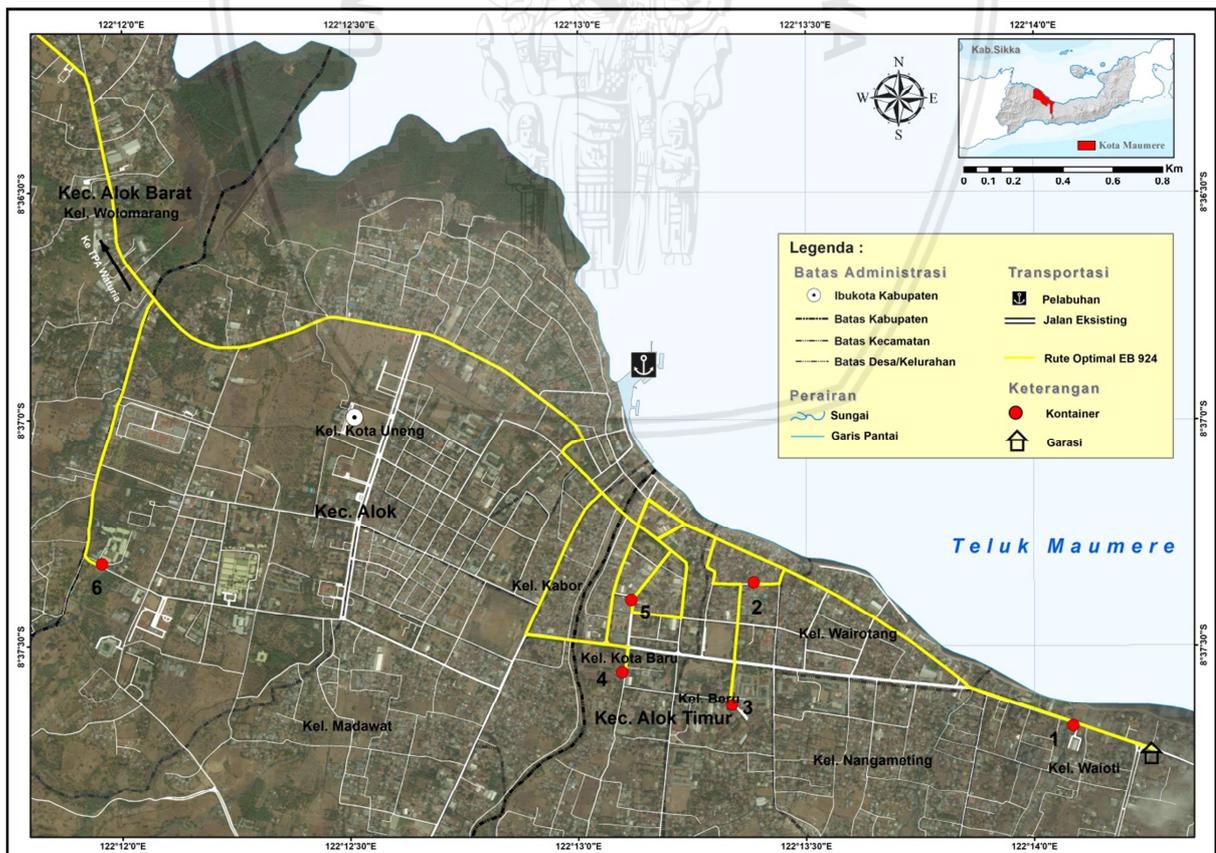
adanya rute optimal total biaya bahan bakar solar perhari turun menjadi adalah Rp.78.856,86.

- Dampak lingkungan dengan adanya optimasi rute berdasarkan hasil analisis, jumlah emisi CO, CH, dan NO_x dari kendaraan pengangkut sampah, selisih emisi yang dihasilkan perharinya yaitu untuk kendaraan **EB 924** dengan selisih CO 23,4 g/km, HC 5,0 g/km dan NO_x 49,3 g/km, untuk kendaraan **EB 921** dengan selisih CO 6,9 g/km, HC 1,5 g/km dan NO_x 14,5 g/km, untuk kendaraan **DH 1010** dengan selisih CO 6,0 g/km, HC 1,3 g/km dan NO_x 12,7 g/km, dan terakhir untuk kendaraan **DH 8016** dengan selisih CO 10,6 g/km, HC 2,3 g/km dan NO_x 22,4 g/km.
- Perhitungan biaya operasional ketika adanya perencanaan penambahan unit kendaraan adalah sebagai berikut, untuk Kecamatan Alok Timur dengan rencana 3 unit kendaraan *dump truck* dengan biaya bahan bakar solar perhari adalah Rp. 151.858,20, sedangkan untuk kendaraan *arm roll truck* direncanakan 2 unit kendaraan dengan biaya bahan bakar solar perhari adalah Rp. 162.138,30. Untuk Kecamatan Alok dengan rencana 3 unit kendaraan *dump truck* dengan biaya bahan bakar solar perhari adalah Rp. 146.479,91 , sedangkan untuk kendaraan *arm roll truck* di rencanakan 4 unit kendaraan dengan biaya bahan bakar solar perhari adalah Rp. 256.523,95. Untuk Kecamatan Alok Barat dengan rencana 2 unit kendaraan *dump truck* dengan biaya bahan bakar solar perhari adalah Rp. 73.553,68 , sedangkan untuk kendaraan *arm roll truck* direncanakan 1 unit kendaraan dengan biaya bahan bakar solar perhari adalah Rp. 37.841,01.

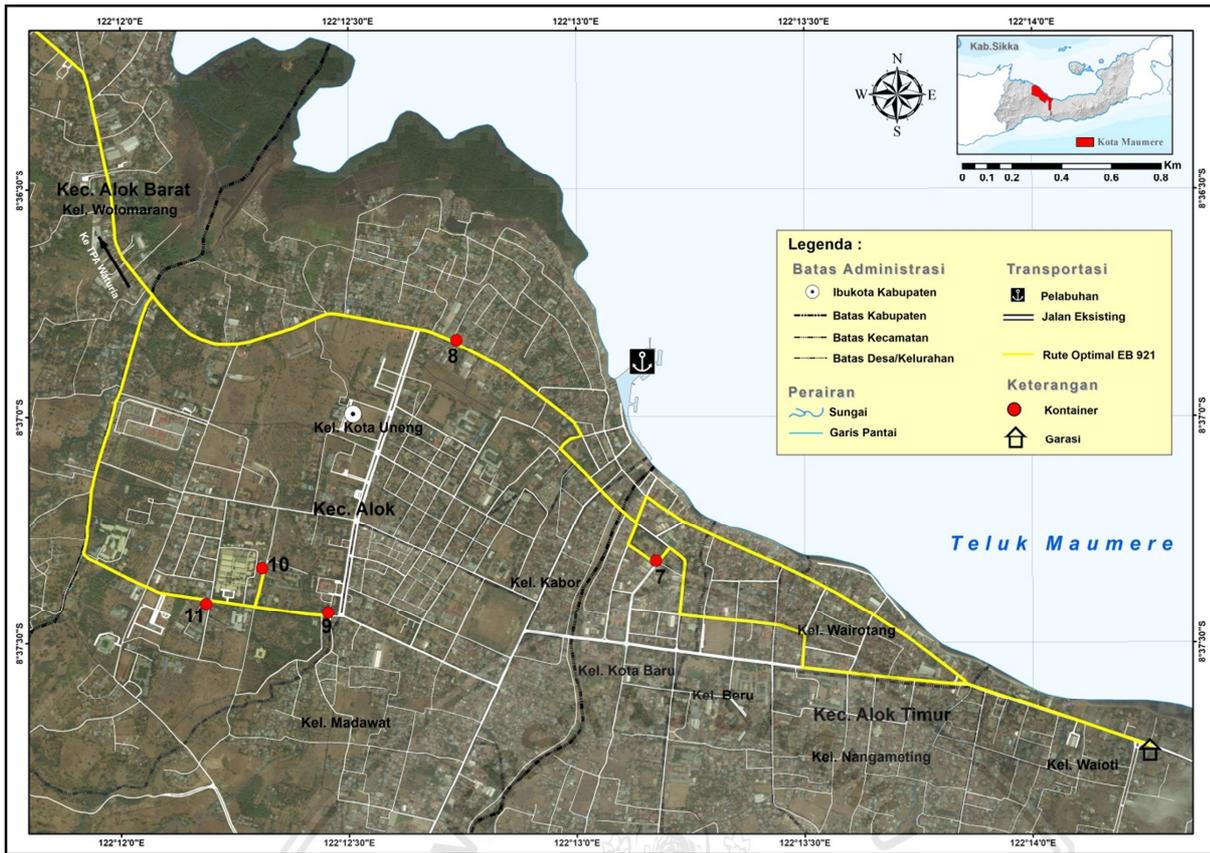
6.2. Saran

Beberapa saran yang dapat digunakan oleh pihak terkait untuk efektifitas sistem pengangkutan sampah di Kota Maumere, antara lain :

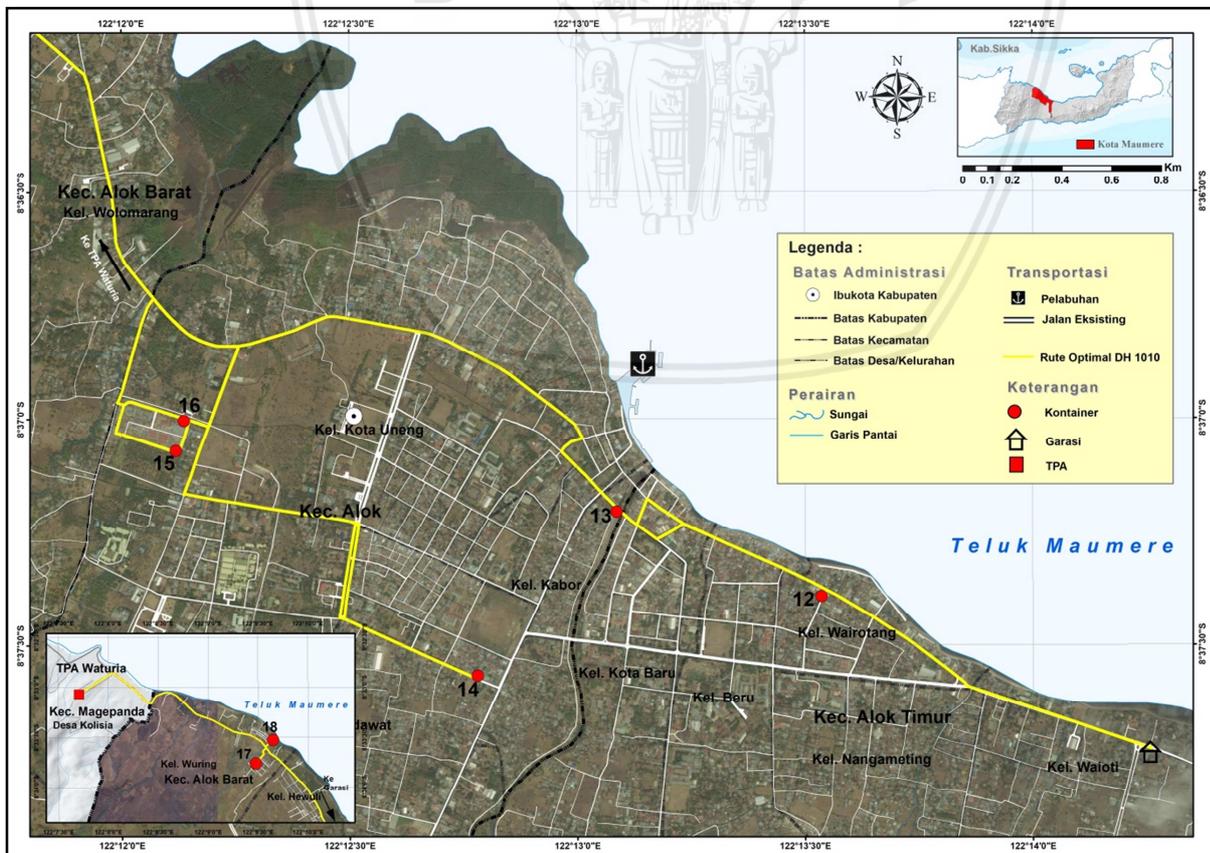
1. Perlunya adanya penambahan sarana pengangkutan sampah untuk Kecamatan Alok Timur butuh penambahan 6 unit TPS berupa bak sampah dengan volume 2m^3 , 3 unit kendaraan *dump truck* dengan kapasitas volume 8m^3 dan kebutuhan 2 unit *arm roll truck* untuk mengangkut 7 kontainer dengan kapasitas volume 6m^3 , wilayah Kecamatan Alok butuh penambahan kendaraan alat angkut sampah 3 unit *dump truck* dengan kapasitas volume 8m^3 dan kebutuhan 4 unit *arm roll truck* untuk mengangkut 12 kontainer dengan kapasitas volume 6m^3 dan wilayah Kecamatan Alok Barat butuh penambahan 17 unit TPS berupa bak sampah dengan volume 2m^3 , atau 2 unit kontainer sampah dengan volume 2m^3 , 2 unit kendaraan *dump truck* dengan kapasitas volume 8m^3 dan kebutuhan 1 unit *arm roll truck* untuk mengangkut 3 kontainer.
2. Perlunya perbaikan rute pengangkutan sampah dengan *arm roll truck* dengan rekomendasi untuk kondisi eksisting sebagai berikut :



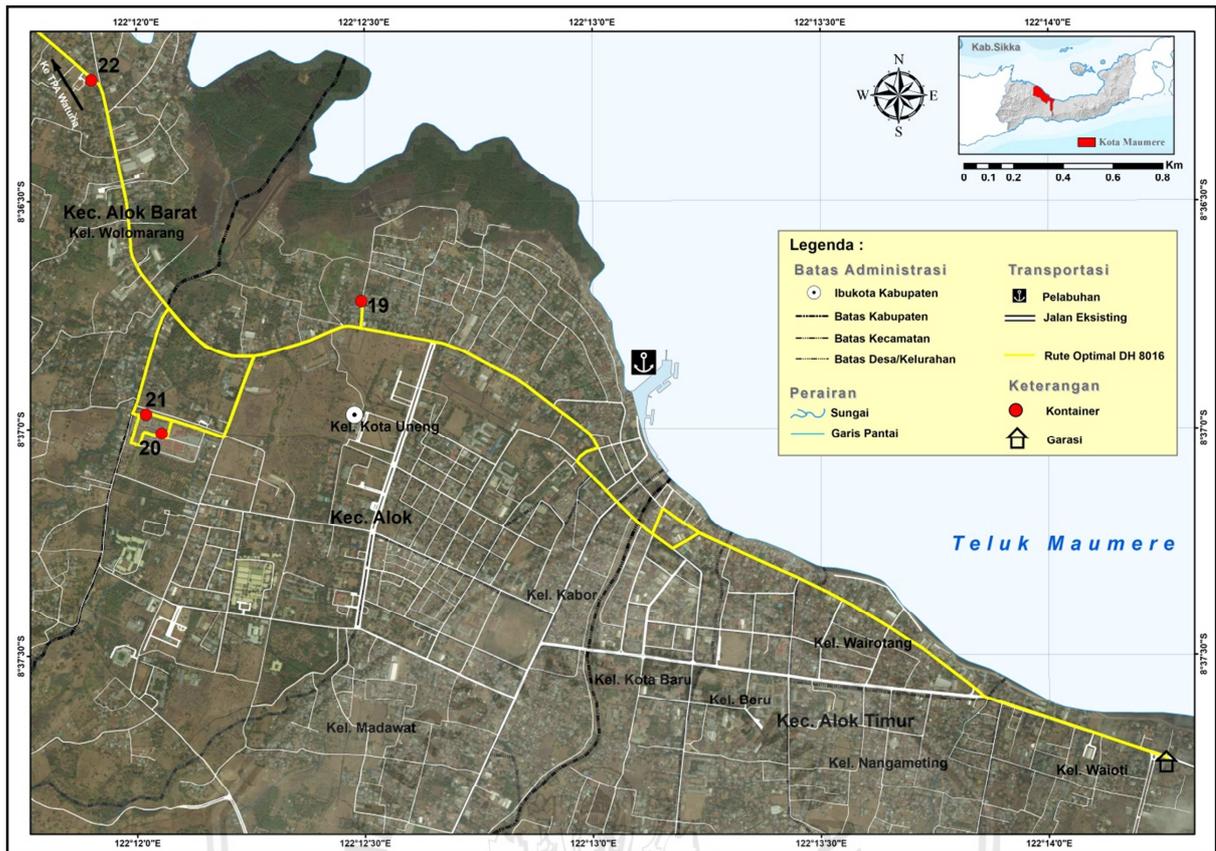
Gambar 6.1 Rute optimal kendaraan *arm roll truck* EB 924



Gambar 6.2 Rute optimal kendaraan arm roll truck EB 921

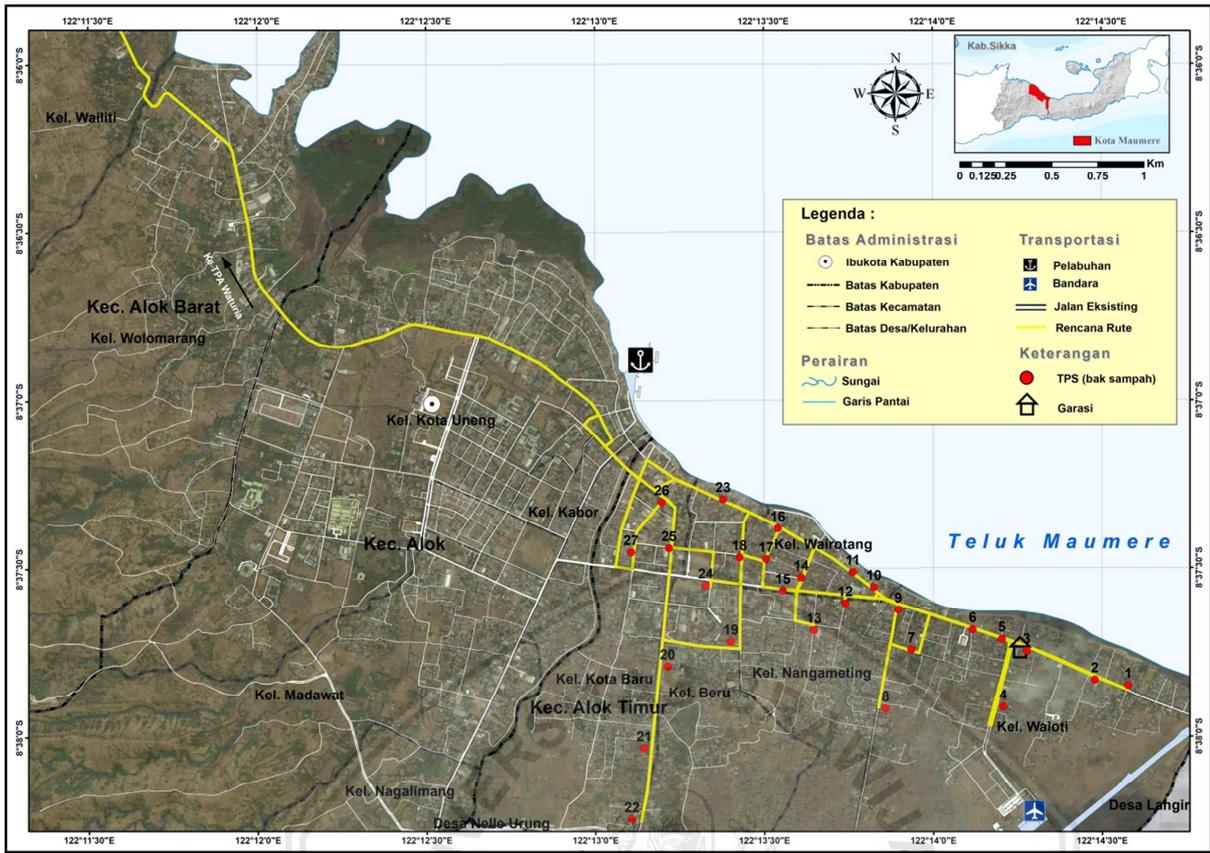


Gambar 6.3 Rute optimal kendaraan arm roll truck DH 1010

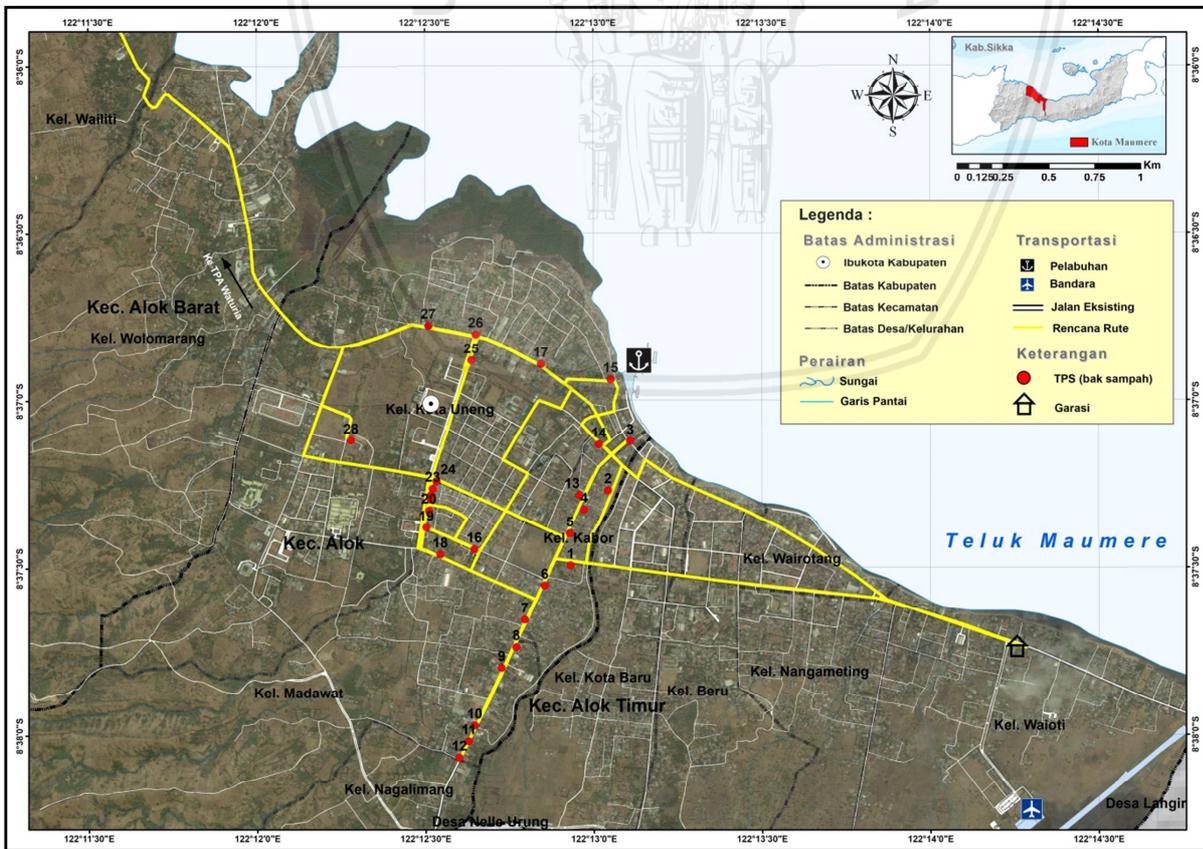


Gambar 6.4 Rute optimal kendaraan *arm roll truck* DH 8016

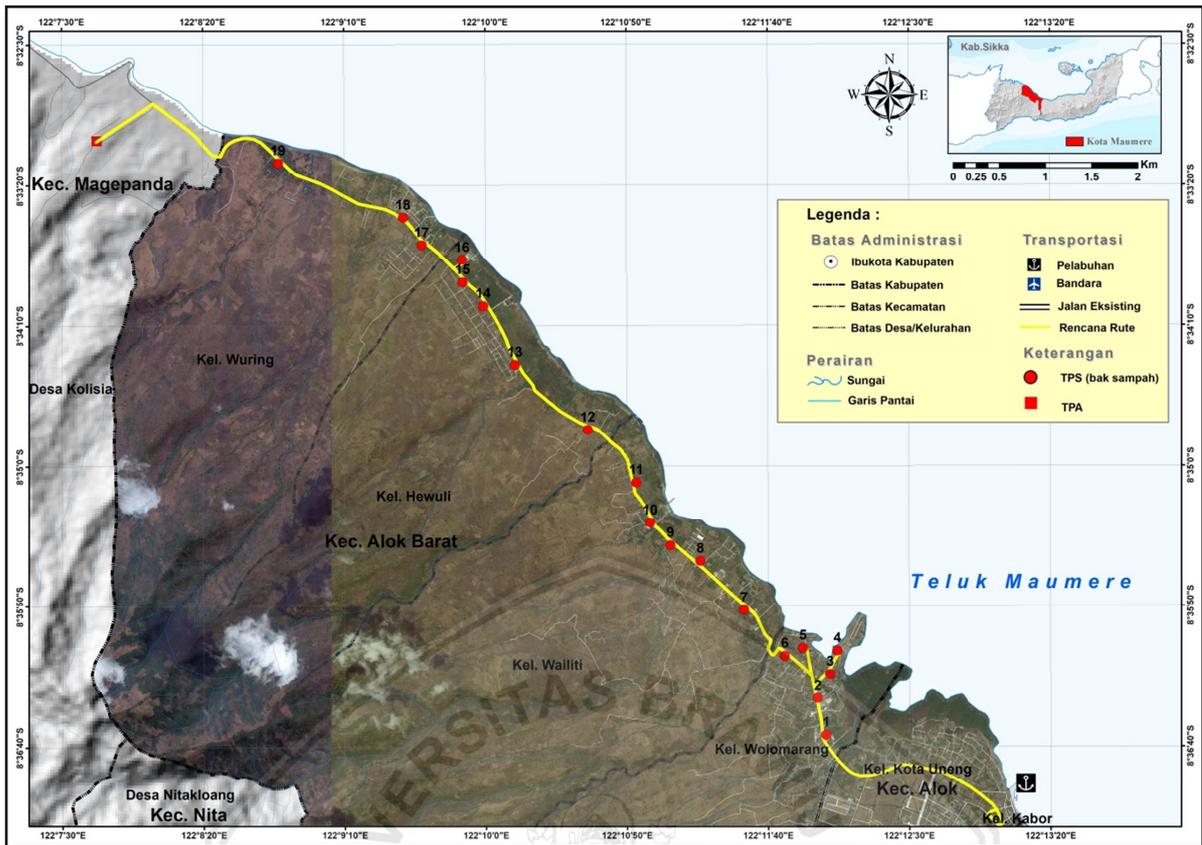
Untuk rencana rute pengangkutan optimal ketika adanya penambahan sarana pengangkutan sambah berupa *dump truck* dan *arm roll truck* adalah sebagai berikut :



