

**STUDI OPTIMASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH KOTA
MARABAHAN DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS**
*OPTIMATION STUDY OF WASTE TRANSPORTATION IN MARABAHAN CITY USING
GEOGRAFIS INFORMATION SYSTEM*

M. Rasyid Ridha^{*}, Chairul Abdi, dan Rizqi Puteri Mahyudin

*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jl A. Yani Km.36,5 Banjarbaru Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia*

E-mail: entrepren.muda@gmail.com

ABSTRAK

Pemindahan lokasi TPA di Kota Marabahan menyebabkan penambahan jarak tempuh pengangkutan sampah. Rute pengangkutan yang digunakan saat ini masih menggunakan rute yang sama dengan pengangkutan sampah yang lama. Pemilihan rute angkutan sampah yang kurang tepat akan menambah biaya operasional sehingga perlu ada studi lebih lanjut tentang masalah ini. Studi ini bertujuan untuk mengetahui sistem pengangkutan sampah eksisting di Kota Marabahan dan mengoptimalkan rute pengangkutan sampah di Kota Marabahan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Optimasi rute sampah dalam penelitian ini menggunakan SIG dengan bantuan fitur Network Analyst (NA). Hasil analisis menunjukkan bahwa pengangkutan sampah eksisting menggunakan pola Stationary Container System (SCS). Jarak rata-rata yang ditempuh kendaraan pada rute eksisting adalah 72, 51 km. Hasil running menghasilkan jarak rute alternatif yang lebih pendek dibandingkan dengan jarak rute eksisting. Jarak rata-rata yang ditempuh masing kendaraan pada rute alternatif adalah 68,03 km. Rute dari kendaraan 1 merupakan rute dengan selisih paling kecil yaitu 1,696 km atau terjadi pengurangan sebesar 3%. Rute dengan selisih paling besar adalah rute pada kendaraan 2 pada ritasi kedua dengan selisih 7,841 km atau pengurangan sebesar 11%. Total keseluruhan selisih dari rute alternatif dengan rute eksisting adalah sebesar 22,365 km/hari atau dengan rata-rata pengurangan sebesar 6 %.

Kata kunci: *Rute pengangkutan, Optimasi, SIG, Network Analyst*

ABSTRAK

The transfer of the municipal landfill site Marabahan causes additional waste transport mileage. The transport route used today still use the same route as the old waste transport. Selection of the lack of proper waste transportation will increase operating costs so it needs no further study of this issue. This study aims to determine the existing waste transportation system in the city Marabahan and optimizing transport of waste in these Marabahan using Geographic Information System (GIS). Route optimization garbage in this study using GIS with the help of features Network Analyst (NA). The analysis shows that existing waste transportation use patterns Stationary Container System (SCS). The average distance that pursued the vehicle on existing routes is 72, 51 km. The results of running generate alternative route distance is shorter than the existing route distance. The average distance that each vehicle taken at an alternative route is 68.03 km. Route of the vehicle 1 is the route with the most minor difference is 1,696 km, or a reduction of 3%. The biggest difference is with the vehicle 2 on

ritasi second with a difference of 7.841 km or a reduction of 11%. Total difference of these existing alternative route amounted to 22.365 km / day or with an average reduction of 6%.

Keywords: Rute pengangkutan, Optimasi, SIG, Network Analyst.

1. PENDAHULUAN

Isu-isu lingkungan yang berhubungan dengan transportasi sampah menjadi perhatian utama para pelaku pengelolaan sampah dan juga masyarakat. Pelayanan sistem pengangkutan sampah domestik yang baik dengan rute yang optimal akan mengurangi dampak buruk dari kegiatan tersebut terhadap lingkungan (Clifford, 2008). Menurut Rahardjo (2010), perencanaan rute dan jadwal pengangkutan sampah yang efisien merupakan hal yang terpenting dalam perbaikan sistem pengangkutan sampah. Pemilihan rute kendaraan akan menentukan total jarak perjalanan armada. Rute yang optimal merupakan tujuan penentuan rute pengambilan sampah. Rute dianggap optimal jika didapatkan rute sependek mungkin dari titik-titik TPS ke titik TPA dengan hambatan yang sekecil mungkin (Hadijah, 2013)

Optimasi rute sampah dalam penelitian ini menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan bantuan fitur *Network Analyst* (NA). SIG digunakan untuk mendukung pencarian rute pengangkutan sampah yang berbasis data spasial geografis. SIG dapat mengumpulkan, menyimpan, mengubah, dan menganalisis hingga menampilkan data spasial ke bentuk peta yang menampilkan sejumlah informasi, sehingga teknik ini sering digunakan untuk pemecahan masalah rute pengangkutan sampah (Lakshumi, 2006).