Gambar 6.5 Rute rencana optimal kendaraan *dump truck* Kecamatan Alok Timur



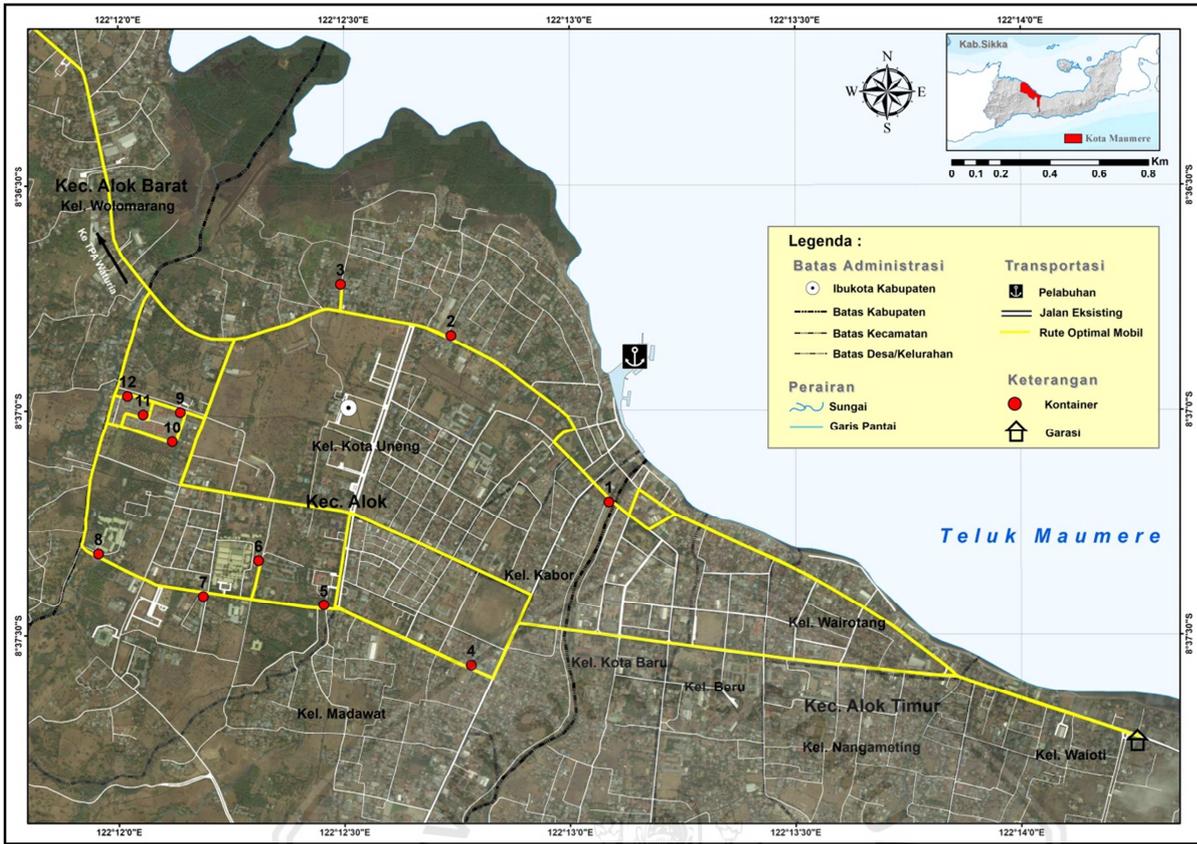
Gambar 6.6 Rute rencana optimal kendaraan *dump truck* Kecamatan Alok



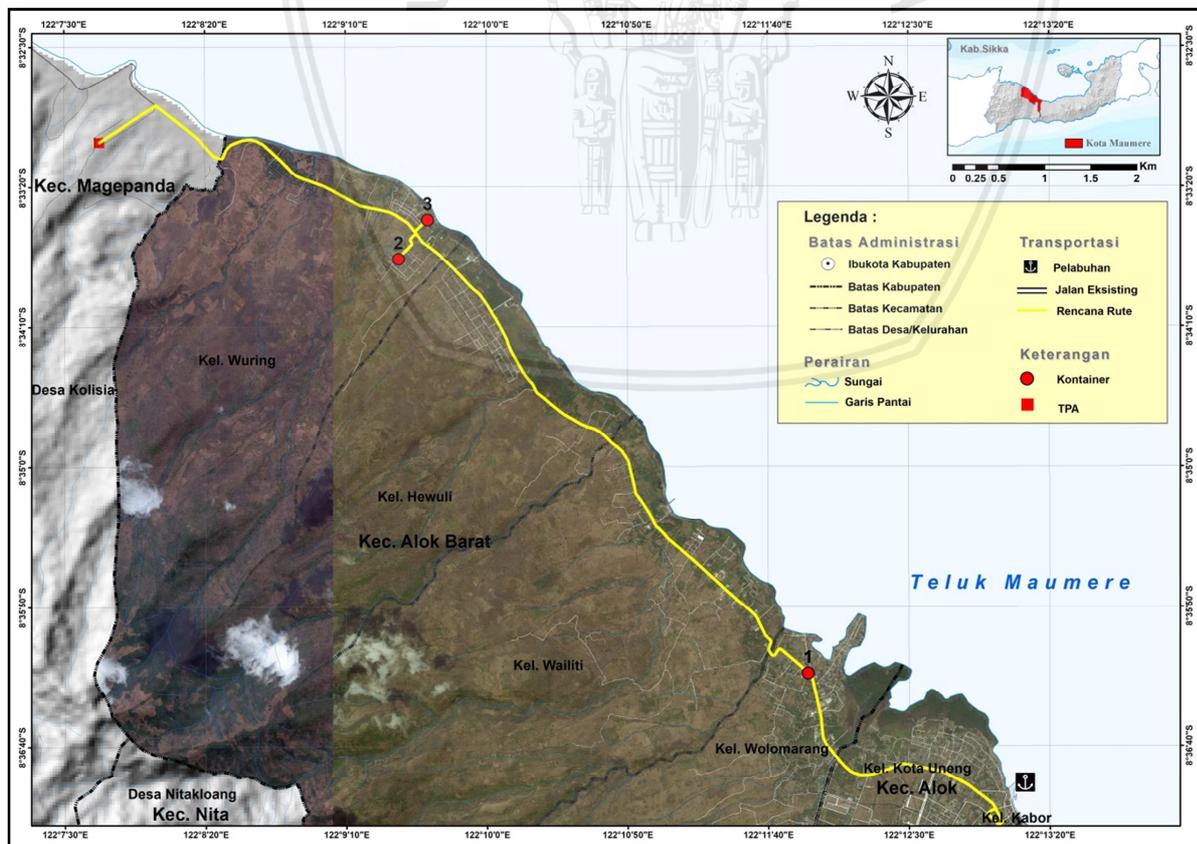
Gambar 6.7 Rute rencana optimal kendaraan *dump truck* Kecamatan Alok Barat



Gambar 6.8 Rute rencana optimal kendaraan *arm roll truck* Kecamatan Alok Timur



Gambar 6.9 Rute rencana optimal kendaraan *arm roll truck* Kecamatan Alok

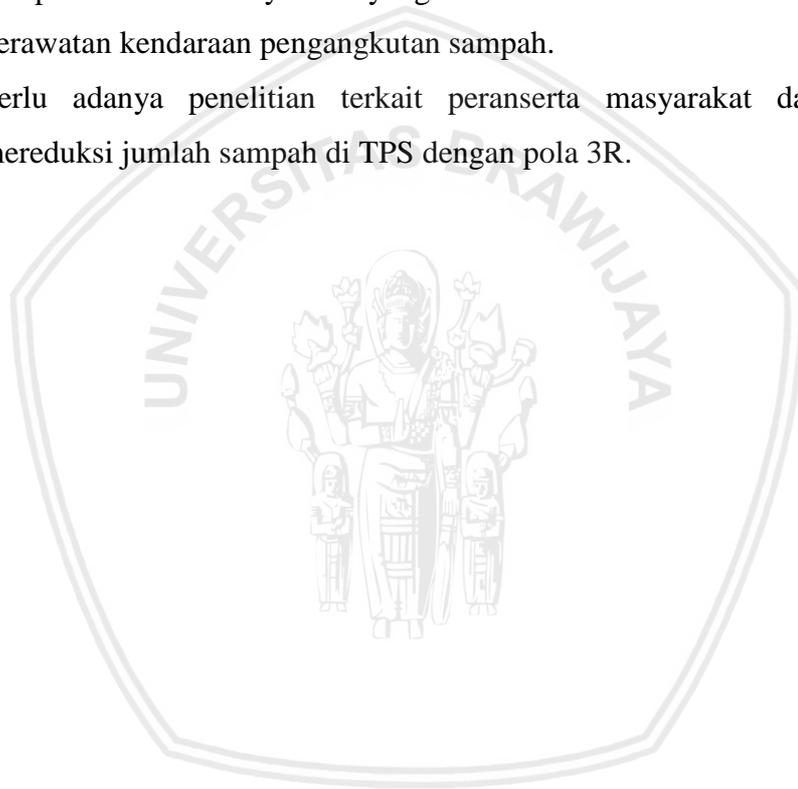


Gambar 6.10 Rute rencana optimal kendaraan *arm roll truck* Kecamatan Alok Barat

3. Perlunya sosialisasi terhadap masyarakat terkait pentingnya hidup bersih agar masyarakat dapat membuang sampah ke tempat yang sudah disediakan.

Untuk penelitian berikutnya, beberapa saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Perlu adanya kelengkapan data terkait dengan jumlah kondisi rumah untuk mengetahui lebih detail jumlah timbunan tiap rumah dalam lokasi penelitian.
2. Karena penelitian ini hanya membahas pembiayaan terkait bahan bakar kendaraan, maka untuk penelitian selanjutnya dapat membahas terkait dampak ekonomi masyarakat yang ada disekitar TPS atau membahas biaya perawatan kendaraan pengangkutan sampah.
3. Perlu adanya penelitian terkait peranserta masyarakat dalam upaya mereduksi jumlah sampah di TPS dengan pola 3R.



DAFTAR PUSTAKA

- Amani, S.A. 2015. *Analysis of Dijkstra's and a* Algorithm to Find the Shortest Path*. Tesis. Faculty of Computer Science and Information Technology University Tun Hussein Onn Malaysia.
- Amirhossein, M. 2013. *Solid waste collection routes optimization via GIS techniques in Ipoh City*. Malaysia: Fourth International Symposium on Infrastructure Engineering in Developing Countries, IEDC 2013.
- Apaydin, O. & Gonullu, MT. 2007. Route Optimization for solid waste waste collection: Trabzon (Turkey) Case Study. *Global NEST Journal*, 9 (1), 6-11.
- Arcgis Desktop Tutorial. 2010. *Network Analyst*. Help.Arcgis ESRI.
- Azwar, Azrul. 1990. *Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Yayasan Mutiara.
- Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sikka. 2016. *Data Bagian Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Maumere*.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten sikka.2016. *Sikka Dalam Angka 2016*. Pemerintah Kabupaten Sikka.
- Chandra, Budiman. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC.
- Cioca, L.-I., Ivascu, L., Rada, E.C., Torretta, V., Ionescu, G., 2015. *Sustainable development and technological impact on CO2 reducing conditions in Romania*. *Sustainability* 7 (2), 1637–1650.
- Clifford, Tom. 2008. *Waste Collection Optimisation Tools for Waste Managers*. Indecon Ltd., UK.
- Damanhuri, Enri. 2010. *Kajian Lindi dan Biogas yang dihasilkan dari Landfill Semi-Aerobic untuk Pengembangan TPA Sampah di Indonesia*. Bandung: Institut Teknologi Bandung. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat.
- Damanhuri, Enri dan Padi, Tri. 2010. *Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah*. Bandung: Bandung Institute of Technology Press.
- Fitria, Apri Triansyah. 2013. *Implementasi Algoritma Dijkstra Dalam Aplikasi Untuk Menentukan Lintasan Terpendek Jalan Darat Antar Kota Di Sumatera Bagian Selatan*. *Bandar Lampung: Jurnal Sistem Informasi (JSI) VOL.5 No.2*.

- Fitrianingsih, Aryani. 2008. *Pengaruh Beban Lalu Lintas Terhadap Pemilihan Rute*. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Gong, P., Liang, S., Carlton, E.J., Jiang, Q., Wu, J., Wang, L., Remais, J.V., 2012. *Urbanisation and health in China*. *Lancet* 379: 843–52.
- Hickman, A. J. 1999. *Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption*. Transport Research Laboratory.
- Hua, L., Shao, G., Zhao, J., 2017. *A concise review of ecological risk assessment for urban ecosystem application associated with rapid urbanization processes*. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 24 (3), 248–261.
- Kanchanabhan, T., Mohaideen, J.A., Srinivasan, S., Sundaram, V.L.K., 2010. *Optimum municipal solid waste collection using geographical information system (GIS) and vehicle tracking for Pallavapuram municipality*. *Waste Manage. Res.* 29, 323–339.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 1997. *Undang-Undang Republik Indonesia No. 23 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2008. *Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 tentang Pengelolaan Sampah*, Jakarta: Sekretariat Negara.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2010. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 12 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah.*, Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Kementerian Pekerjaan Umum. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia (Permen PU) Nomor 03/PRT/M/2013. Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah No. 534/KPTS/M/2001. *Pedoman Penentuan Standar Pelayanan Minimal Bidang Penataan Ruang, Perumahan dan Permukiman dan Pekerjaan Umum*. Jakarta: Kementerian Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Khanh, N.-T., Anh, N.-T., Doanh, N.-N., Van, D.-T.-H., 2017. *Optimization of municipal solid waste transportation by integrating GIS analysis, equationbased, and agent-based model*. *Waste Manage.* 59, 14–22.

- Khisty, C Jotin dan B. Kent Lall. 2005. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- Li, J-Q., Borenstein, B. & Mirchandani, PB. 2006. Truck Scheduling for Solidwaste Collection in the City of Porto Alegre, Brazil. *Omega the International journal of management science*.doi: 10.1016.
- Mahmuda, A., Hannan, M.A., Begum, R.A., Basri, H., Edgar, S., 2017. *Backtracking search algorithm in CVRP models for efficient solid waste collection and route optimization*. Waste Manage. 61, 117–128.
- Manik, K.E.S. 2003. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Djambatan.
- Nana Syaodih Sukmadinata. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung : PT. Remaja Rosdakarya.
- Nazaruddin. 2014. *Analisis perilaku masyarakat dalam upaya menciptakan kebersihan lingkungan di Kota Pekanbaru*. Jom FISIP Volume 1 No. 2. Oktober.
- Pérez-López, G., Prior, D., Zafra-Gómez, J.L., Plata-Díaz, A.M., 2016. *Cost efficiency in municipal solid waste service delivery Alternative management forms in relation to local population size*. European Journal of Operational Research. 255 (2), 583–592.
- Poser, I. V, Awad, A.R., 2006. *Optimal routing for solid waste collection in cities by using real genetic algorithm*. 2nd Int. Conf. Journal of Information and Communication Technology. 1, 221–226.
- Purwanto, Eko Budi. 2008. *Perancangan dan Analisis Algoritma*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Purwendro, S. & Nurhidayat. 2006. *Mengolah Sampah untuk Pupuk dan Pestisida Organik*. Seri Agritekno. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rian Ankaa Sagara,dkk . 2005. *Peningkatan Produktivitas pada Tahap Pembibitan Kelapa Sawit Studi Kasus PT BPS*. Tesis. Jakarta: Universitas Bina Nusantara.
- Ridha, RM., Abdi, C., Mahyudin, PR., 2016. *Studi Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kota Marabahan Dengan SIG*. Jukung Jurnal Teknik Lingkungan, 2 (2): 35-51.

- Samuelson, Paul A. dan William D. N. 1990. *Ekonomi*. Terjemahan Jaka Wasana. Edisi Kedua belas. Jakarta: Erlangga.
- SNI 19-3964-1995. *Tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan*. Jakarta
- SNI 19-2454-2002. *Tentang tata cara teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 3242:2008 *Tentang Pengelolaan Sampah di Permukiman*, Departemen PU, Jakarta.
- Soemirat, Juli. 1994. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sudarto. 2008. Keefektifan Pengelolaan Sampah Kota dalam Meningkatkan Kualitas Lingkungan di Kecamatan Kajen Kabupaten Pekalongan. Tesis. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumenge, A.S. 2013. *Analisis Efektifitas dan Efisiensi Pelaksanaan Anggaran Belanja Badan perencanaan pembangunan daerah (bappeda) Minahasa Selatan*. Manado: Jurnal EMBA Vol.1 74-81.
- Sumaryadi, 2005, *Efektifitas Implementasi Kebijakan Otonomi Daerah*, Jakarta: Gunung Jati.
- Swapan, D., Bidyut, K.B., 2015. *Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes*. Waste Manage. 43, 9–18.
- Wardhana, Achmad. 2011. *Evaluasi Sistem Pengangkutan Sampah di Kota Malang*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Zhang, X., Huang, G., 2014. *Municipal solid waste management planning considering greenhouse gas emission trading under fuzzy environment*. *Journal of Environmental Management*. 135, 11–18.
- Zhongan, Slanina, Spaargaren and Yuanhang. 2005. *Traffic and Urban Air pollution, the Case of Xiian City*. P.R.China. 15C, 1-8.
- Z. Zsigraiova, V. Semiao, dan F. Beijoco. 2013. *Operation costs and pollutant emissions reduction by definition of new collection scheduling dan*

optimization of MSW collection routes using GIS. The case study of Barreiro.
Portugal. Waste Management, 33 (4), 793–806.



LAMPIRAN

LIST PERTANYAAN WAWANCARA DINAS PU, PERTAMBANGAN DAN ENERGI BAGIAN PERTAMANAN, KEBERSIHAN DAN PEMAKAMAN KAB.SIKKA

A. Waktu Pengumpulan dan Pengangkutan

- Bagaimana pola pengumpulan dan pengangkutan sampah yang dilakukan di wilayah Kecamatan Alok ?
- Berapa kali frekuensi pengumpulan dan pengangkutan sampah yang dilakukan perhari ? dan waktu pengumpulannya pukul berapa saja ?
- Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan sampah dari TPS ke kendaraan pengangkutan sampah ?
- Berapa lama waktu yang dibutuhkan di TPA
- Apakah ada kendala/permasalahan terkait pengumpulan yang ada di Kecamatan Alok ?

B. Lokasi

- Dimanakah lokasi peletakan TPS di Kecamatan Alok ?
- Dimanakah lokasi TPA yang menjadi tujuan akhir pembuangan sampah ?

C. Sarana Pengangkutan

- Apa sajakah peralatan dan kendaraan yang dimiliki untuk proses pemindahan dan pengangkutan ? (Jumlah dan Jenis)
- Berapa liter konsumsi BBM yang dibutuhkan untuk pengangkutan sampah ?
- Berapakah kebutuhan biaya bahan bakar yang dikeluarkan untuk proses pengangkutan sampah ?
- Berapakan jumlah tenaga dan ongkos gaji pekerja pengumpulan dan pengangkutan samp

Perhitungan skala pelayanan TPS, *dump truck* dan *arm roll truck*

Lokasi	Kapasitas		Skala Pelayanan (Jiwa)		Jumlah Penduduk		Jumlah Eksisting		Penduduk Terlayani (Jiwa)		Total penduduk terlayani	Penduduk Belum Terlayani	Kebutuhan	
	TPS	Kontainer	TPS	Kontainer	(Jiwa)	TPS	Kontainer	TPS	Kontainer	(Jiwa)	(Jiwa)	(Jiwa)	TPS	Kontainer
Alok Timur	2m3	6m3	400	3.200	33.319	21	7	8.400	22.400	30.800	2.519	6	0	
Alok					34.195	28	12	11.200	38.400	49.600	Terlayani	0	0	
Alok Barat					17.309	2	3	800	9.600	10.400	6.909	17	2	

Lokasi	Kapasitas		Jumlah Penduduk	Jumlah Eksisting	Timbulan Sampah (m3)	Kebutuhan
	Dump Truck		(Jiwa)	Dump Truck		
Alok Timur	8m3		33.319	3	83	4
Alok			34.195	1	85	4
Alok Barat			17.309	1	43	2

Lokasi	Kapasitas		Jumlah Eksisting	Kebutuhan
	Arm Roll Truck		Kontainer	Arm Roll Truck
Alok Timur	6m3		7	2
Alok			12	4
Alok Barat			3	1

Perhitungan Trip Perhari (menit)

- EB 924

PC	UC	dbc	h	W	t1	t2	s	Phcs	Thcs	ND
0,05	0,05	0,01	0,10	0,15	0,009	0,40	0,05	0,11	0,26	25

- EB 921

PC	UC	dbc	h	W	t1	t2	s	Phcs	Thcs	ND
0,05	0,05	0,025	0,10	0,15	0,06	0,55	0,06	0,13	0,29	22

- DH 1010

PC	UC	dbc	h	W	t1	t2	s	Phcs	Thcs	ND
0,05	0,05	0,02	0,05	0,15	0,045	0,55	0,10	0,12	0,27	23

- DH 8016

PC	UC	dbc	h	W	t1	t2	s	Phcs	Thcs	ND
0,05	0,05	0,035	0,10	0,15	0,12	0,55	0,05	0,14	0,29	21

➤ $P_{HCS} = pc + uc + dbc$

Dimana :

L-III

P_c = waktu mengambil kontainer penuh, j/trip

U_c = waktu utk meletakkan kontainer kosong, j/trip

dbc = waktu antara lokasi, jam/trip

$$\text{➤ } T_{HCS} = P_{HCS} + h + s$$

Dimana :

h = waktu yg diperlukan menuju lokasi yg akan diangkut kontainernya

s = waktu yg digunakan untuk menunggu di lokasi

P_{HCS} = *pick up time*

$$\text{➤ } Nd = [H(1-W) - (t_1 + t_2)] / T_{HCS}$$

Dimana :

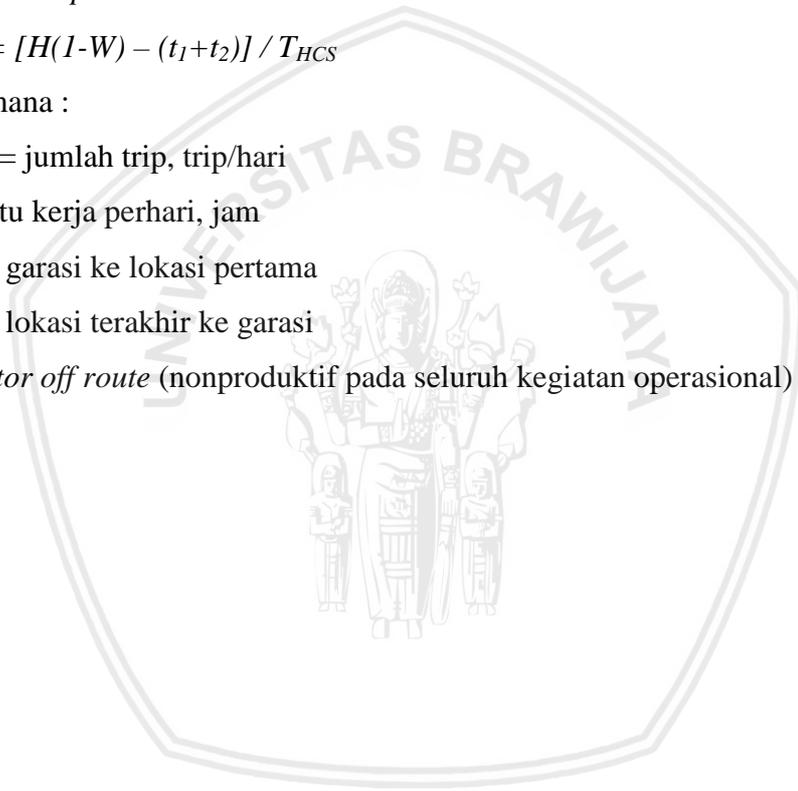
Nd = jumlah trip, trip/hari

H = waktu kerja perhari, jam

t_1 = dari garasi ke lokasi pertama

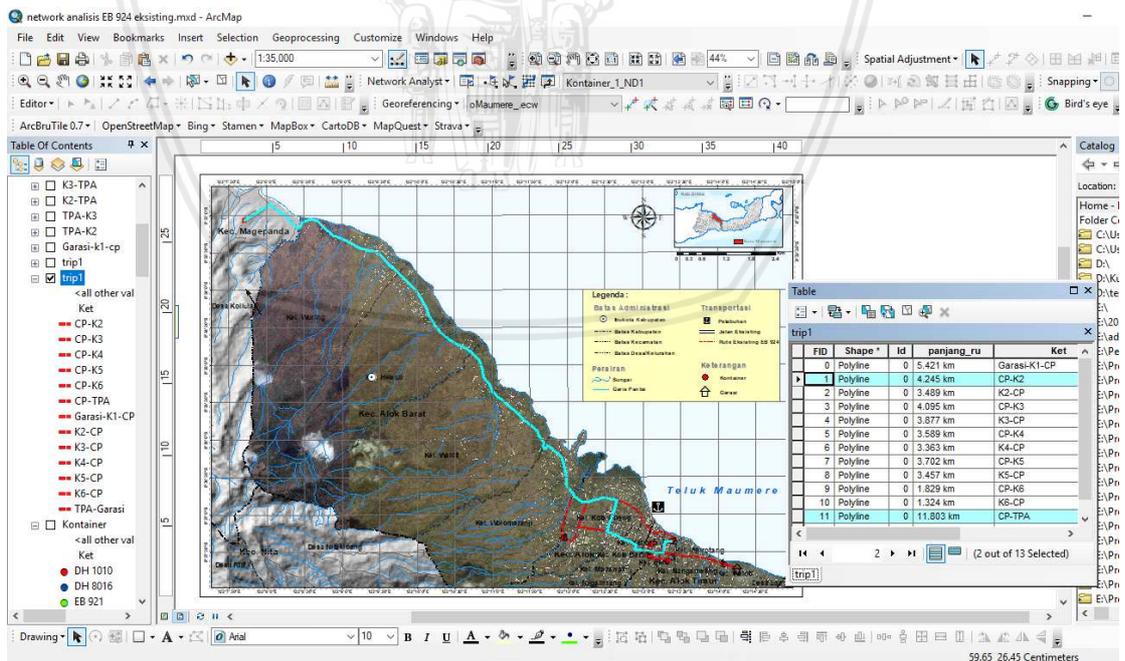
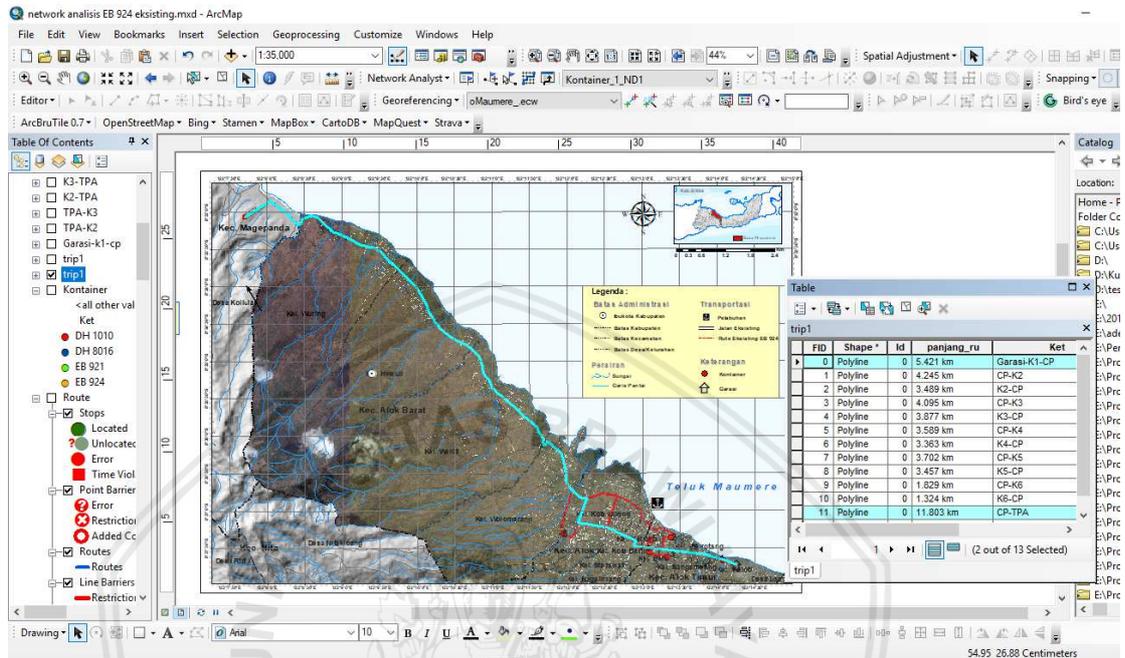
t_2 = dari lokasi terakhir ke garasi

W = *factor off route* (nonproduktif pada seluruh kegiatan operasional)

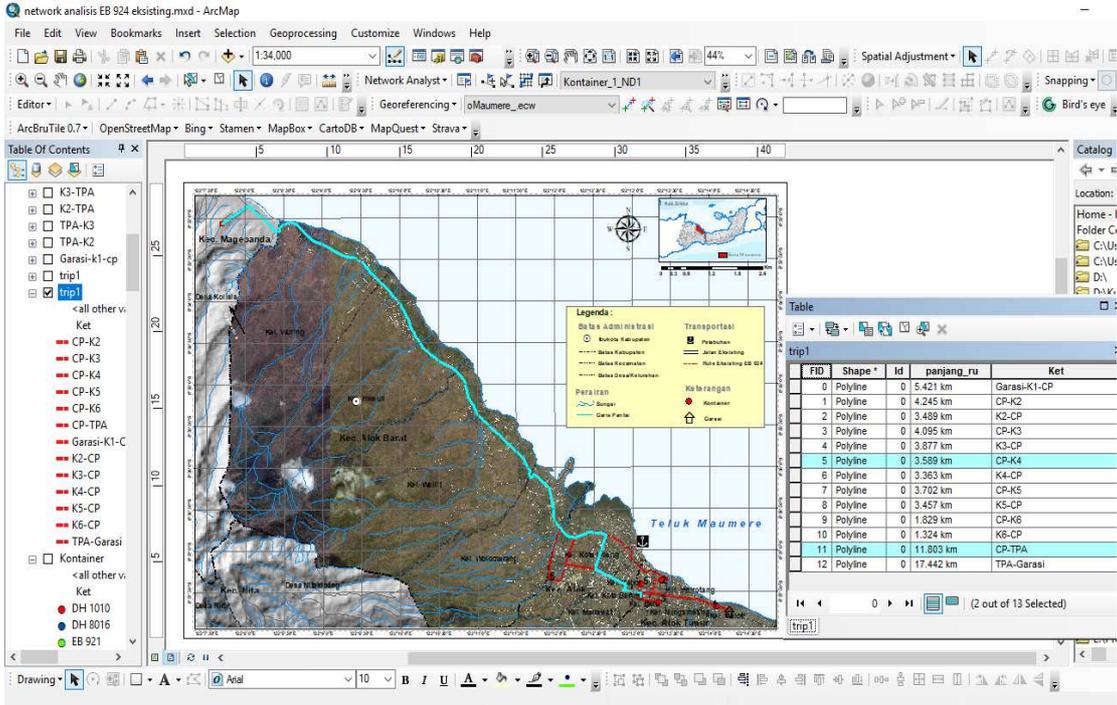
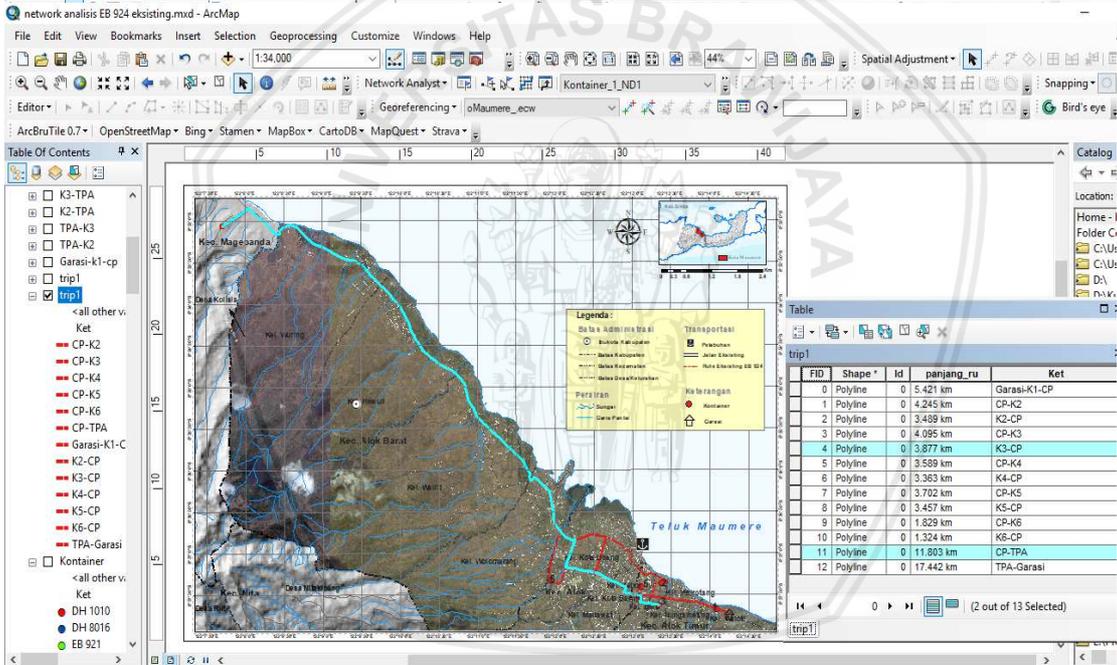
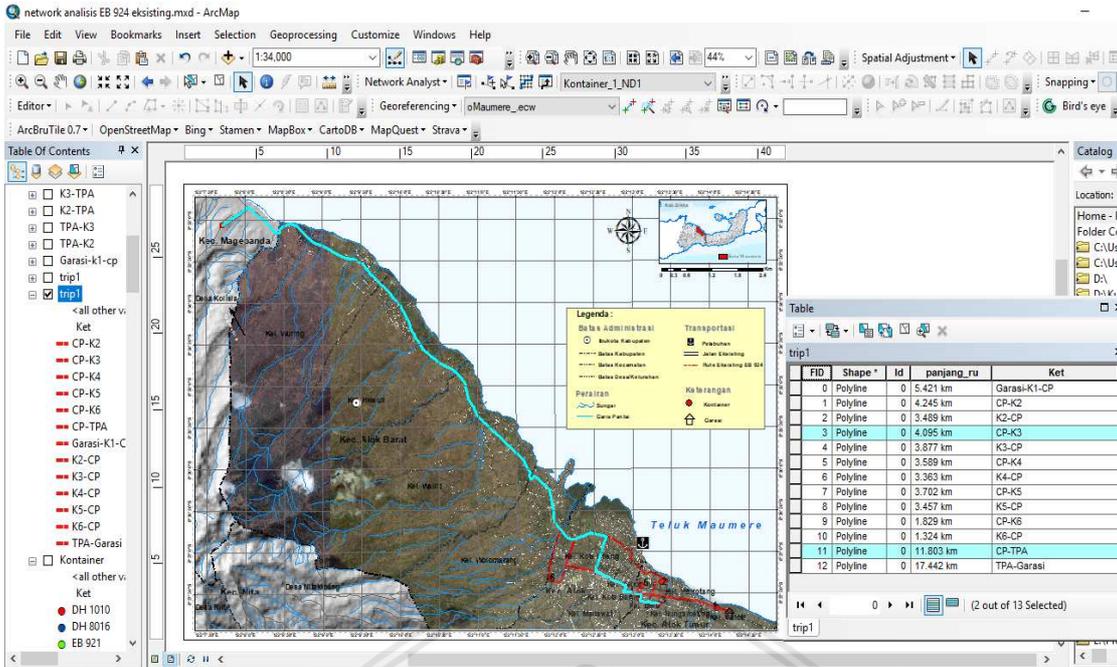


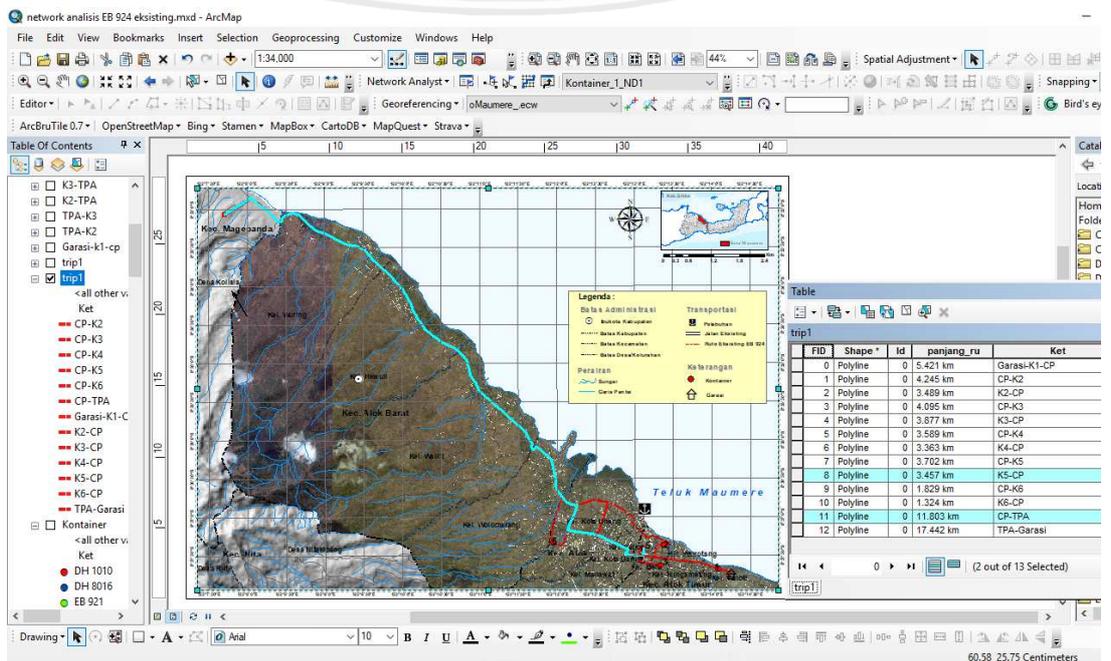
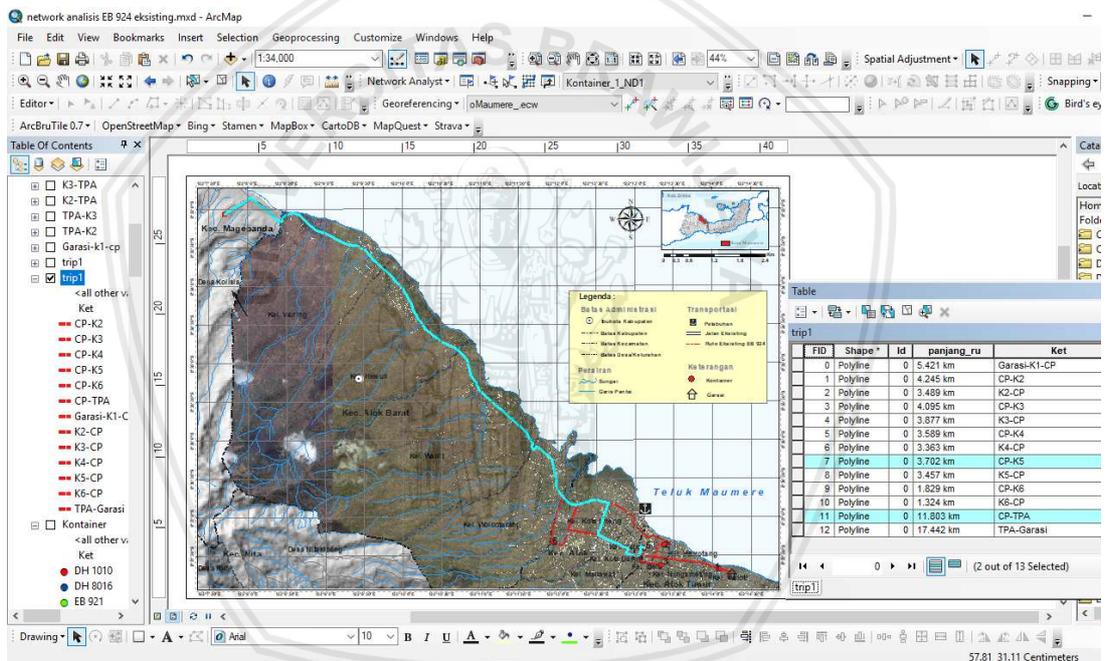
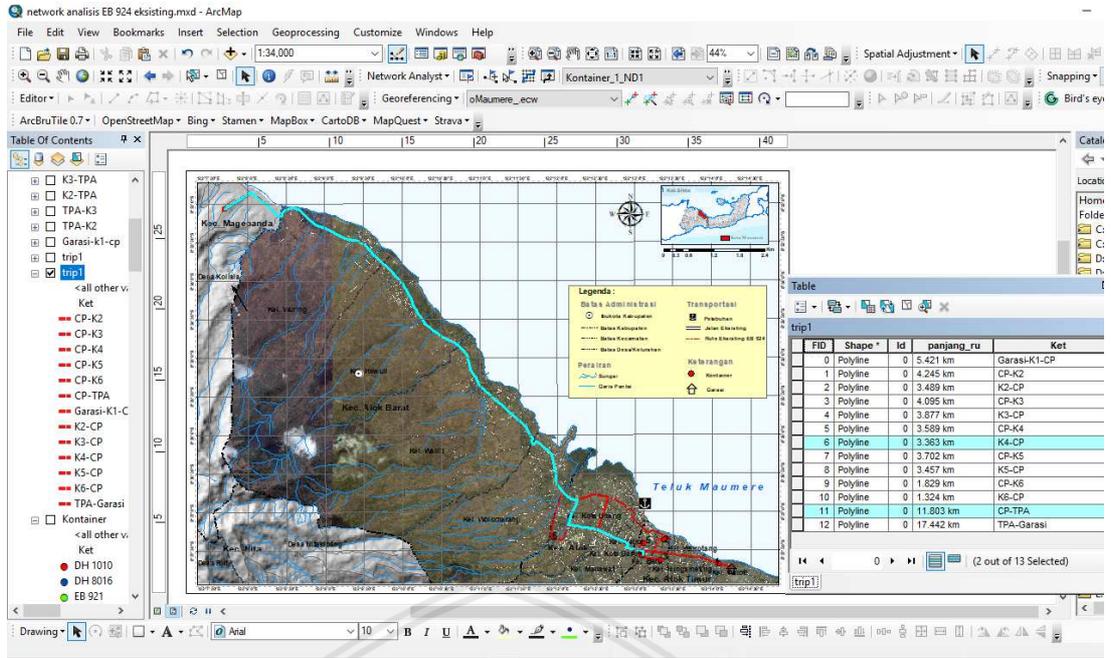
Perhitungan jarak tempuh

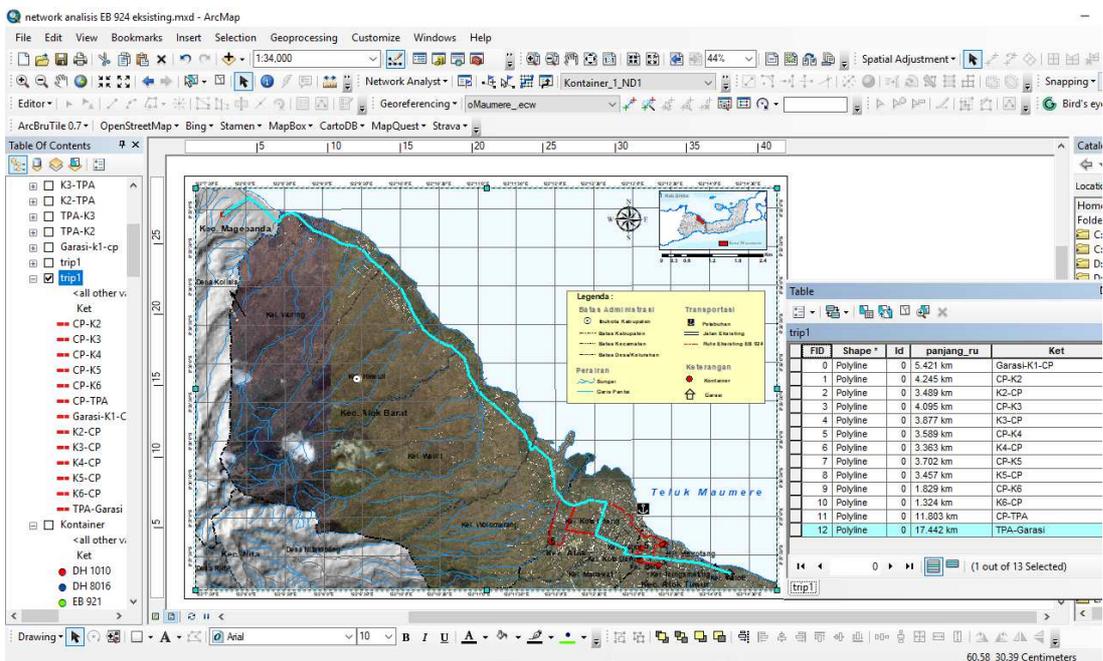
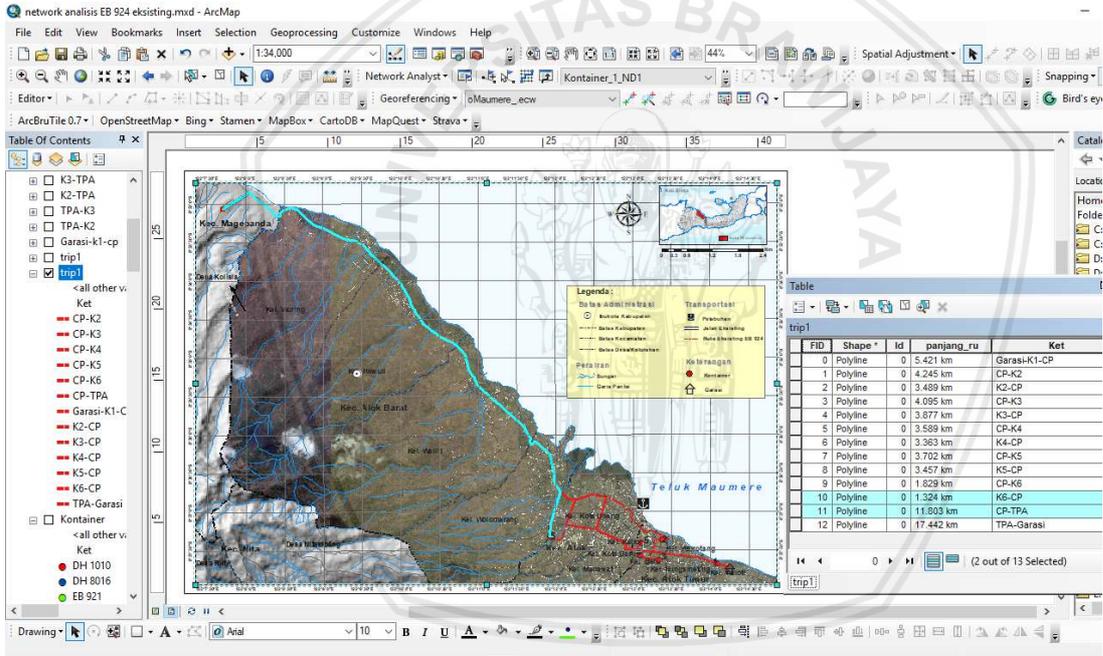
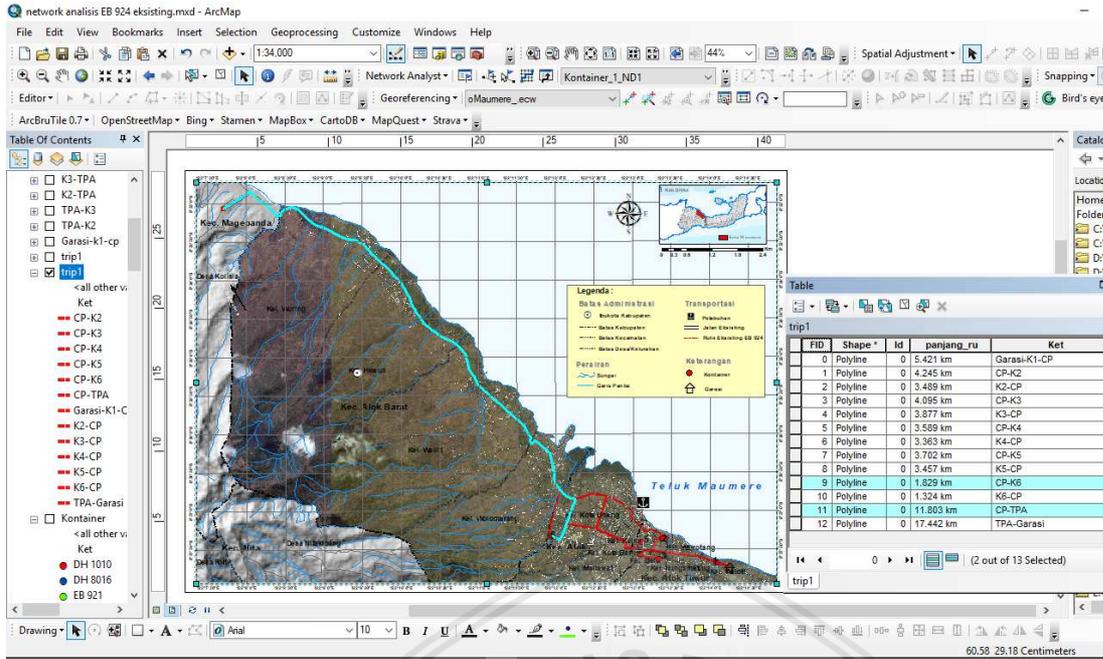
- **Rute eksisting kendaraan *arm roll truck* EB 924**



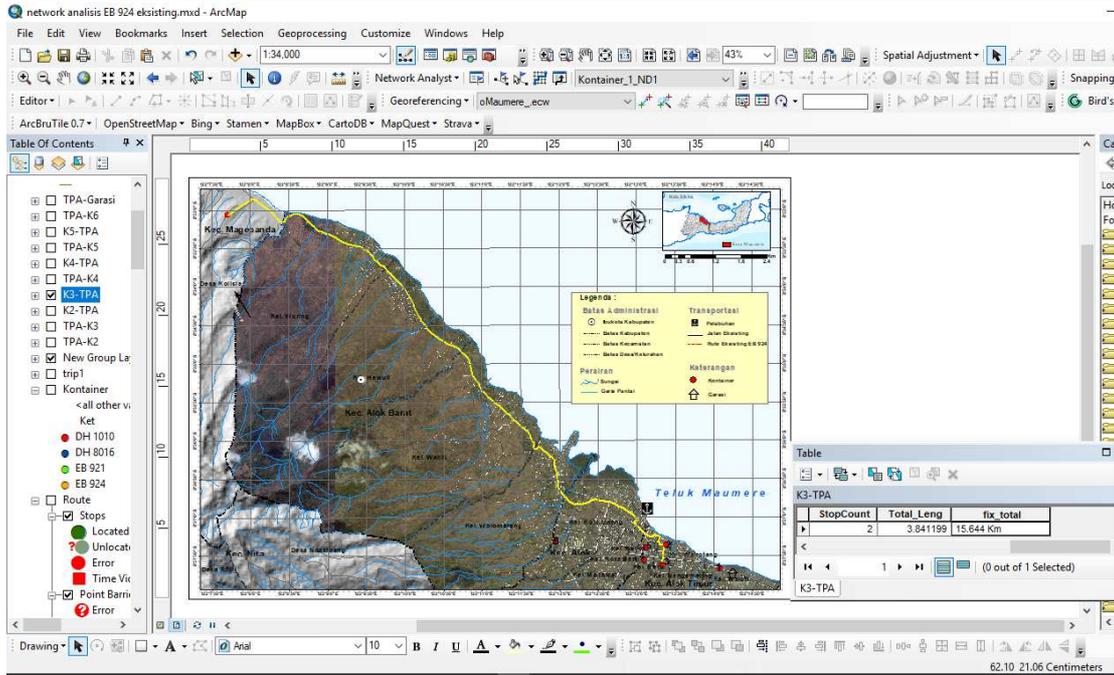
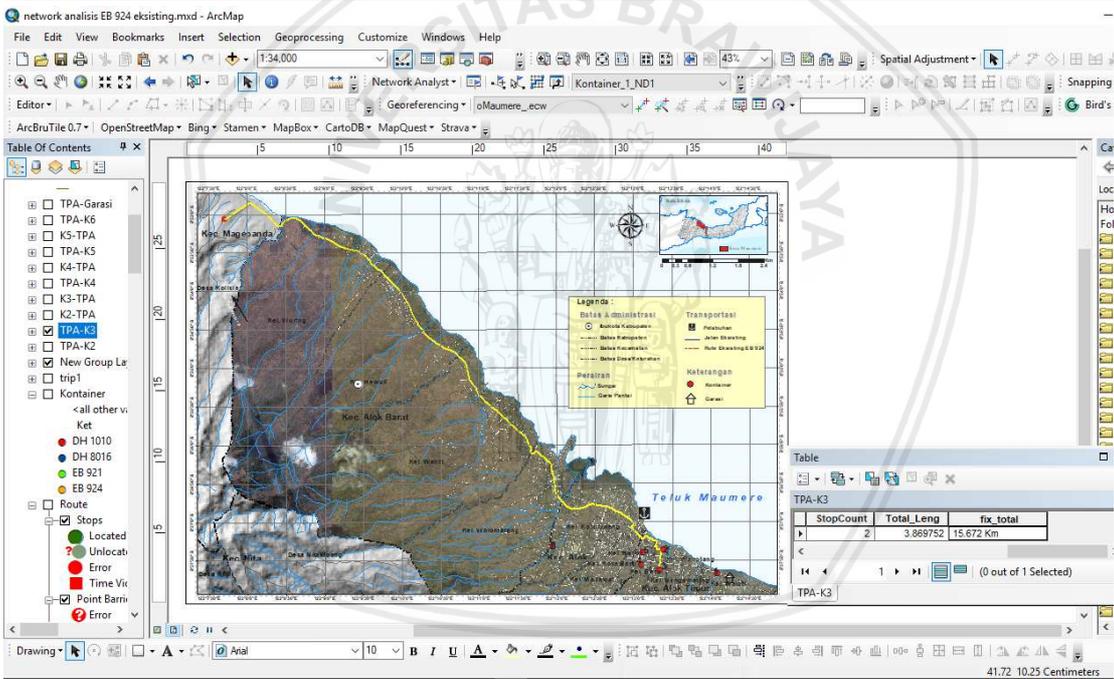
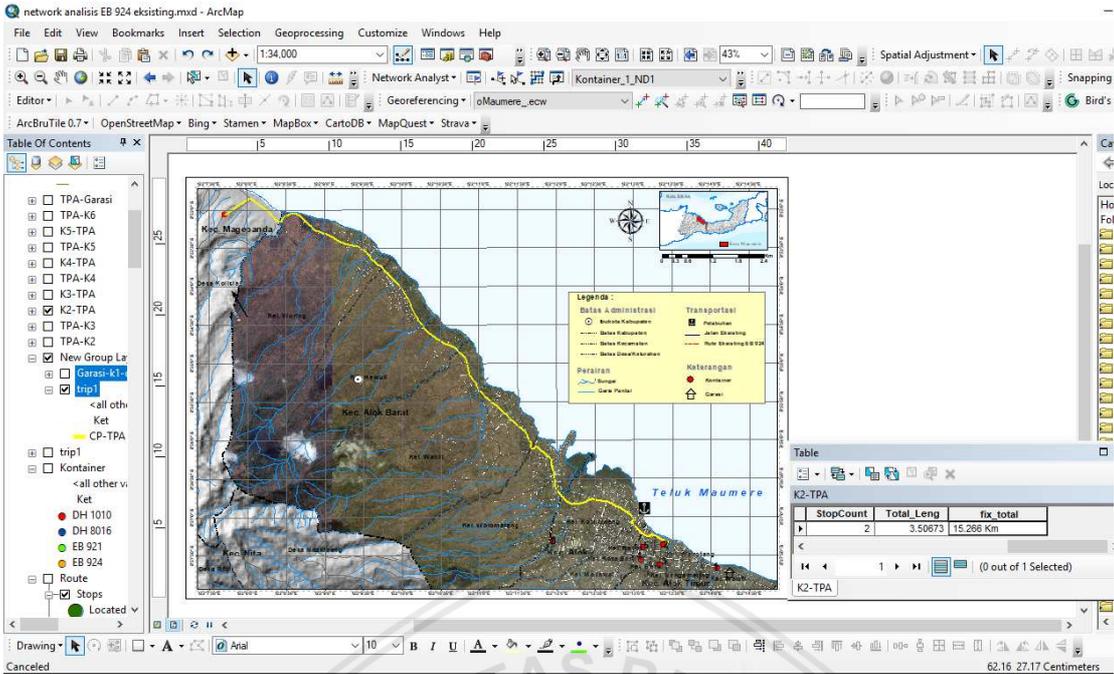
L-IV

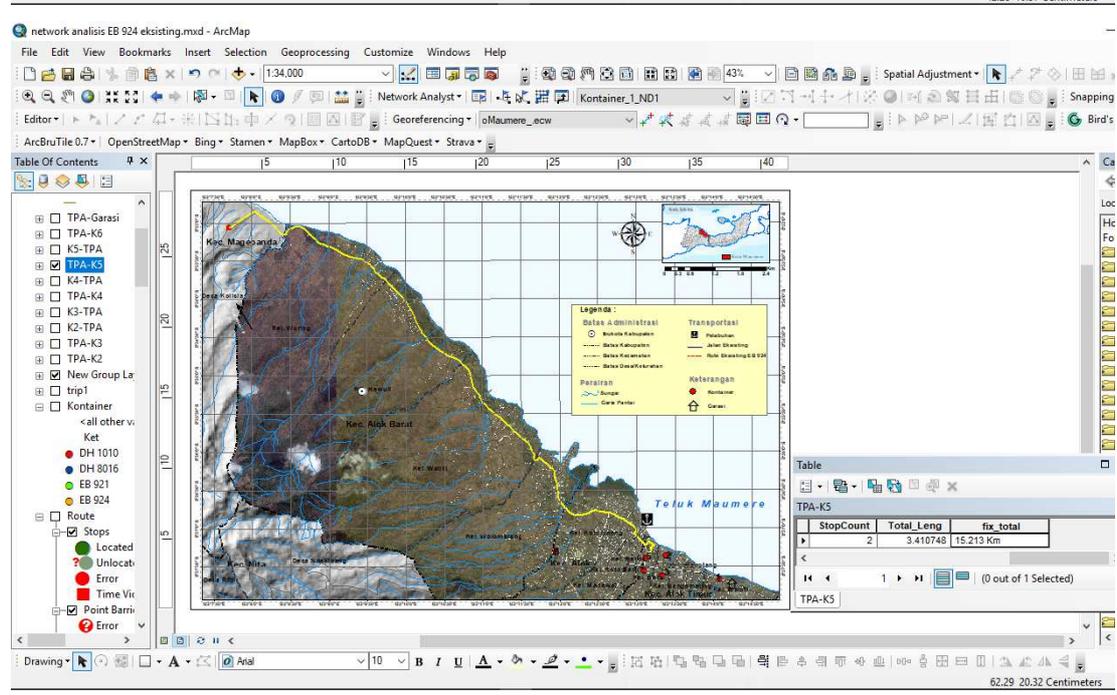
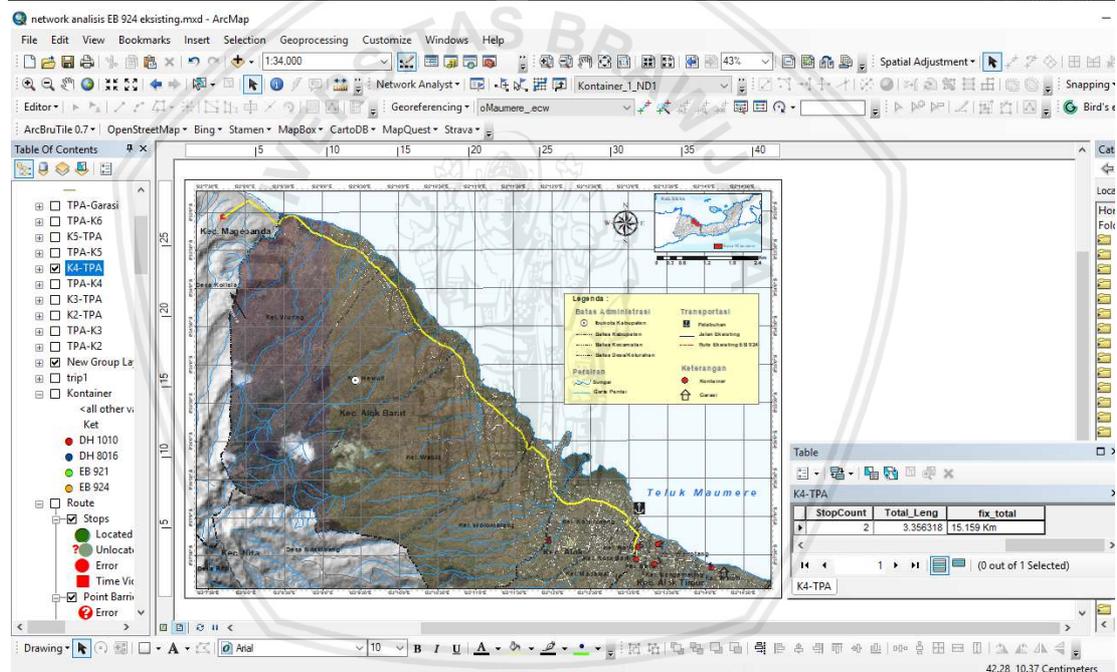
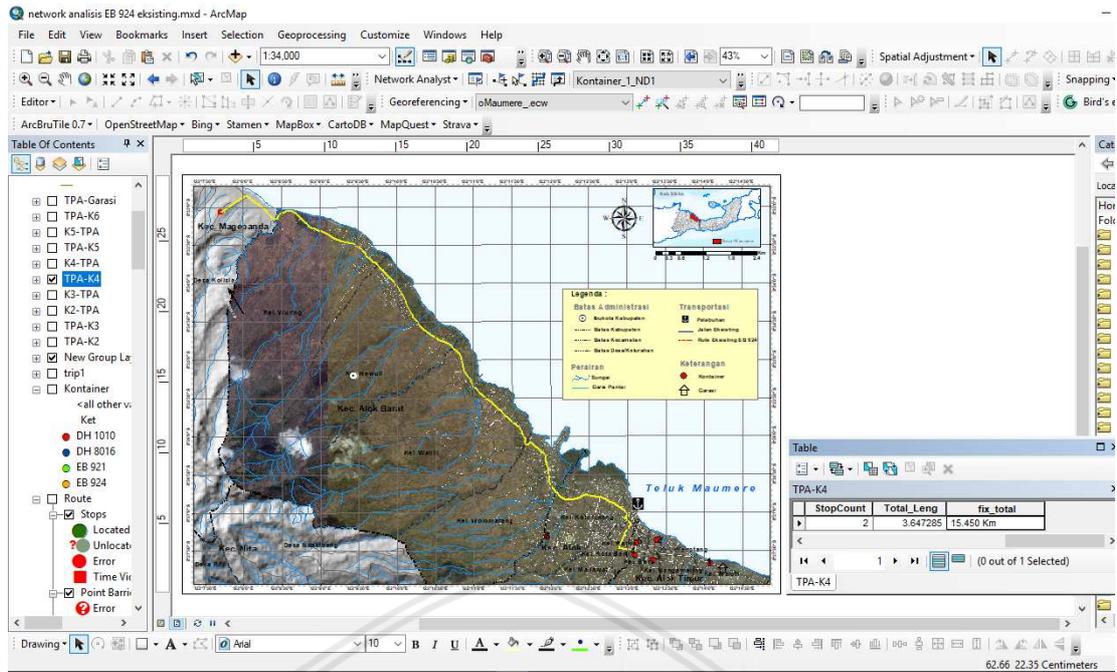


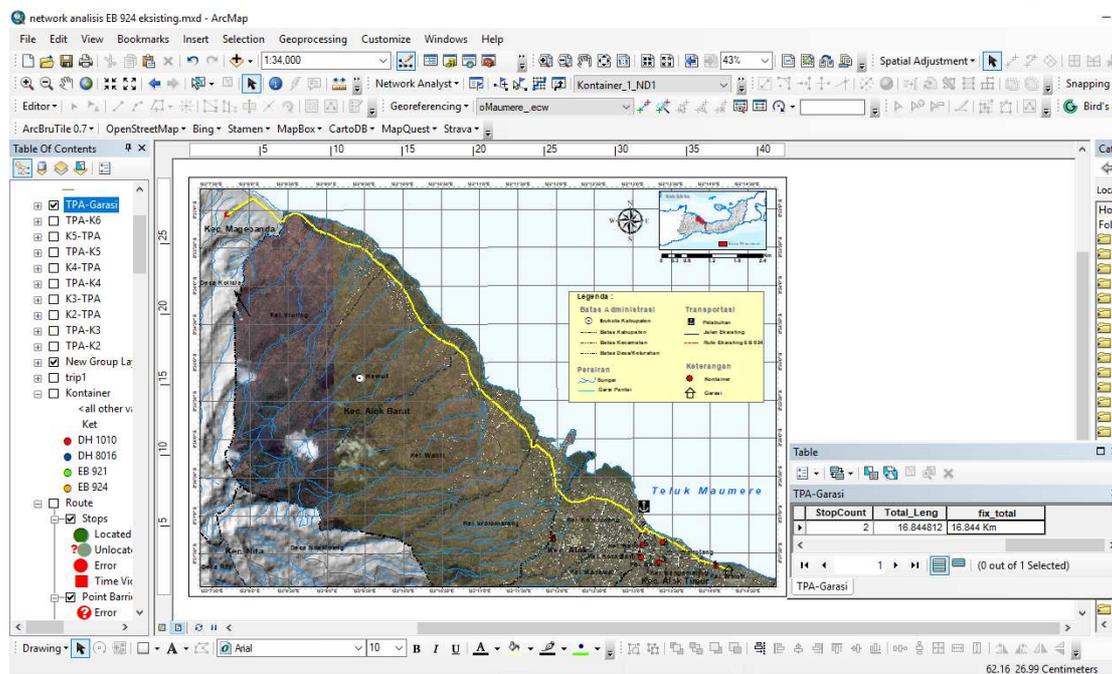
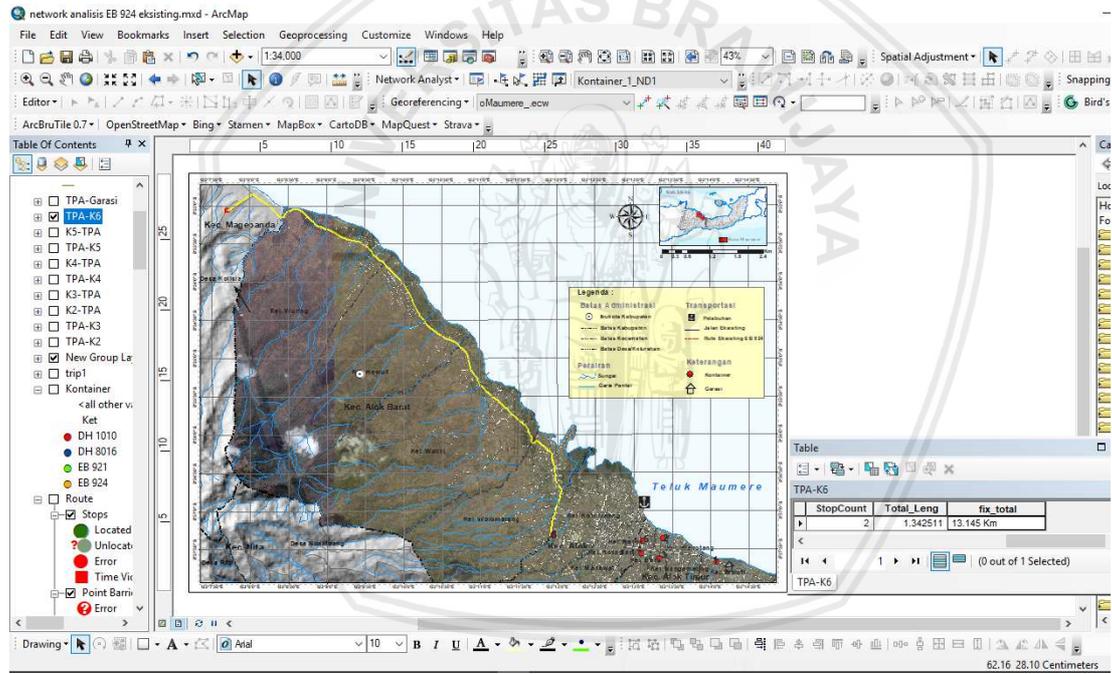
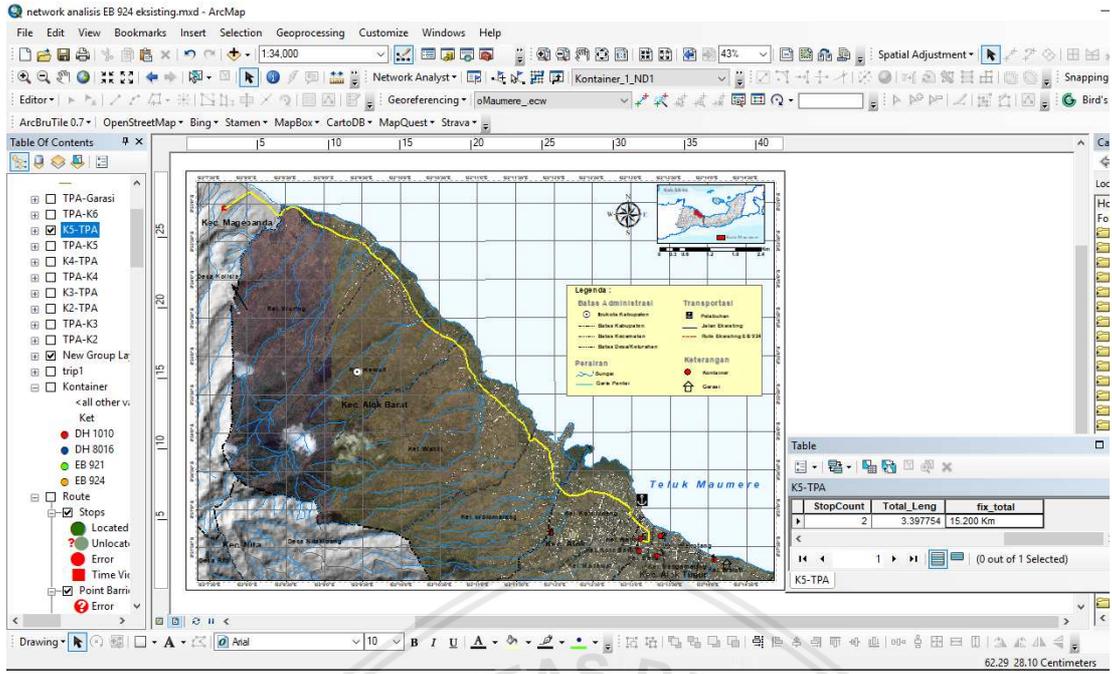




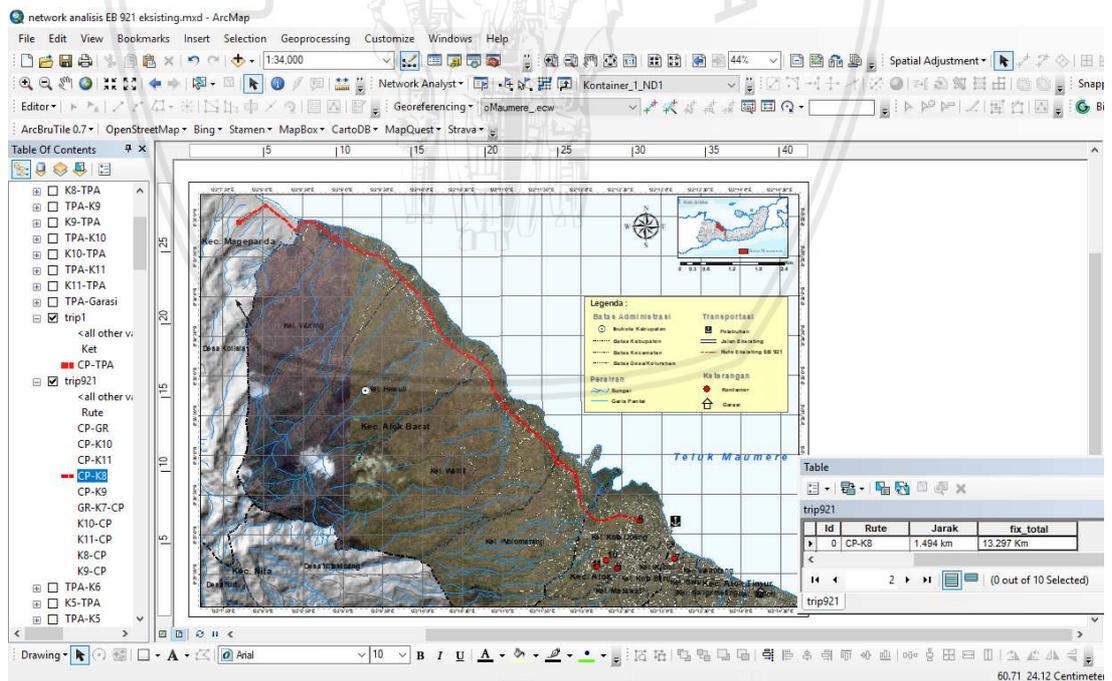
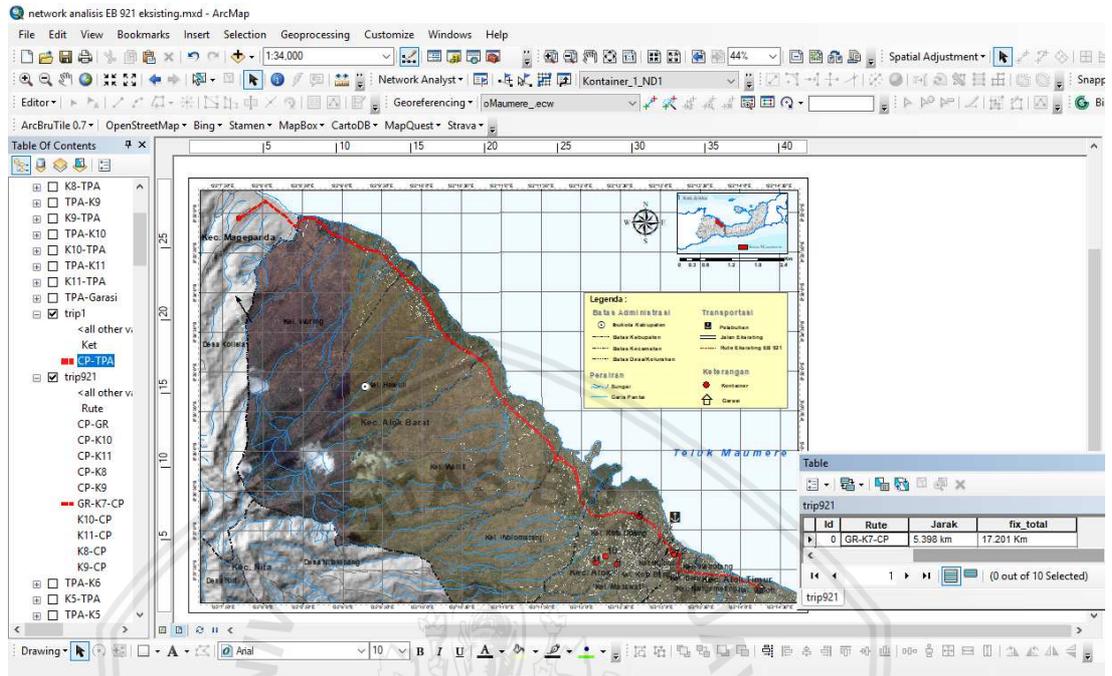
L-IV

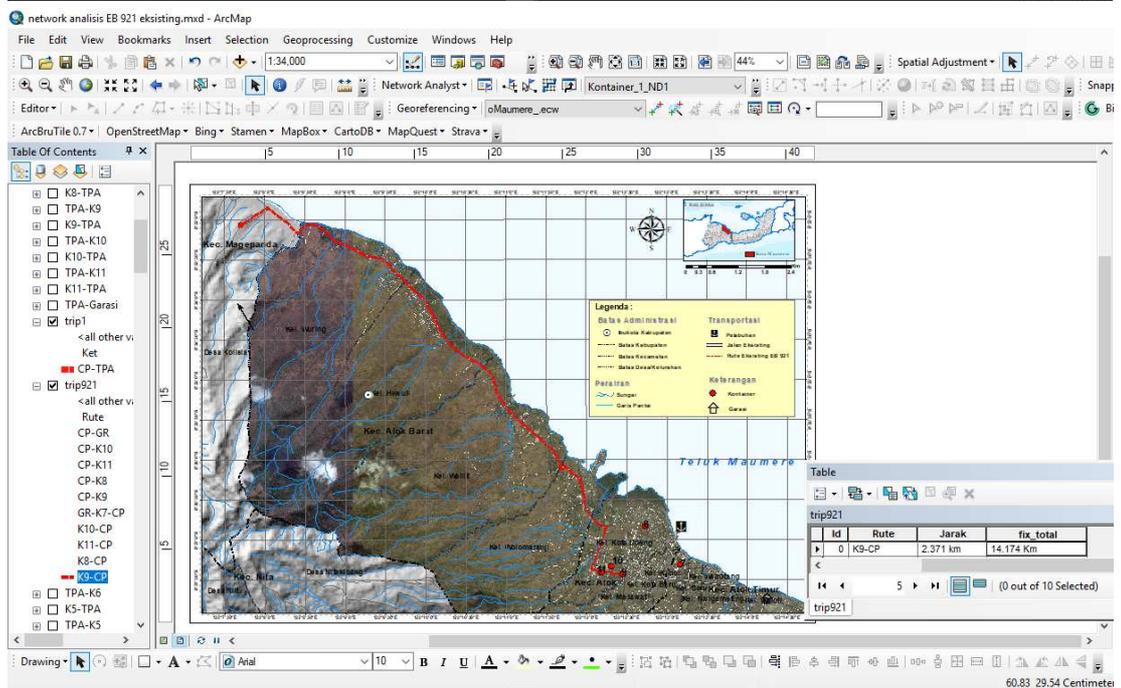
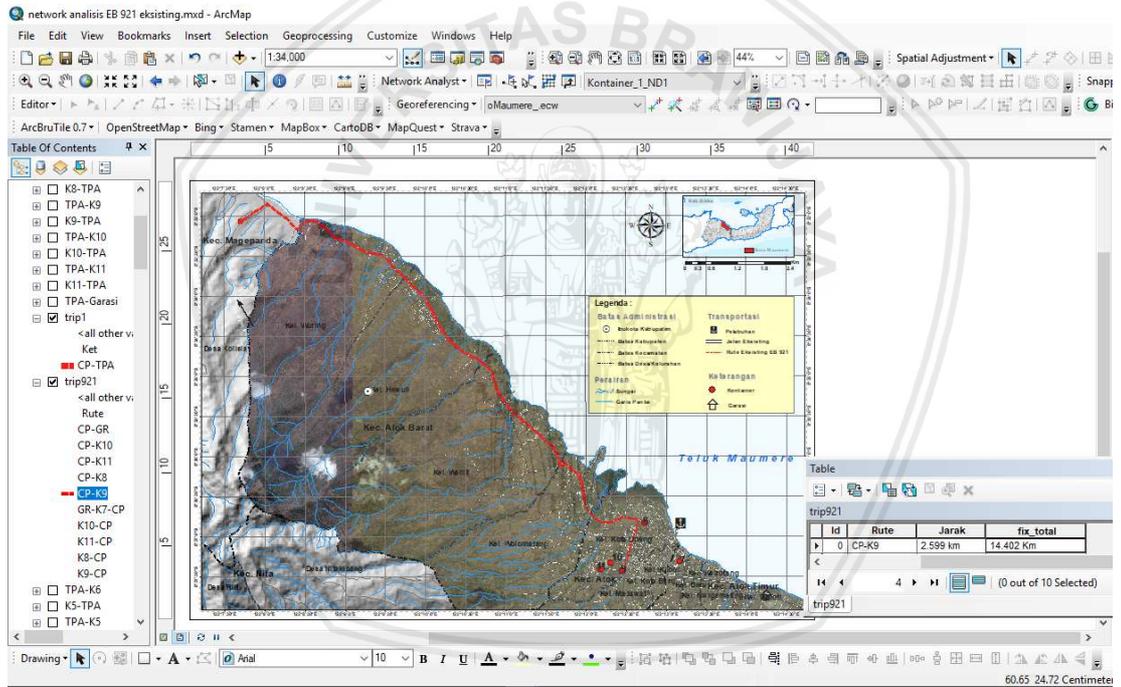
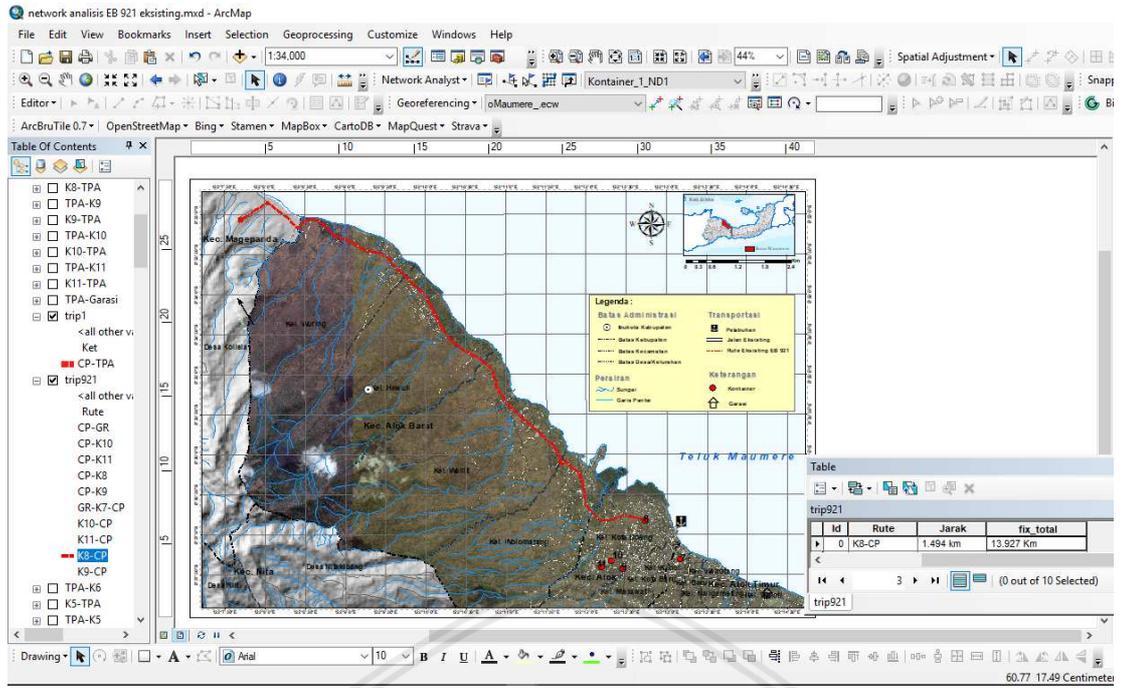


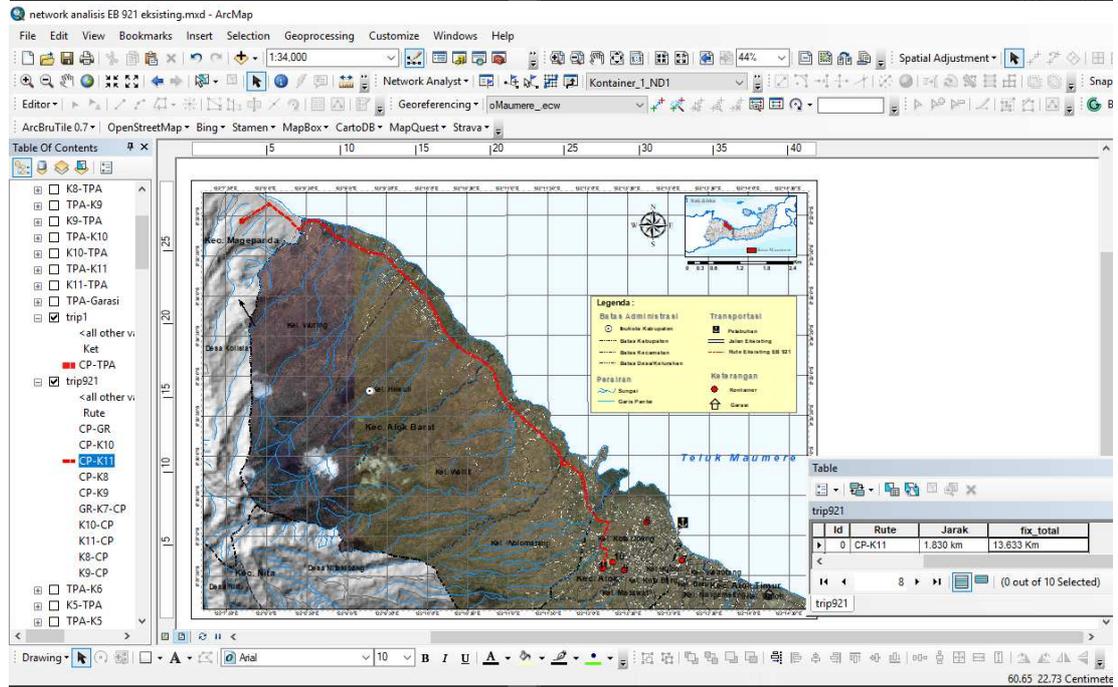
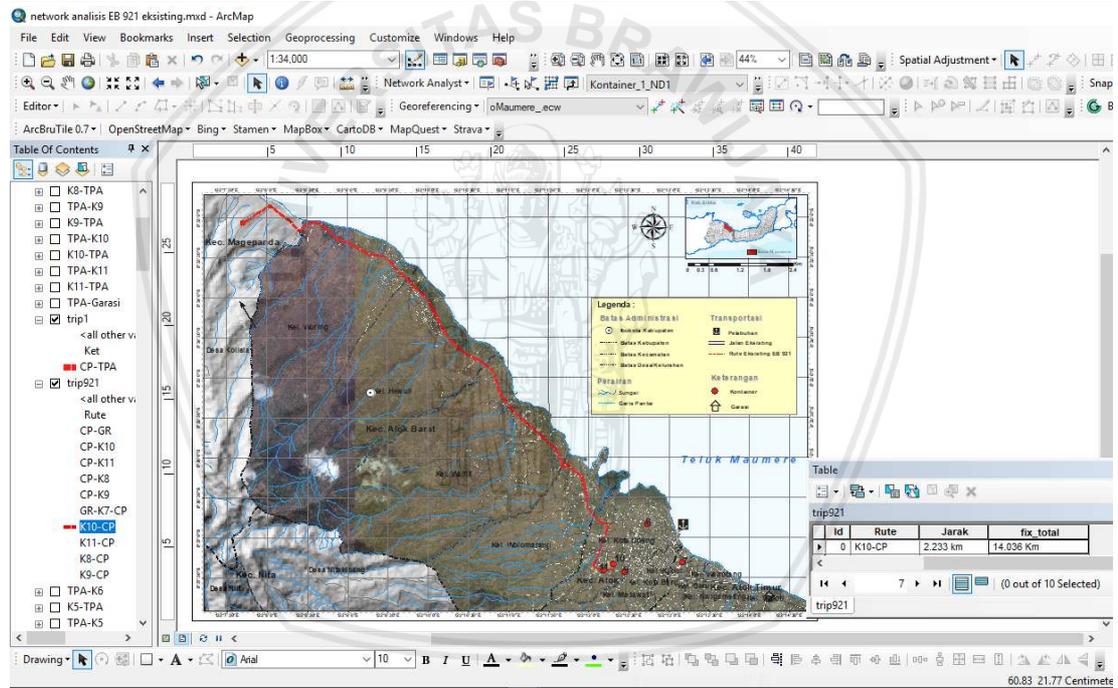
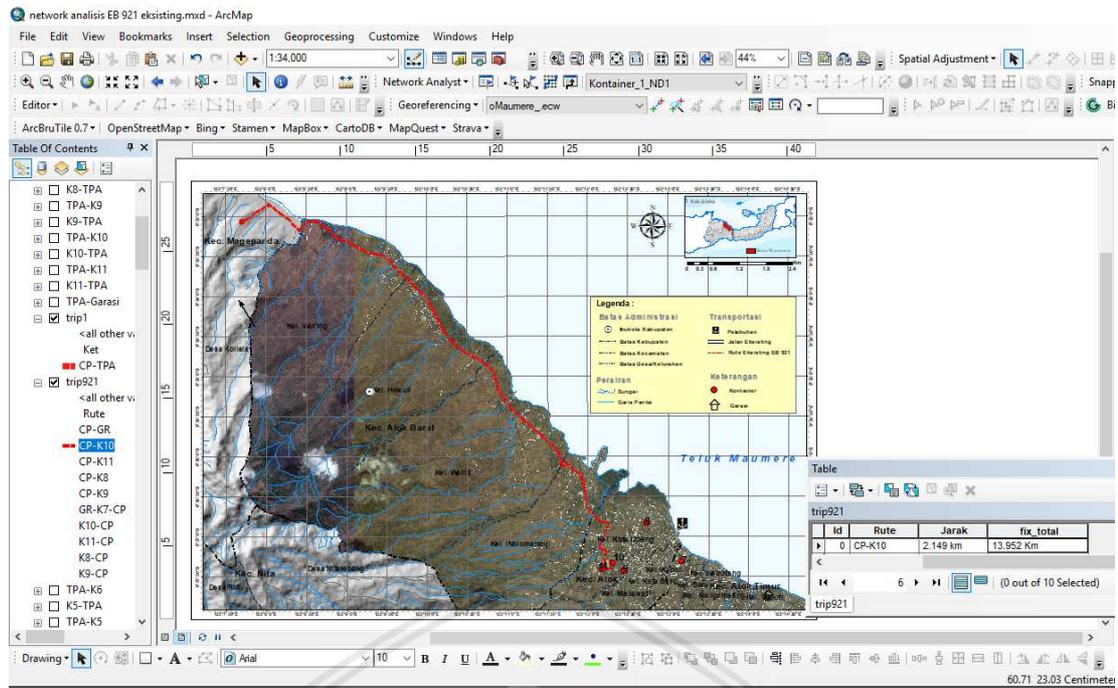


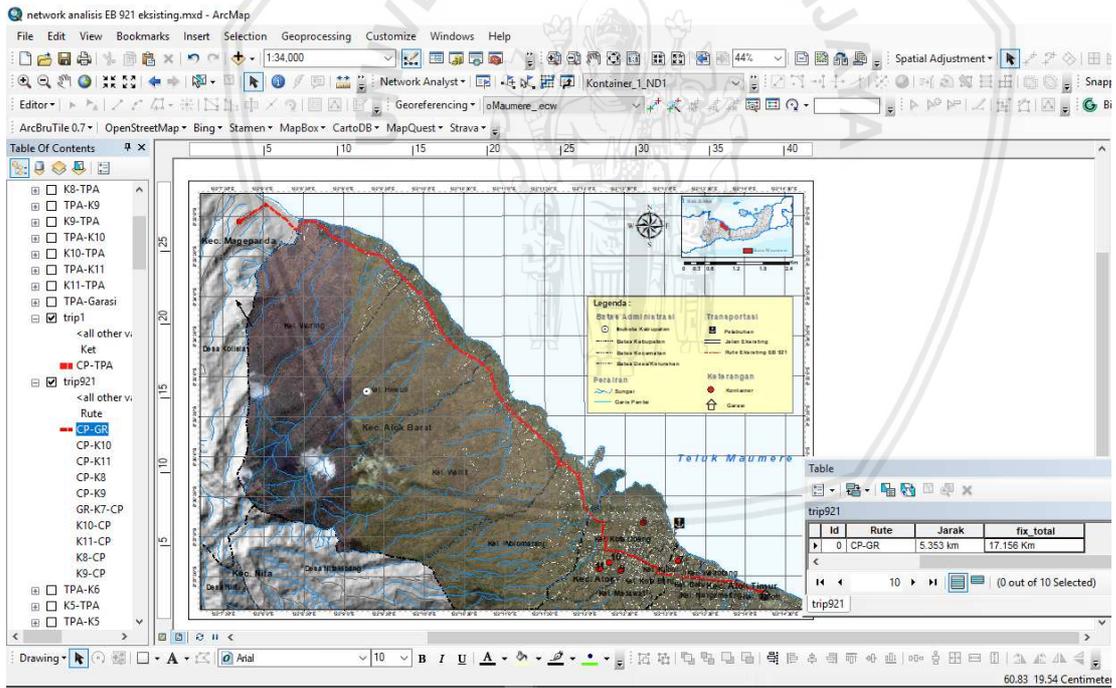
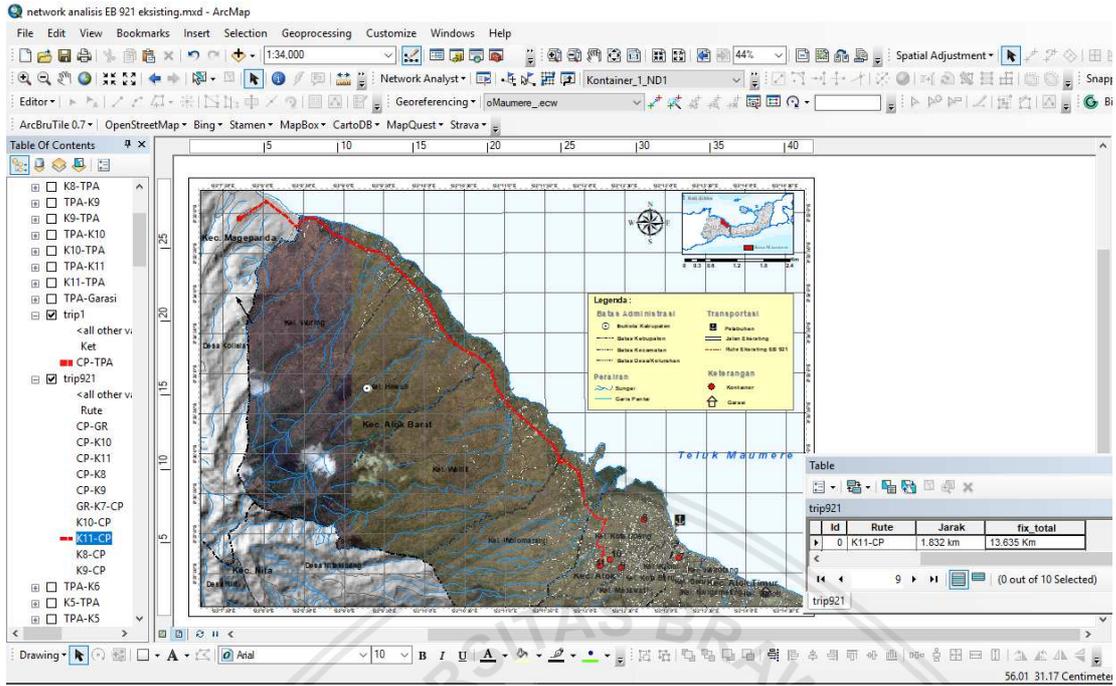


- Rute eksisting kendaraan *arm roll truck* EB 921

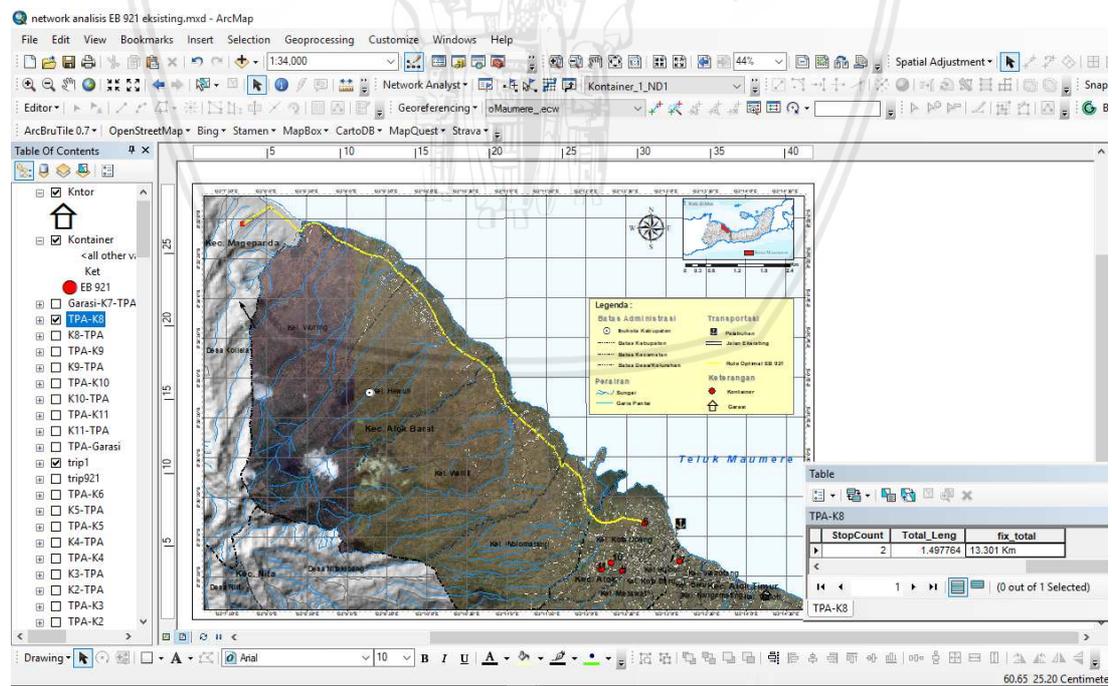
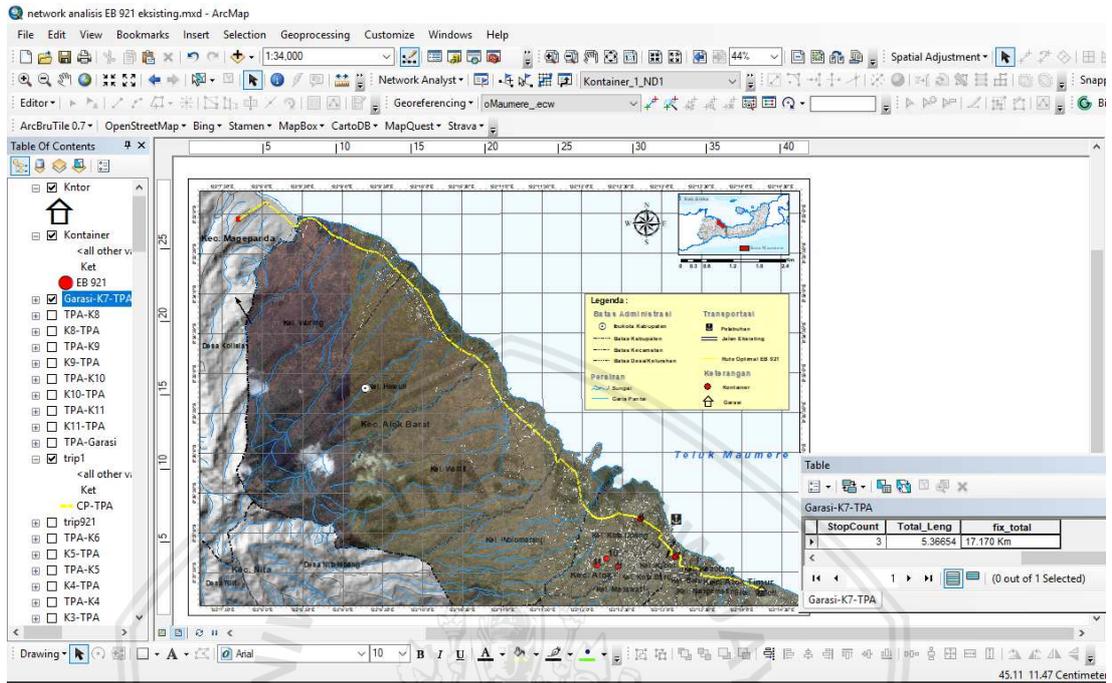


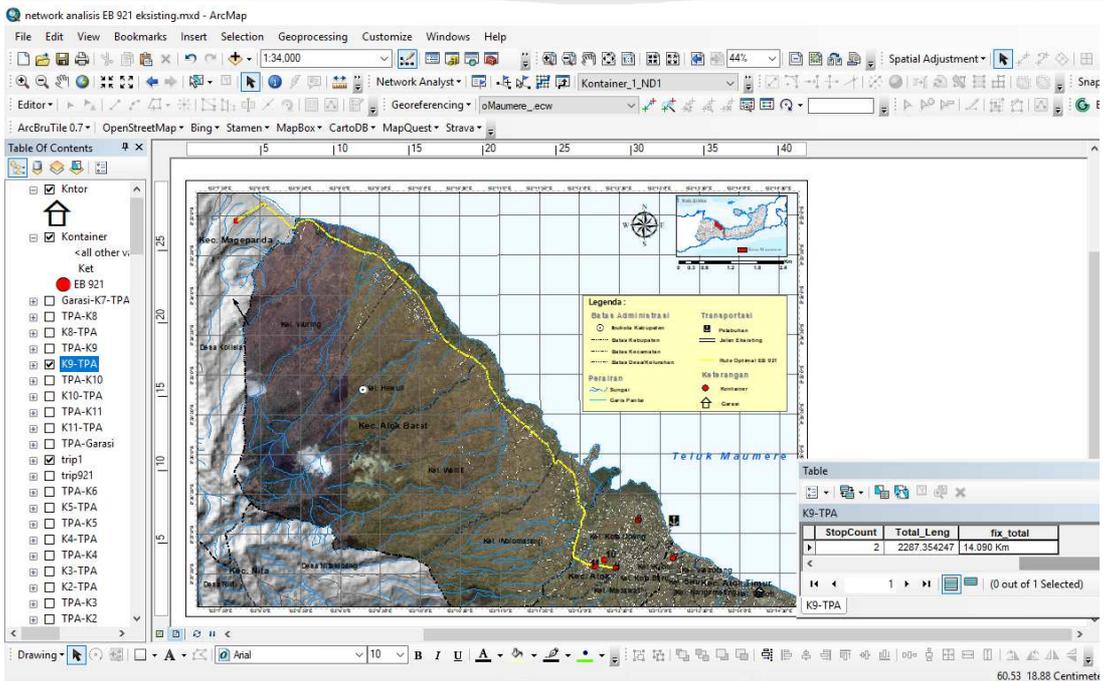
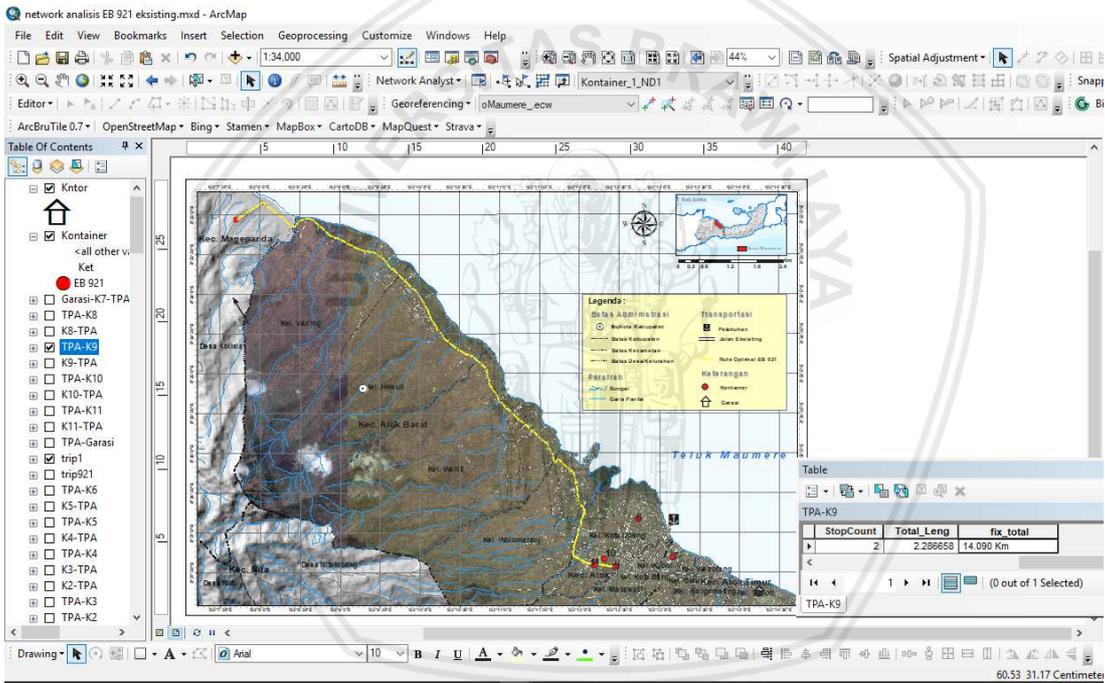
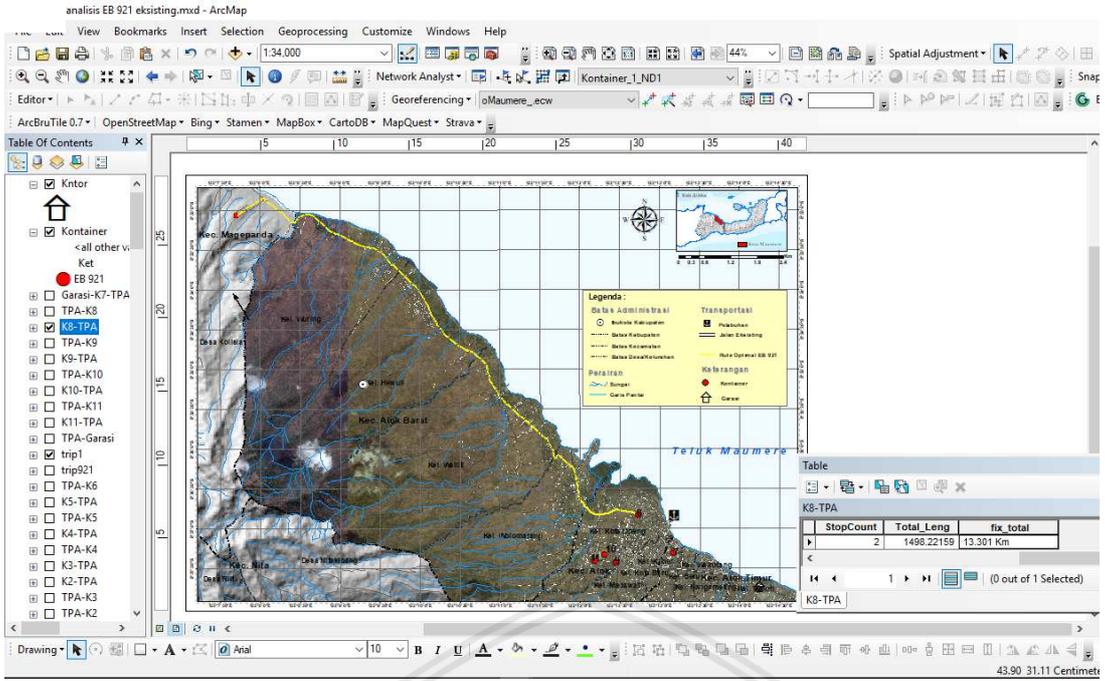


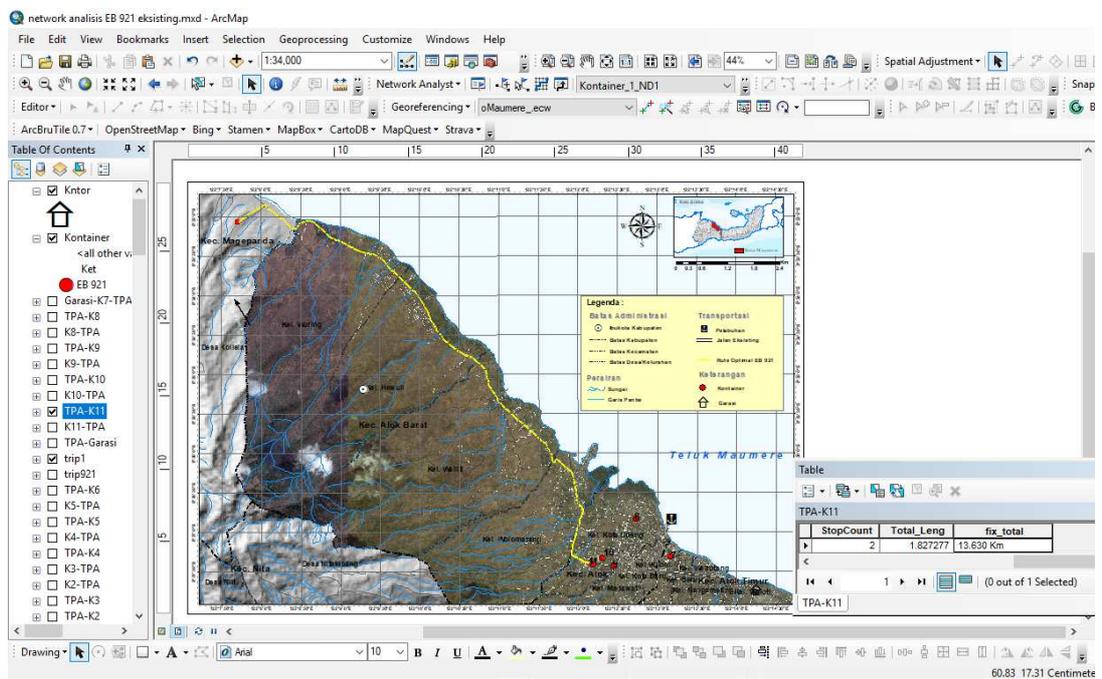
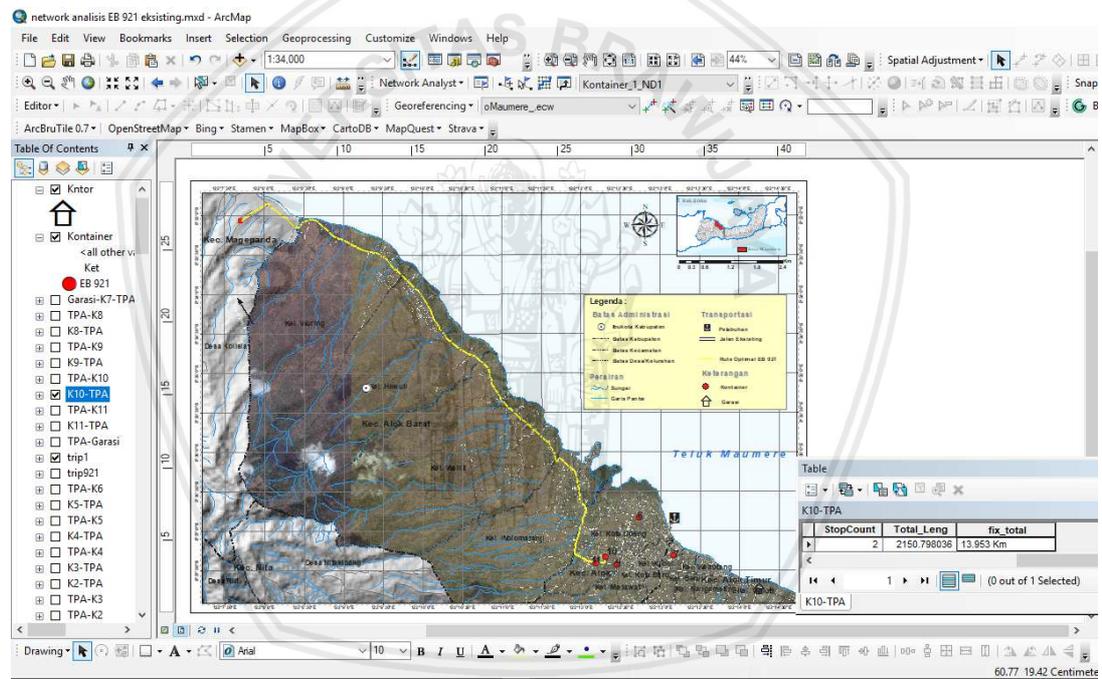
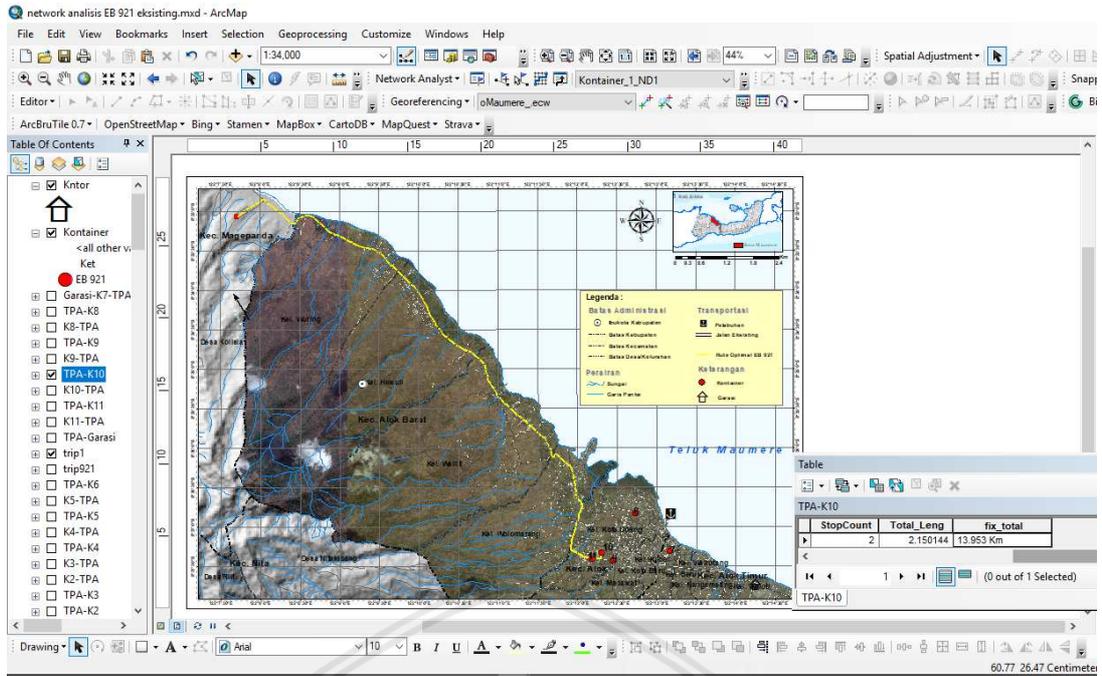


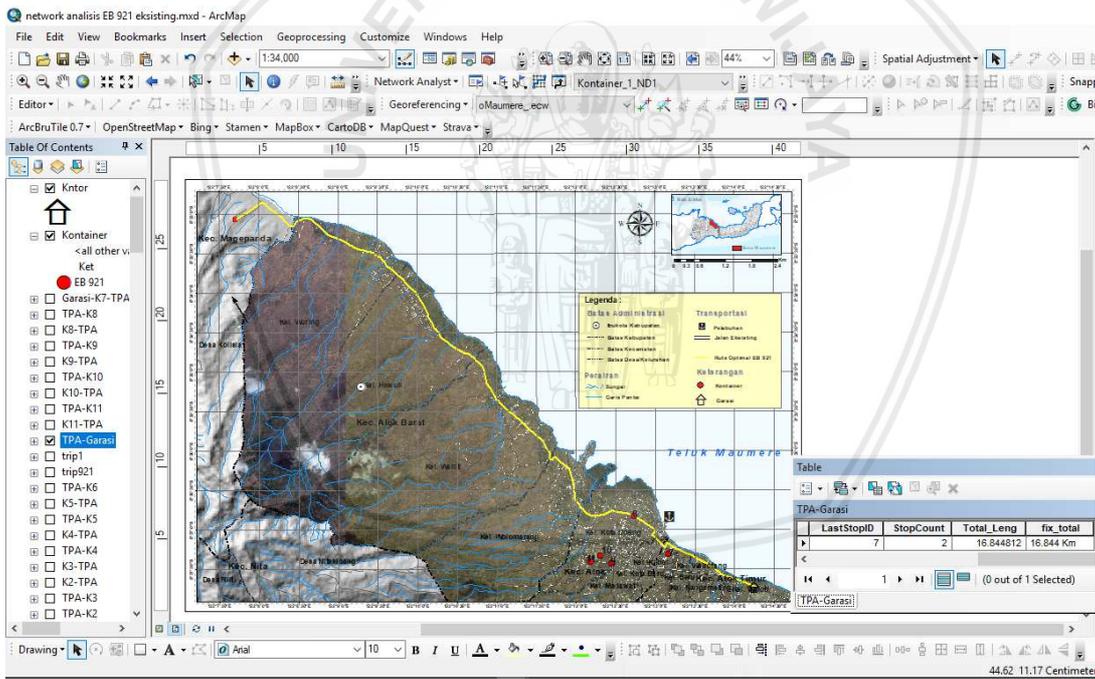
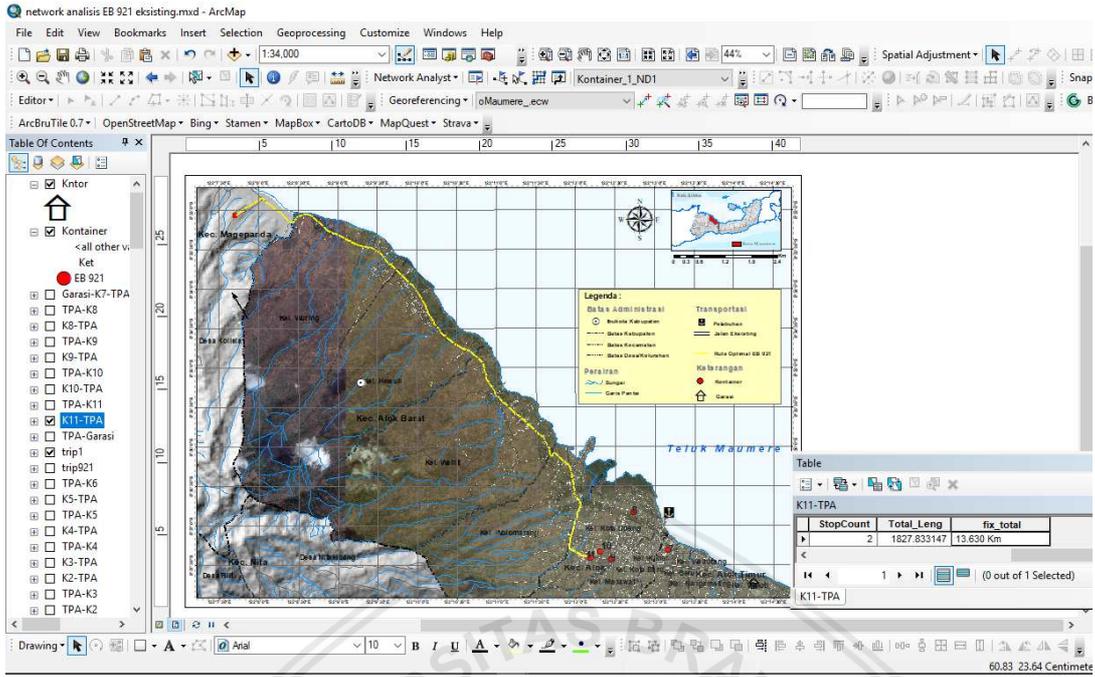


- *Rute optimal kendaraan arm roll truck EB 921*

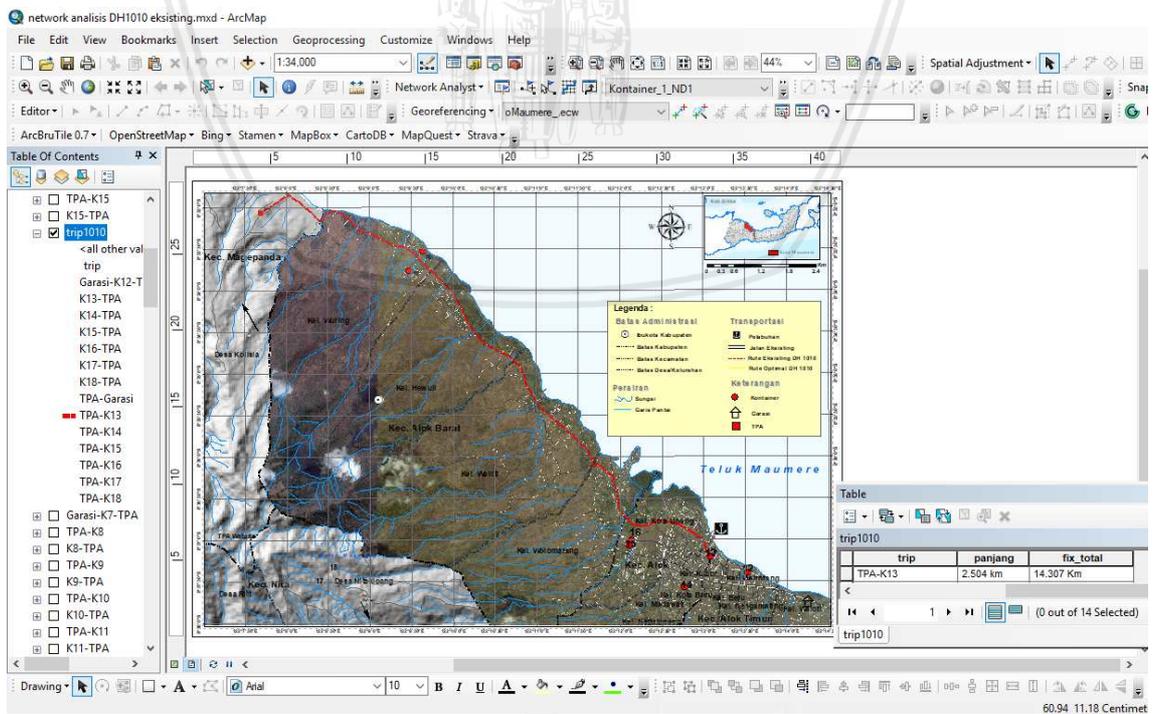
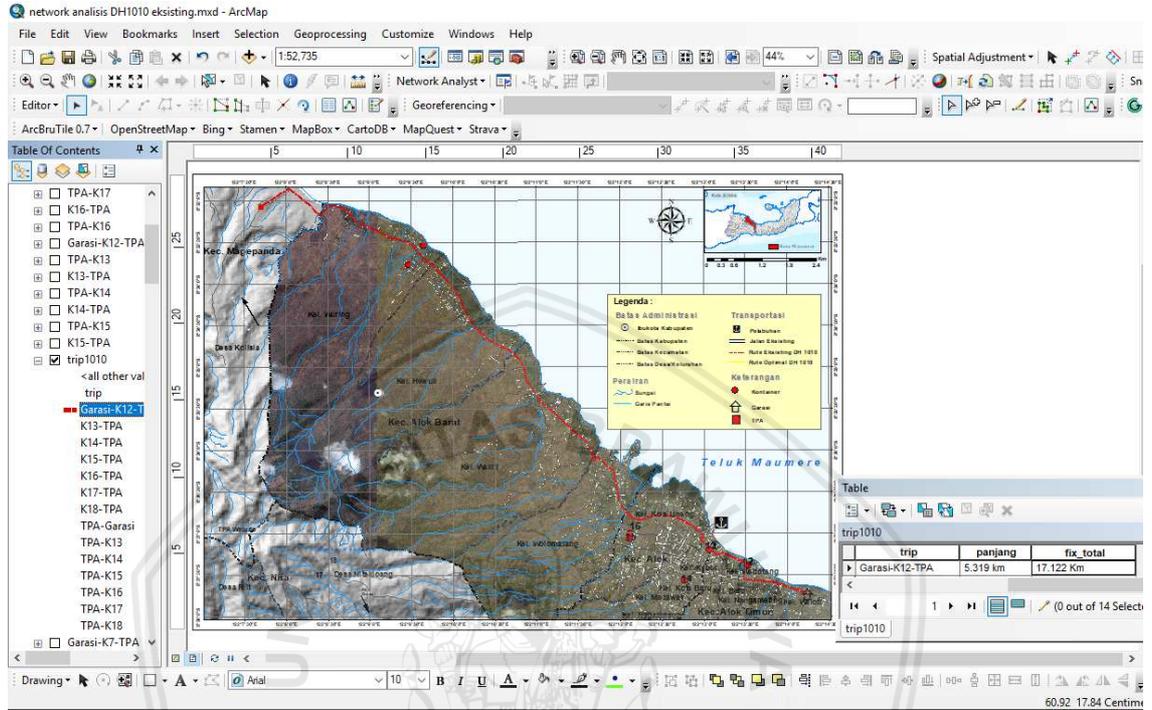


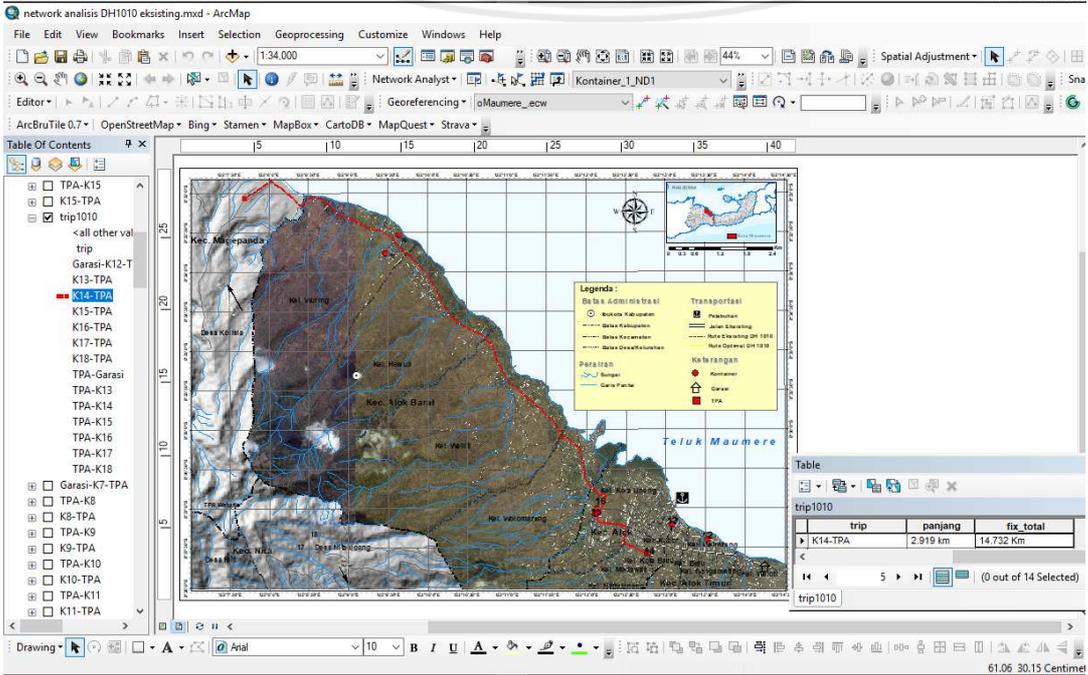
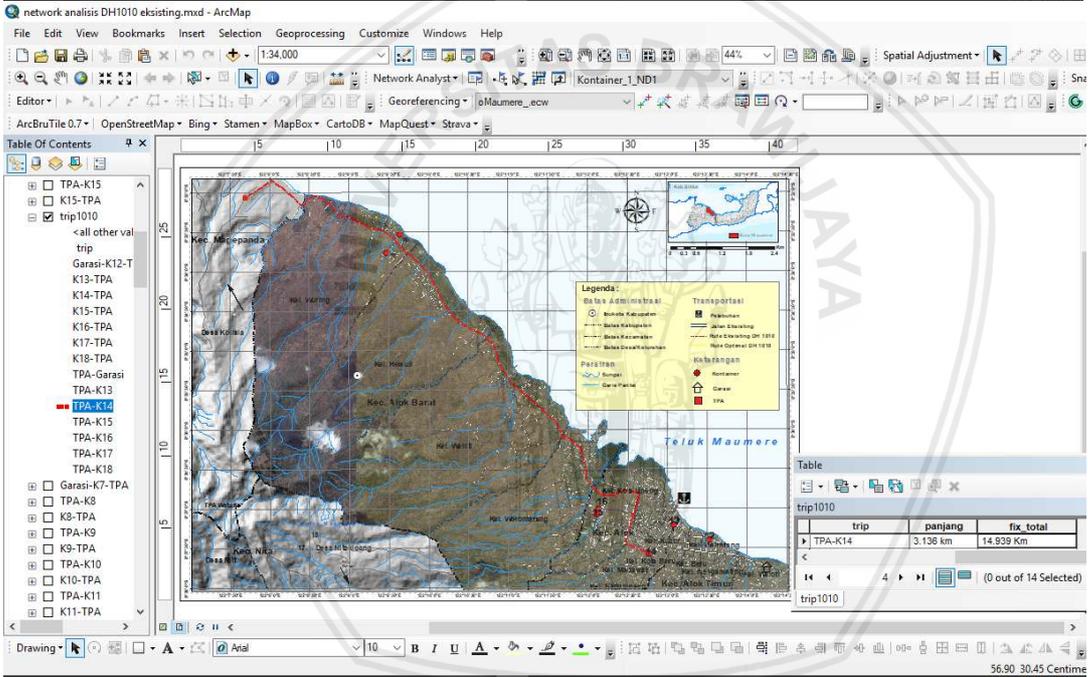
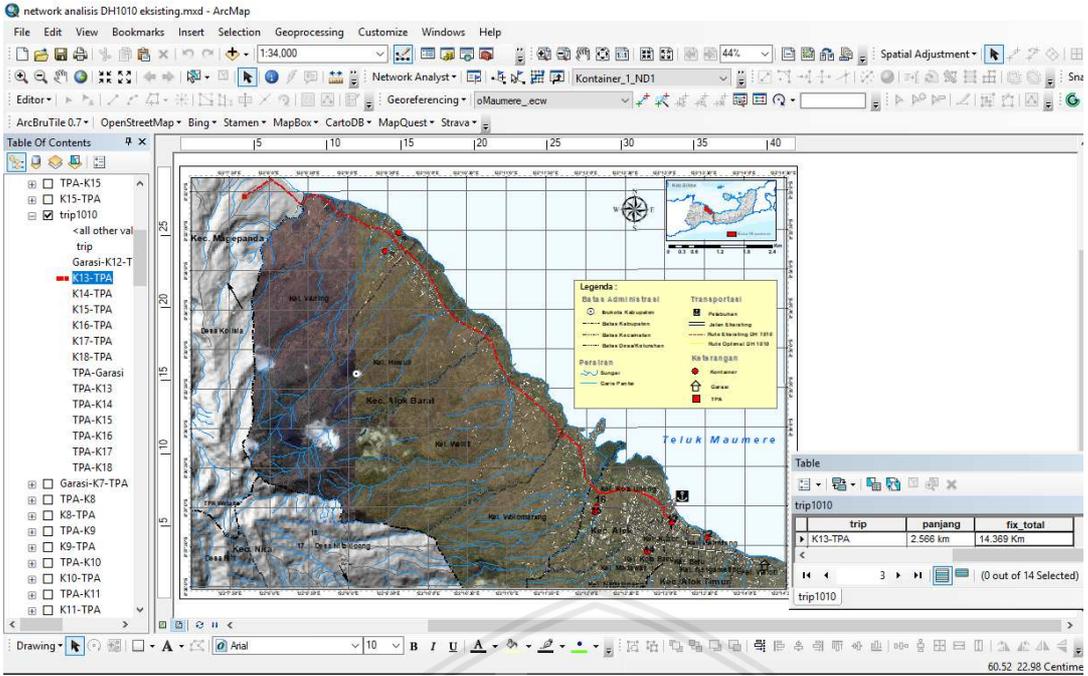


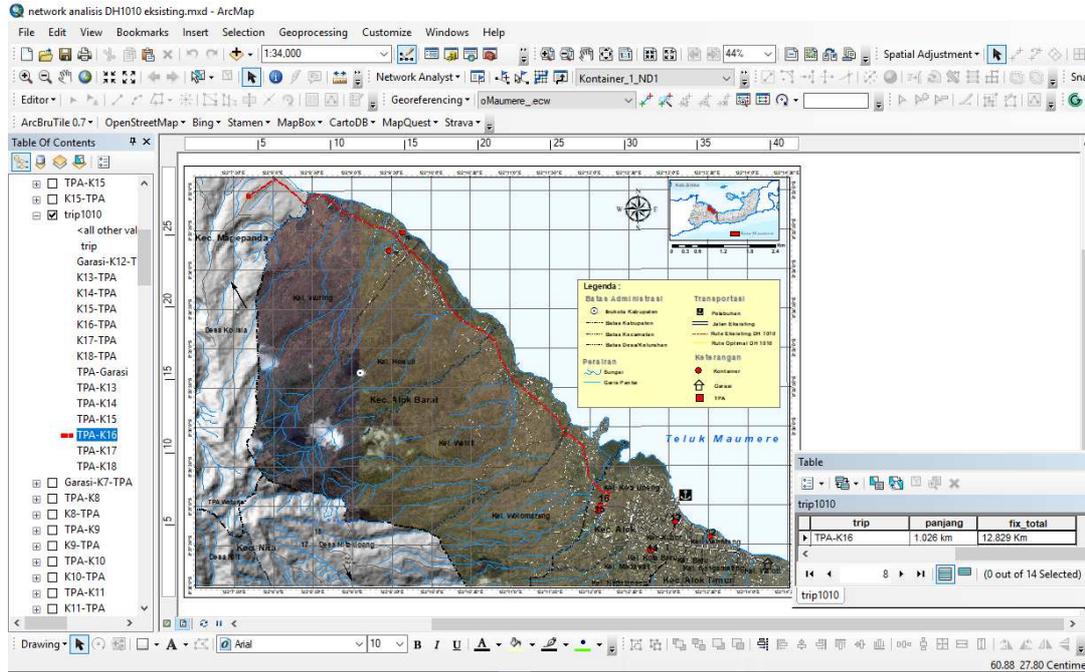
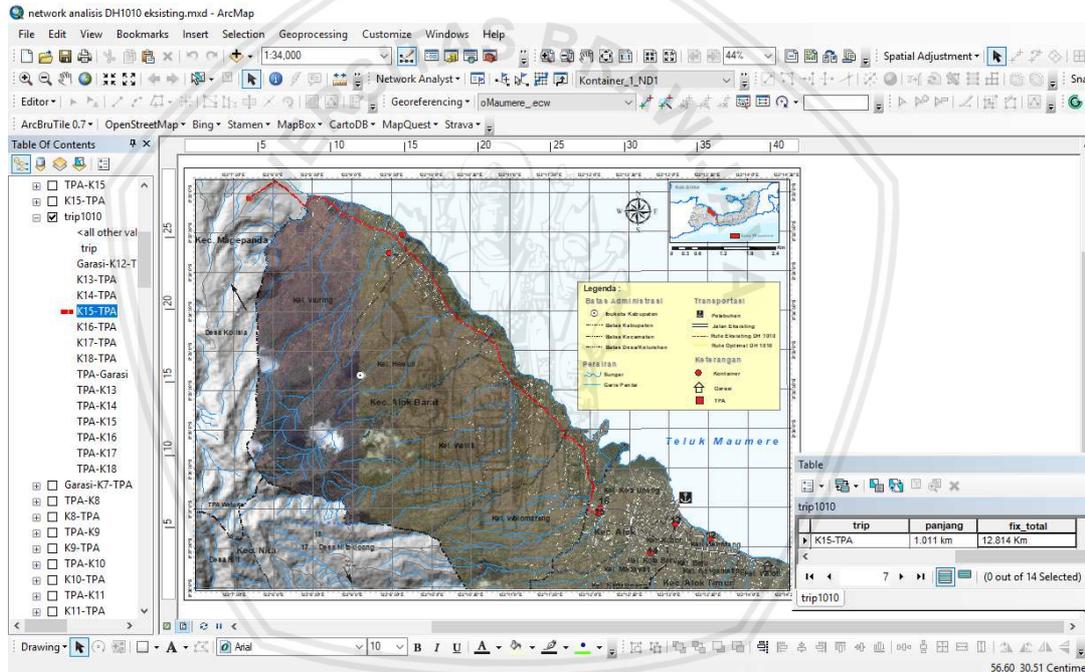
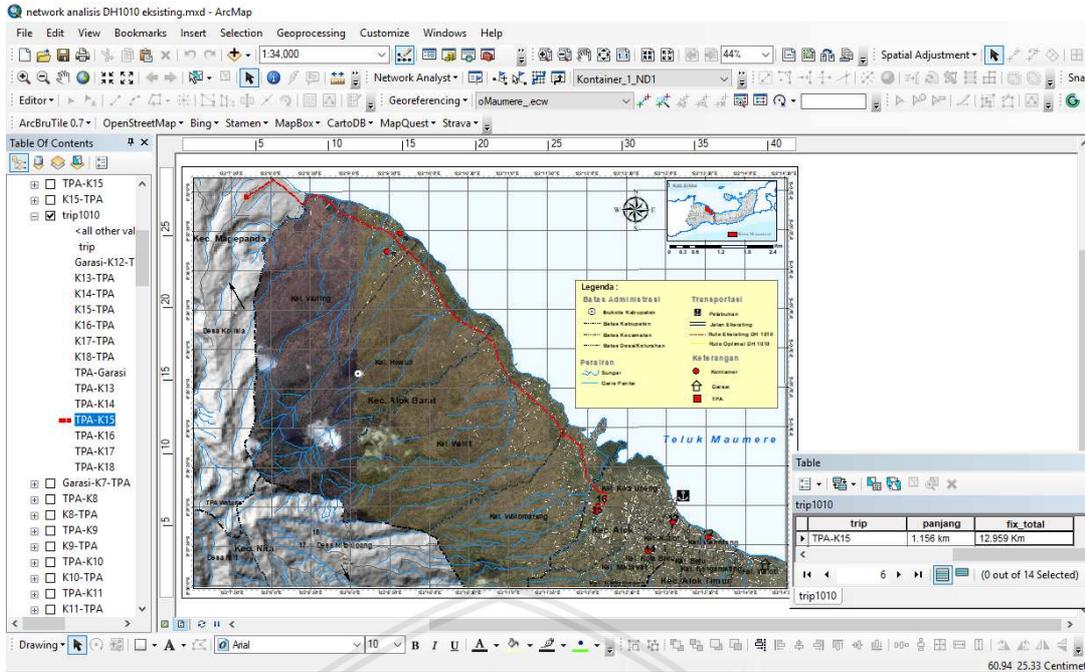


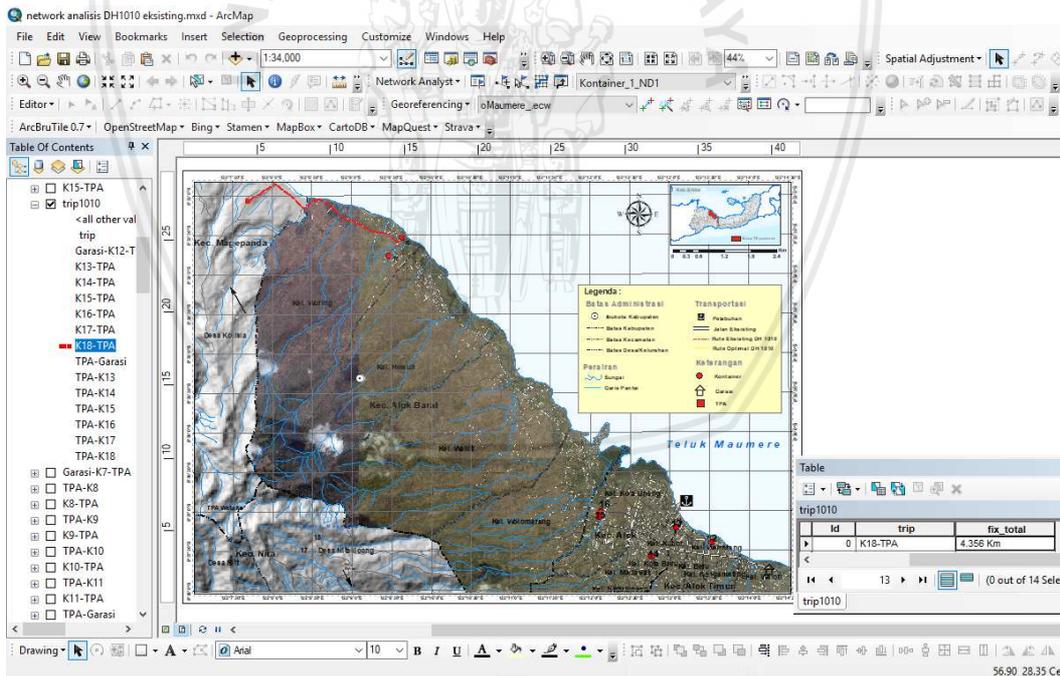
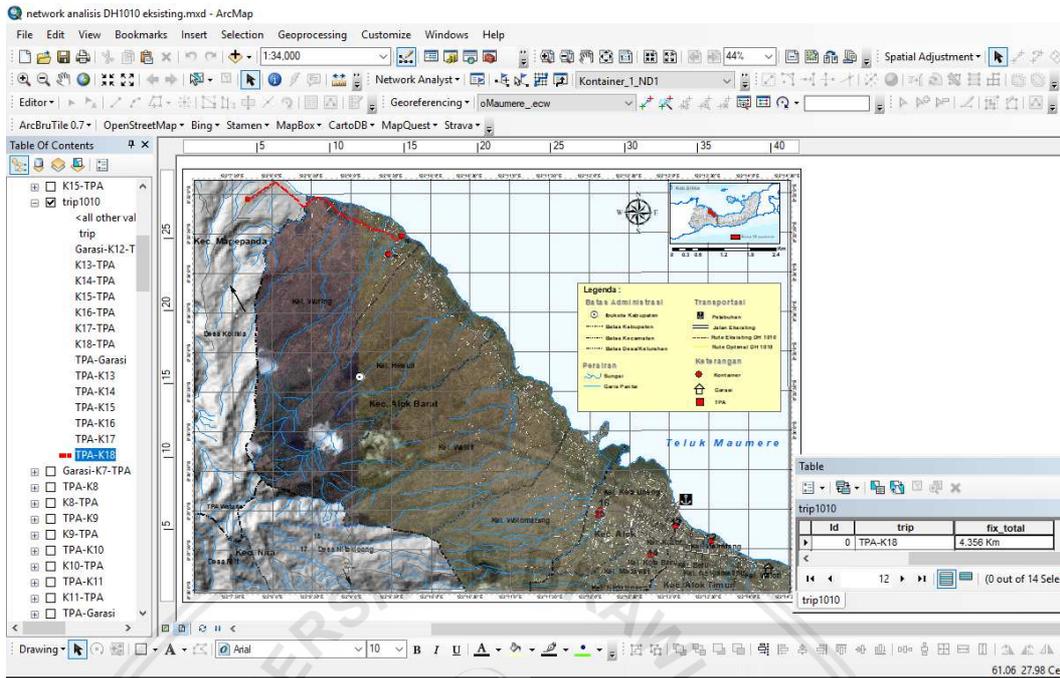


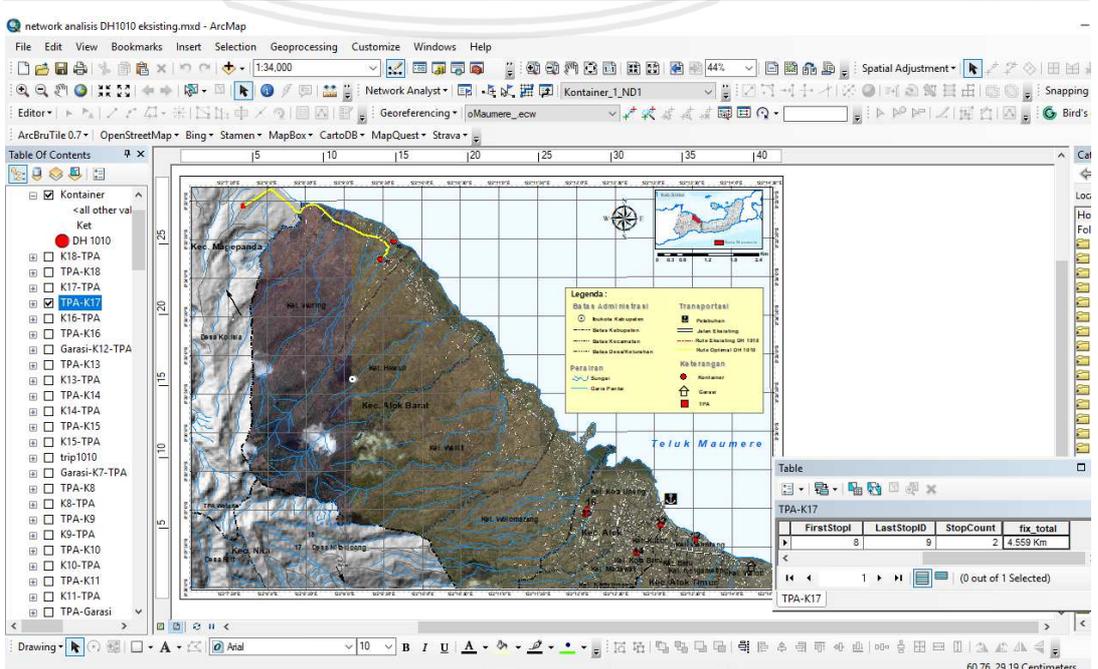
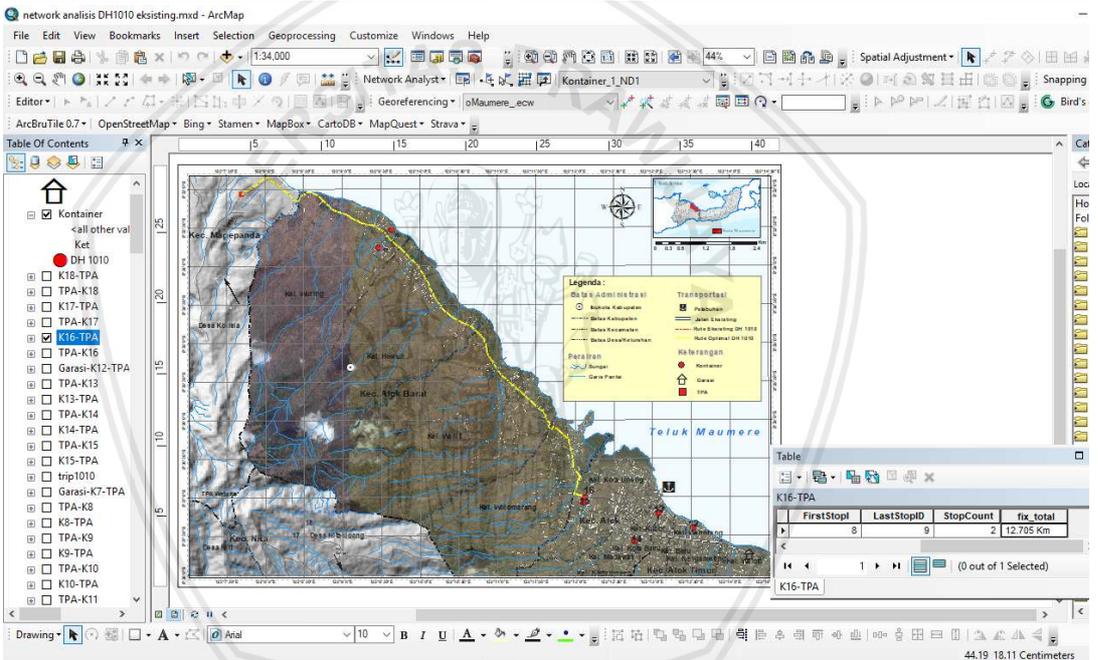
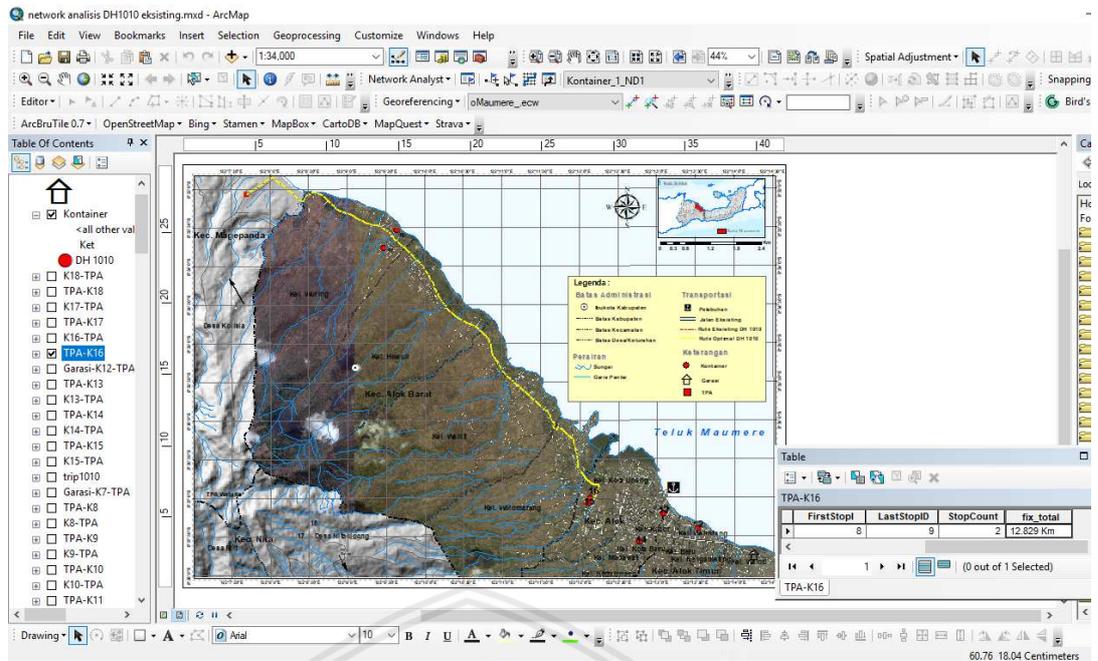
- Rute eksisting kendaraan *arm roll truck* DH 1010

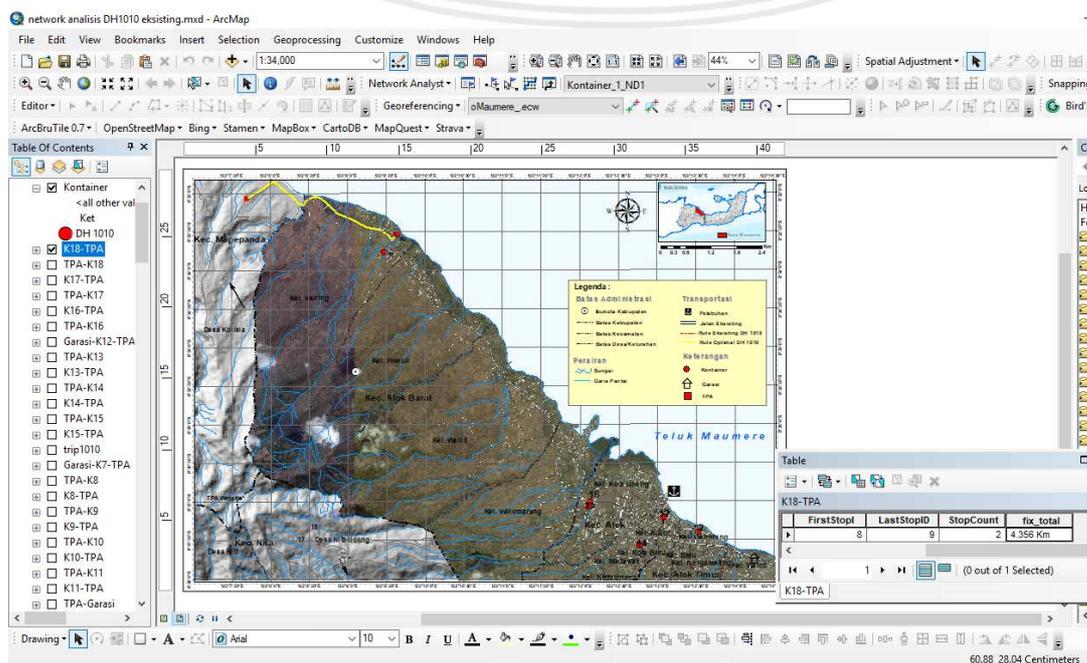
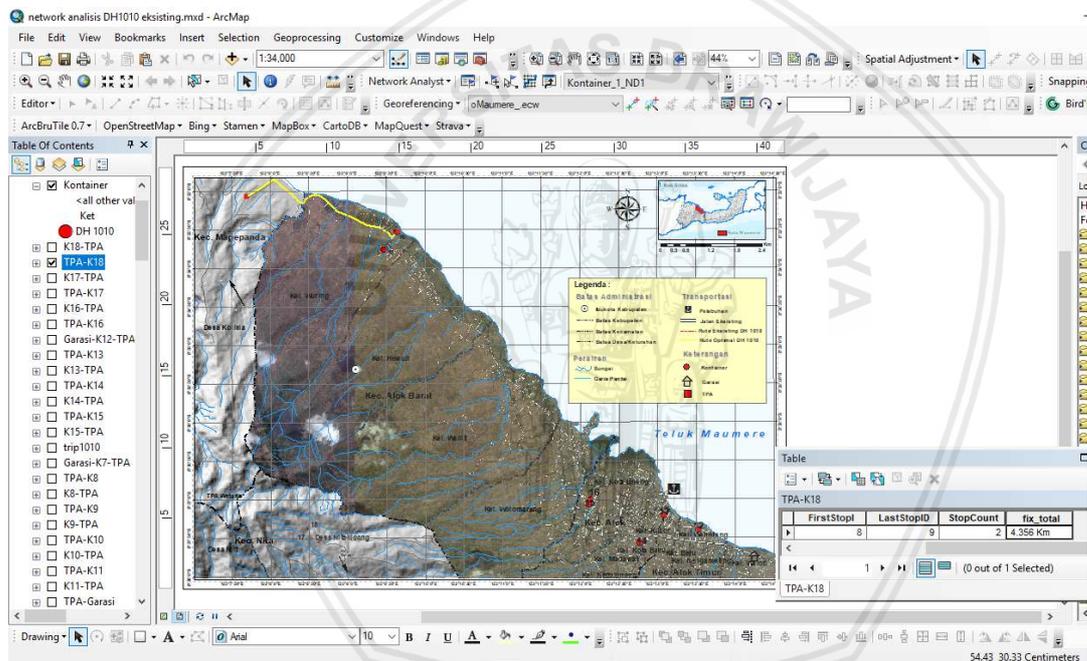
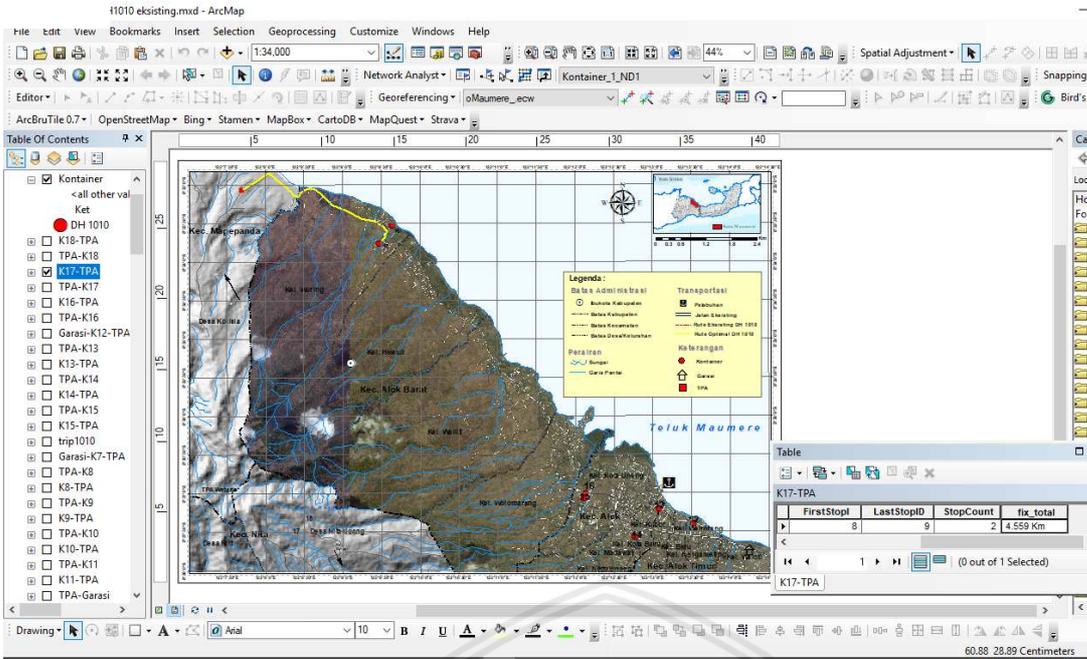


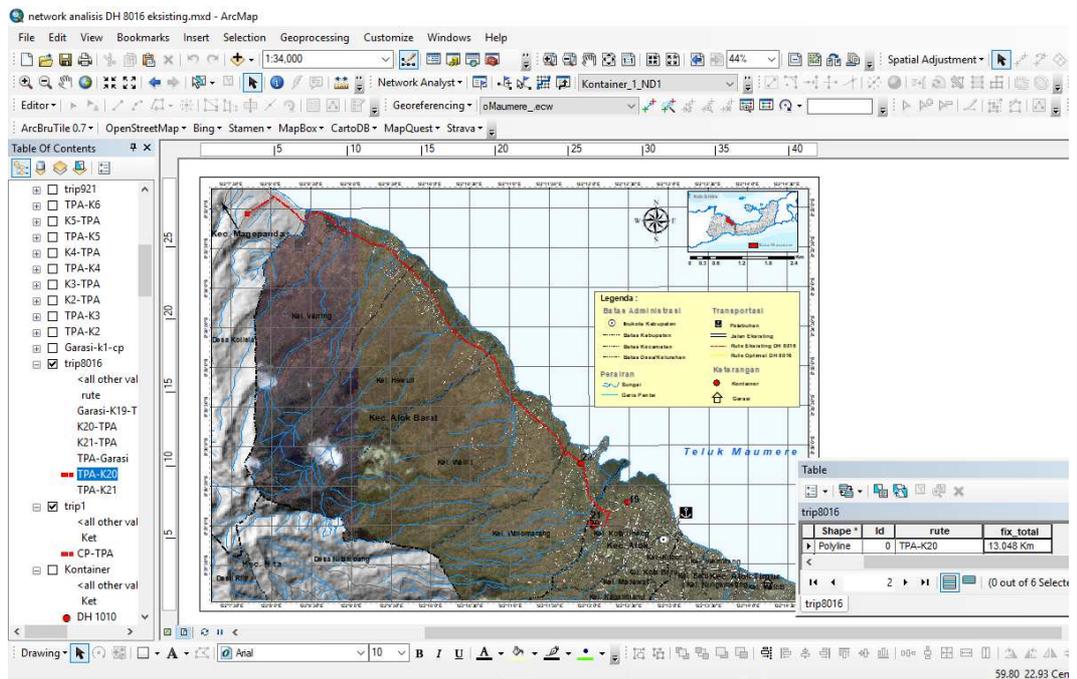
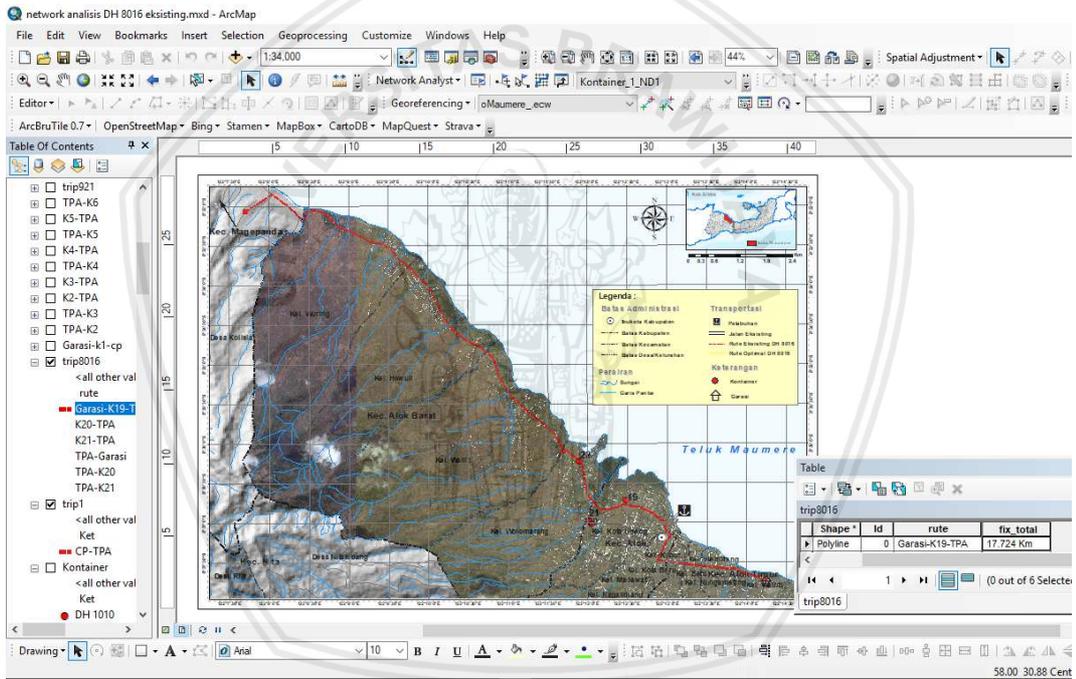
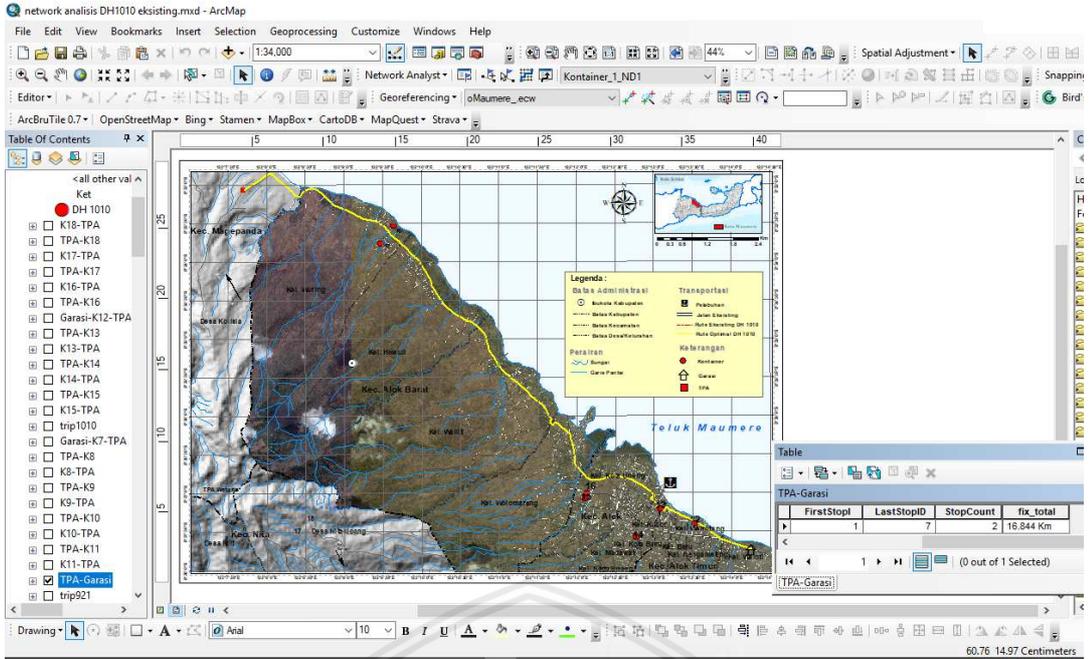


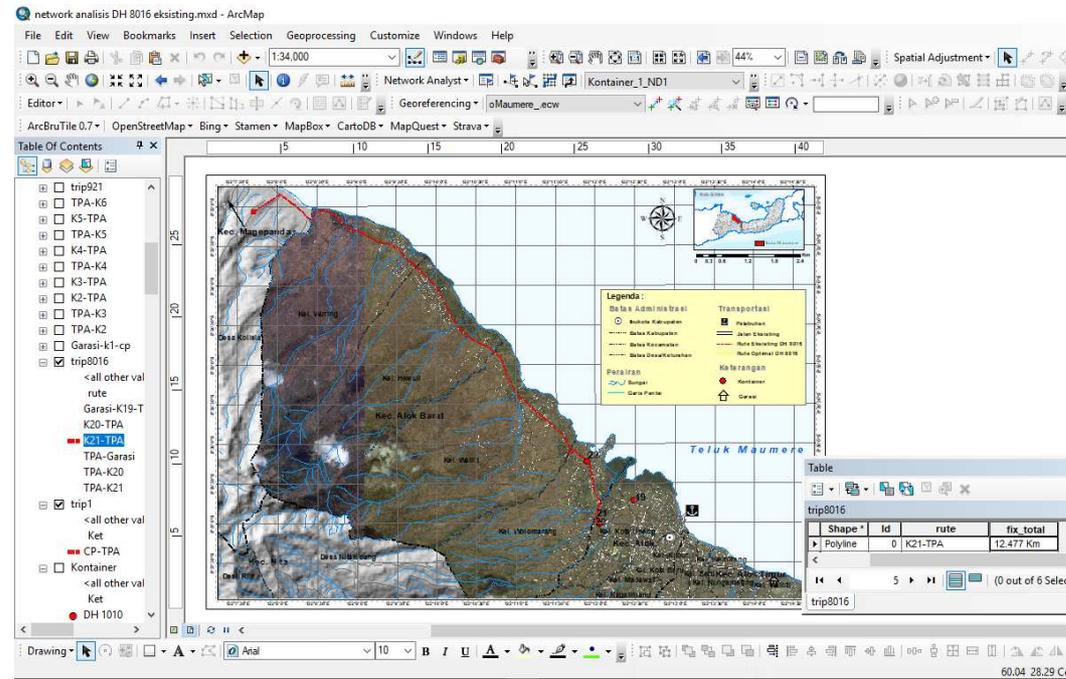
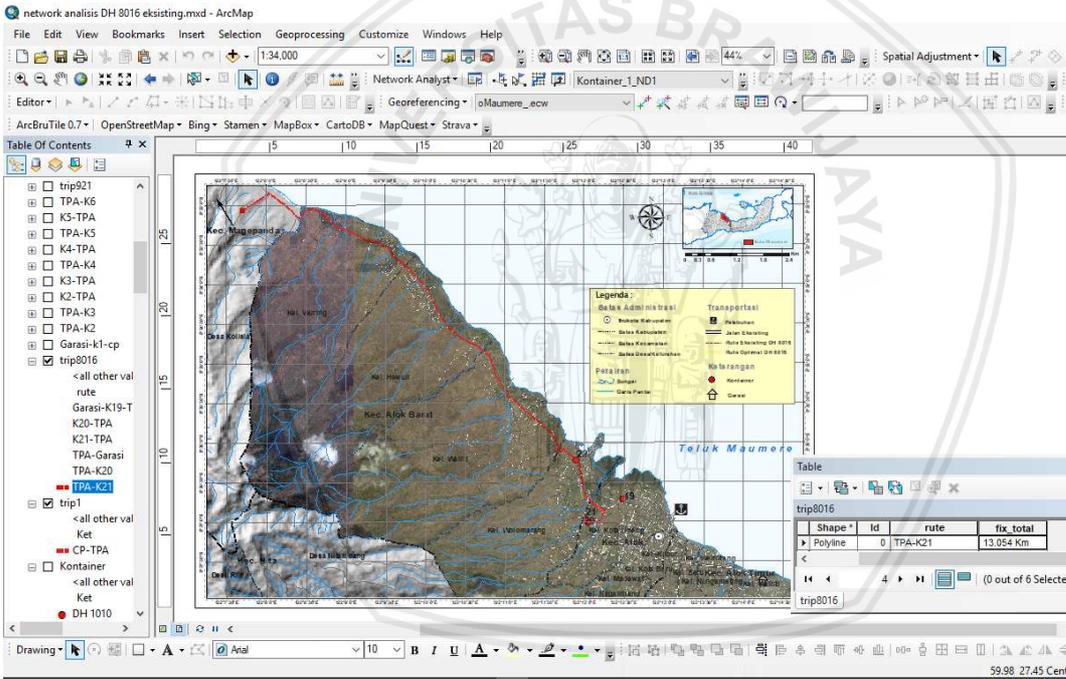
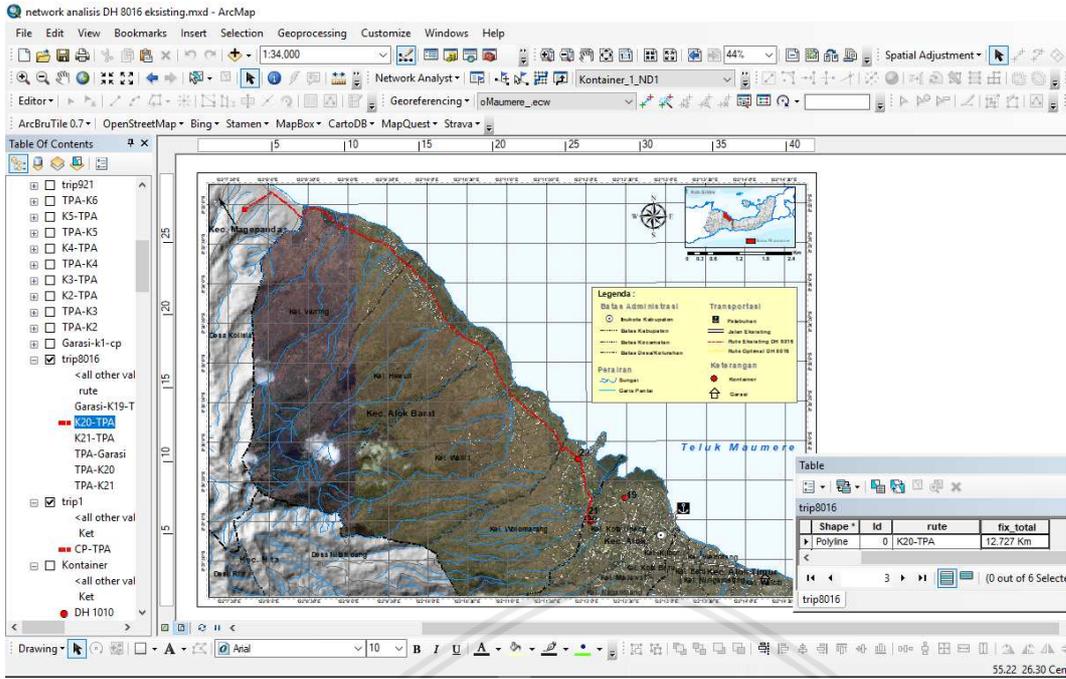


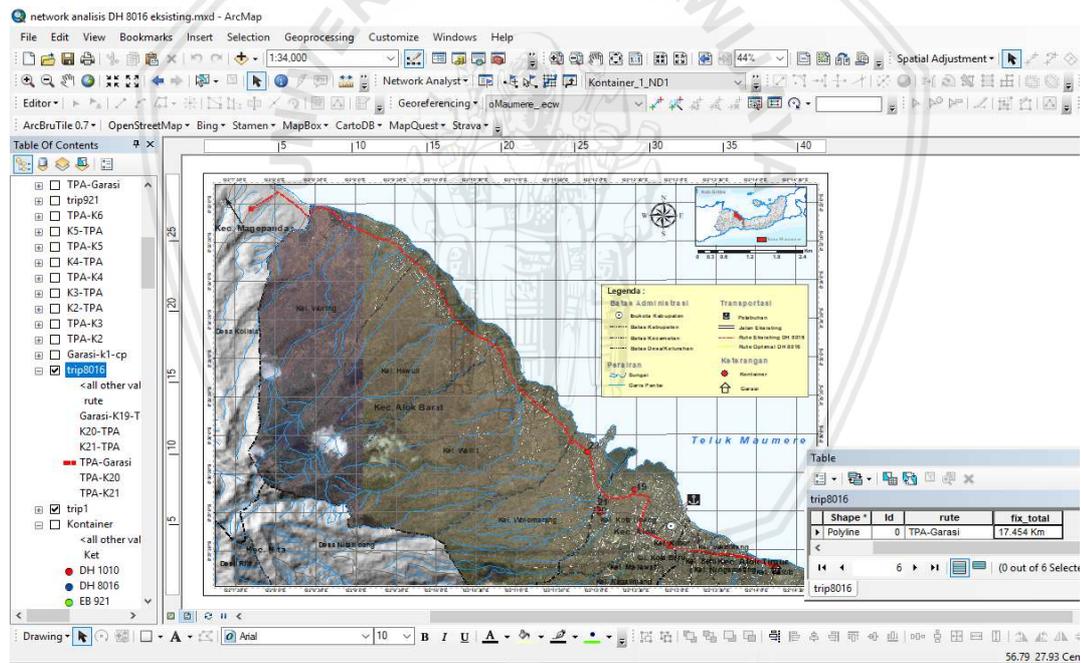
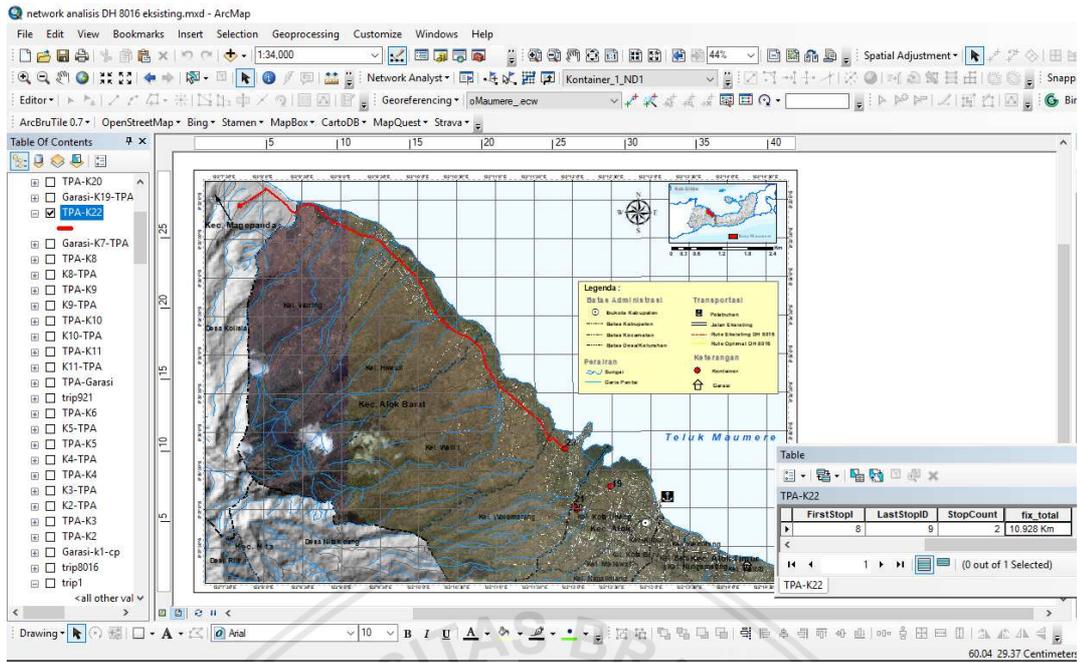




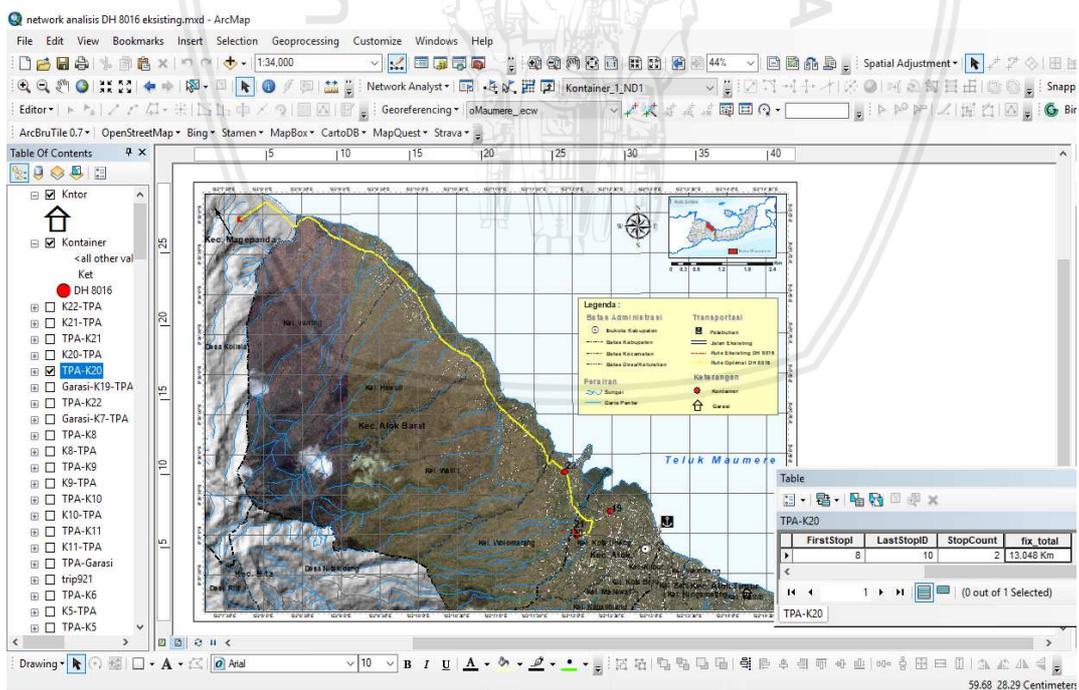
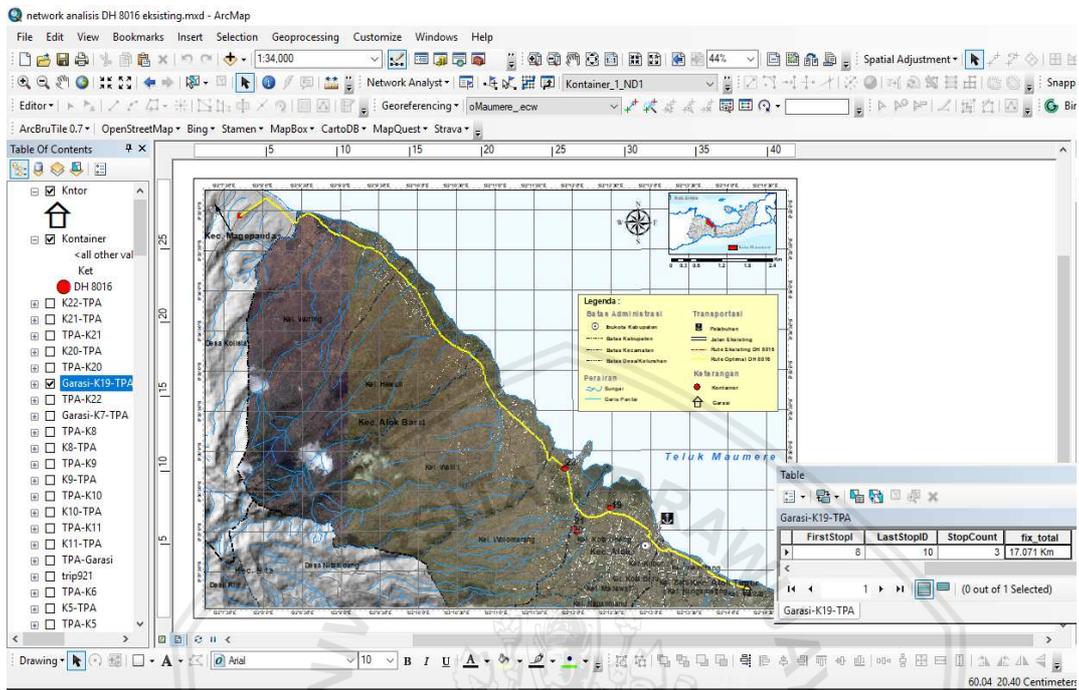


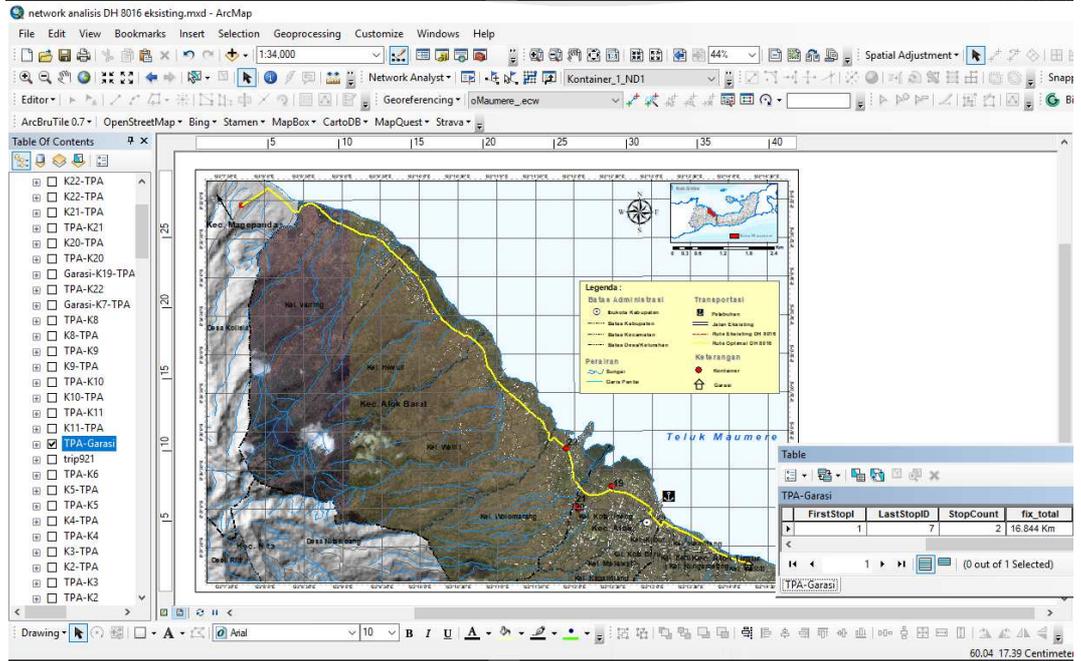
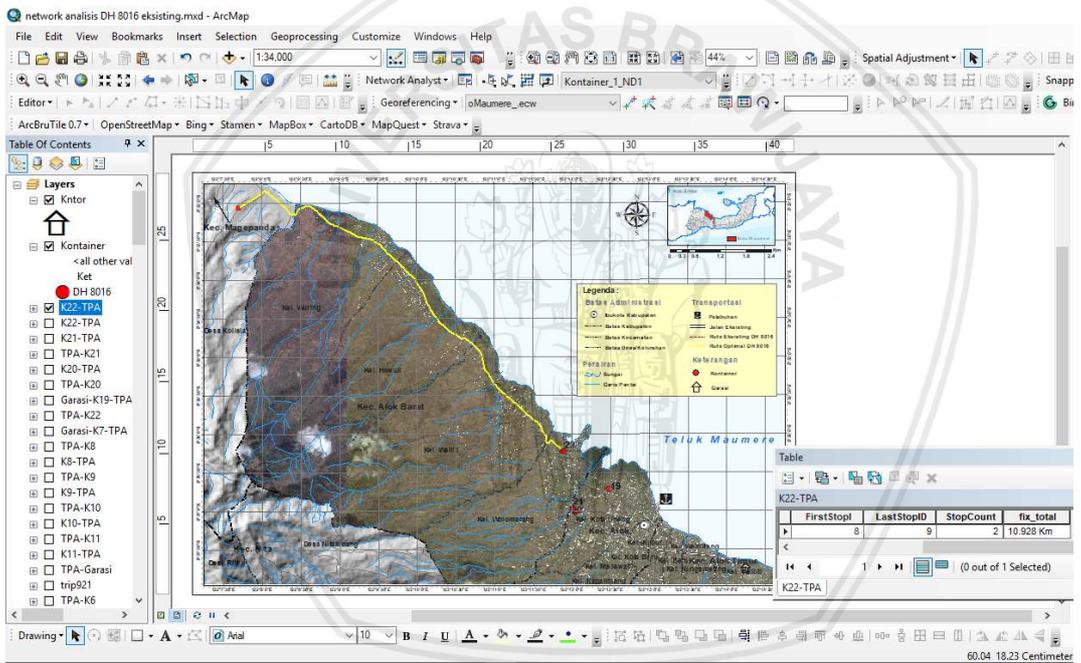
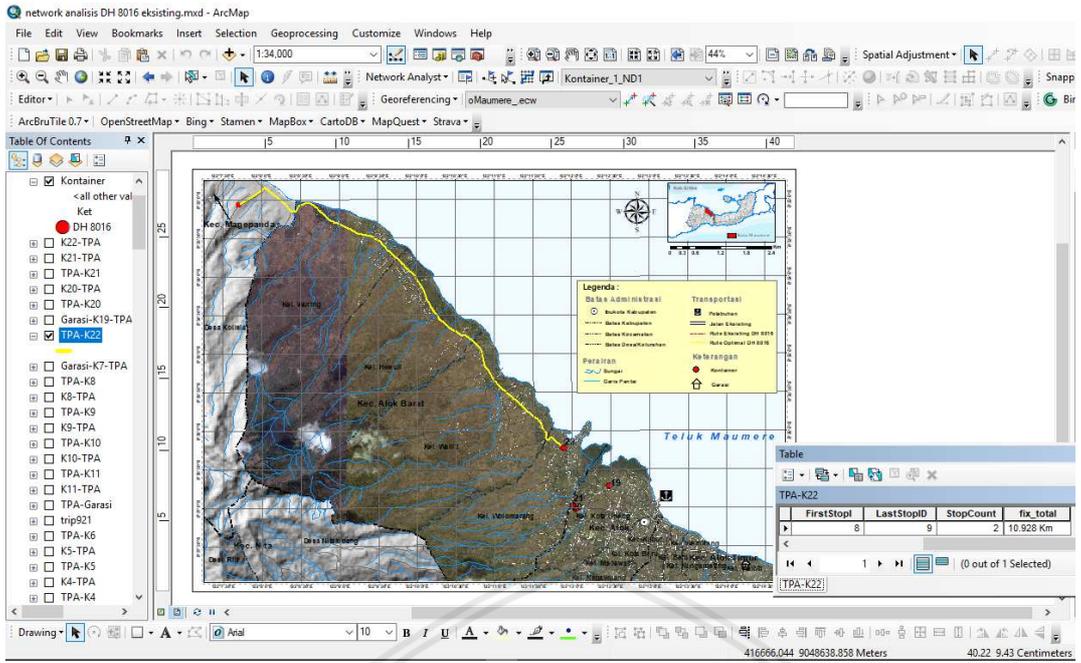






• Rute optimal kendaraan *arm roll truck* DH 8016





Perhitungan waktu tempuh kendaraan *arm roll truck* perhari

- contoh Kendaraan *arm roll truck* EB 924

Rute	Jarak (km)		Σ Traffic Light		Waktu Tempuh (Menit)	
	Eksisting	Optimal	Eksisting	Optimal	Eksisting	Optimal
Garasi-K1-TPA	17.224	16.802	4	-	0.55	0.42
TPA-K2	16.048	15.361	3	-	0.49	0.38
K2-TPA	15.292	15.266	-	-	0.38	0.38
TPA-K3	15.898	15.672	2	-	0.46	0.39
K3-TPA	15.680	15.644	2	-	0.45	0.39
TPA-K4	15.392	15.450	2	1	0.44	0.42
K4-TPA	15.166	15.159	2	-	0.44	0.38
TPA-K5	15.505	15.213	2	-	0.45	0.38
K5-TPA	15.260	15.200	2	-	0.44	0.38
TPA-K6	13.632	13.145	-	-	0.34	0.33
K6-TPA	13.145	13.145	-	-	0.33	0.33
TPA-Garasi	17.442	16.844	4	-	0.53	0.42
Total	185.684	182.901	23	1	5.33	5.0

Rumus mencari waktu tempuh adalah jarak eksisting atau optimal dibagi dengan rata-rata kecepatan kendaraan yaitu 40 Km/jam. Contoh untuk mengetahui waktu tempuh eksisting dengan rute Garasi-Kontainer 1 (K1)-TPA dengan perhitungan :

$\frac{17,224 \text{ Km (jarak tempuh)}}{40 \text{ Km/jam (kecepatan rata-rata kendaraan)}}$

$= 0,43 \text{ menit (waktu tempuh)}$

Dikarenakan rute yang ada melewati 4 *traffic light* dengan durasi masing-masing 30 detik, maka dari waktu tempuh kendaraan di tambah durasi dari *traffic light* yaitu selama 0,12 menit. Jadi total waktu tempuh kendaraan adalah $0,43 + 0,12 = 0,55$ menit untuk rute eksisting. Perhitungan ini berlaku sama untuk kendaraan lain dalam hal mencari waktu tempuh kendaraan baik dengan rute eksisting maupun dengan adanya optimasi rute.

Perhitungan jumlah emisi kendaraan *arm roll truck* perhari

Kendaraan	Eksisting				Optimal			
	Σ panjang rute (km)	CO (g/km) 8,4	Faktor Emisi HC (g/km) 1,8	NO _x (g/km) 17,7	Σ panjang rute (km)	CO (g/km) 8,4	Faktor Emisi HC (g/km) 1,8	NO _x (g/km) 17,7
EB 924	185,684	1.559,7	334,2	3.286,6	182,901	1.536,4	329,2	3.237,3
EB 921	144,783	1.216,2	260,6	2.562,7	143,962	1.209,3	259,1	2.548,1
DH 1010	161,761	1.358,8	291,2	2.863,2	161,043	1.352,8	289,9	2.850,5
DH 8016	108,340	910,1	195,0	1.917,6	107,077	899,4	192,7	1.895,3

Perhitungan faktor emisi CO, HC dan NO_x menggunakan perhitungan yang sama dimana sebagai contoh untuk menghitung kandungan CO pada kendaraan EB 924 dalam keadaan aksisting menggunakan rumus panjang rute x faktor emisi, dalam hal ini telah diketahui panjang jarak tempuh kendaraan adalah 185,684 km, maka untuk mengetahui total emisi CO yang dihasilkan dengan angka faktor emisinya adalah 8,4 g/km adalah $185,684 \times 8,4 = 1559,7$ gram kandungan CO yang dihasilkan dari jarak tempuh kendaraan EB 924 sejauh 185,684 km. perhitungan ini berlaku untuk perhitungan HC dan NO_x, baik dalam kondisi eksisting maupun setelah dioptimasi rute pengangkutan.

Perhitungan biaya bahan bakar kendaraan *arm roll truck* perhari

Kendaraan	Eksisting		Optimal	
	Σ panjang rute (km)	Biaya (Rp)	Σ panjang rute (km)	Biaya (Rp)
EB 924	185.684	136.746,98	182.901	134.697,44
EB 921	144.783	106.625,44	143.962	106.020,81
DH 1010	161.761	119.128,89	161.043	118.600,12
DH 8016	108.340	79.786,99	107.077	78.856,86
Total		442.288,30		438.175,23

Untuk perhitungan biaya bahan bakar (solar) yang dikeluarkan tiap kendaraan dilihat dari jarak tempuh kendaraan tiap harinya. Untuk tiap kilometer jarak tempuh kendaraan dapat menghabiskan solar sekitar 0,143 liter dengan harga bahan bakar solar Rp. 5.150 per liter. Dikarenakan harga satuan 1 liter adalah Rp. 5.150, maka untuk setiap kilometer kendaraan dapat mengeluarkan biaya Rp. 5.150 x 0,143 liter maka diperoleh Rp 736,45. Untuk contoh perhitungan kendaraan EB 924 dengan panjang rute eksisting adalah 185,684 km x Rp 736,45 = Rp 136.746,98 biaya bahan bakar yang dikeluarkan untuk panjang rute 185,684 km. perhitungan ini berlaku sama dengan kendaraan lain yang ada baik dalam kondisi eksisting maupun adanya optimasi rute.

Volume sampah yang tidak terangkut

Kecamatan	Jumlah TPS		Jumlah sampah yang belum terangkut								
			Senin			Kamis			Sabtu		
	Bak sampah (2m3)	Kontainer (6m3)	Bak sampah (2m3)	Kontainer (6m3)	jumlah sampah (m3)	Bak sampah (2m3)	Kontainer (6m3)	jumlah sampah (m3)	Bak sampah (2m3)	Kontainer (6m3)	jumlah sampah (m3)
Alok Timur	21	7	7	2	32	4	1	14	2	1	10
Alok	28	12	2	1	10	3	1	12	1	1	8
Alok Barat	2	3	0	1	6	0	1	6	0	0	0
Total	51	22			48			32			18

Kecamatan	Jumlah TPS		Jumlah sampah yang belum terangkut		
			Senin	Kamis	Sabtu
	Bak sampah (2m3)	Kontainer (6m3)	jumlah sampah (m3)	jumlah sampah (m3)	jumlah sampah (m3)
Alok Timur	21	7	32	14	10
Alok	28	12	10	12	8
Alok Barat	2	3	6	6	0
Total	51	22	48	32	18