Kota Marabahan adalah ibukota dari kabupaten Barito Kuala. Pada awalnya, pengangkutan sampah ditujukan ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Hutan Raya yang berada di arah barat kota sekitar perbatasan Kota Marabahan dan Kecamatan Barambai yang berjarak ± 6 km dari pusat kota. Tetapi sejak tanggal 1 November 2014, pengangkutan sampah ditujukan ke TPA Tabing Rimbah yang lokasinya lebih jauh yaitu di arah barat daya kota, di Kecamatan Mandastana yang berjarak $\pm 32,5$ km dari pusat kota. Pemilihan rute angkutan sampah yang kurang tepat akan menambah biaya operasional sehingga perlu ada studi lebih lanjut tentang masalah ini. Studi optimasi rute pengangkutan sampah di Kota Marabahan ini difokuskan pada dua pertanyaan, yaitu:

1. Bagaimana sistem pengangkutan sampah eksisting di kota Marabahan?
2. Bagaimana rute pengangkutan sampah yang optimal di kota Marabahan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)?

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengangkutan Sampah

Sampah perkotaan adalah sampah yang timbul di kota. Dalam menangani pengelolaan sampah perkotaan ini akan selalu mengacu pada SNI 19-2454-2002 mengenai Tata Cara Teknik Operasional Sampah Perkotaan. Menurut Damanhuri (2010), pengangkutan sampah dimaksudkan sebagai kegiatan operasi yang dimulai dari titik pengumpulan terakhir dari suatu siklus pengumpulan sampah ke TPA atau TPST pada pengumpulan dengan pola individual langsung atau dari tempat pemindahan (Transfer Depo, transfer station), penampungan sementara (TPS, LPS, TPS 3R) atau tempat penampungan

komunal sampai ke tempat pemrosesan 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

Pengangkutan sampah adalah sub-sistem yang bersasaran membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju tempat pemrosesan akhir (TPA). Pengangkutan sampah merupakan salah satu komponen penting dan membutuhkan perhitungan yang cukup teliti, dengan sasaran mengoptimalkan waktu angkut yang diperlukan dalam sistem tersebut, khususnya bila:

1. Terdapat sarana pemindahan sampah dalam skala cukup besar yang harus menangani sampah.
2. Lokasi titik tujuan sampah relatif jauh.
3. Sarana pemindahan merupakan titik pertemuan masuknya sampah dari berbagai area.
4. Ritasi perlu diperhitungkan secara teliti.
5. Masalah lalu-lintas jalur menuju titik sasaran tujuan sampah.

Dengan optimasi sub-sistem ini diharapkan pengangkutan sampah menjadi mudah, cepat, dan biaya relatif murah. Di negara maju, pengangkutan sampah menuju titik tujuan banyak menggunakan alat angkut dengan kapasitas besar, yang digabung dengan pemadatan sampah. Bila mengacu pada sistem di negara maju, maka pengangkutan sampah dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *Hauled Container System* (HCS) dan *Stationary Container System* (SCS).

2.2 Perhitungan Waktu Operasional Pengangkutan Sampah

Menurut Damanhuri (2010) dalam Hapsari (2012), waktu operasional pengangkutan (T) merupakan akumulasi dari *pick up time* dan *haul time* ditambahkan dengan waktu *at-site*. Waktu *at-site* adalah waktu yang digunakan untuk membongkar sampah dari dalam bak kendaraan pengangkut ke lahan di TPA. Untuk perhitungan waktu operasional pengangkutan sampah atau untuk sistem HCS digunakan persamaan-persamaan berikut :

$$THCS = PHCS + h + S \quad (1)$$

Dimana :

h = waktu yang diperlukan menuju lokasi yg akan diangkut kontainernya (jam/trip)

S = *at site* / waktu pembongkaran / pengosongan setiap trip (jam/trip)

$PHCS$ = *Pick up time* (jam/trip)

$THCS$ = waktu operasional pengangkutan sampah (jam/trip)

Pick up time dalam pola HCS adalah waktu yang diperlukan untuk memindahkan kontainer yang penuh dari lokasi ke atas *armrool* truk dan waktu untuk memindahkan kontainer kosong. Sedangkan *haul time* (*h*) untuk sistem HCS adalah waktu untuk perjalanan menuju lokasi pembongkaran muatan / pengosongan kontainer. Dihitung mulai dari saat kontainer yang penuh sudah berada di atas *armrool* truk sampai dengan truk tiba di lokasi pembongkaran/pengosongan dan mulai dari saat kontainer yang sudah dikosongkan berada di atas *armrool* truk sampai dengan truk tiba di lokasi penempatan kontainer kosong tersebut. Berikut ini adalah persamaan untuk *haul time* (*h*) pada pola HCS.

$$h = l/v \quad (2)$$

Dimana :

h = waktu pengangkutan (*haul*) setiap trip (jam/trip)

l = jarak tempuh (km/trip)

v = kecepatan pengangkutan (km/jam)

Sedangkan untuk perhitungan waktu operasional pengangkutan sampah dengan pola SCS digunakan persamaan berikut :

$$TSCS = PSCS + S + h \quad (3)$$

Dimana :

TSCS = waktu yang diperlukan setiap trip (jam/trip)

PSCS = waktu pemuatan (*pick up*) setiap trip (jam/trip)

h = waktu yang diperlukan menuju lokasi yang akan diangkut sampahnya (jam/trip)

S = waktu pembongkaran / pengosongan (*at site*) setiap trip (jam/trip)

Pick up time dalam pola SCS adalah waktu yang diperlukan untuk memindahkan sampah dari TPS ke dalam bak kendaraan pengangkut. Sedangkan *haul time* adalah waktu yang diperlukan untuk menuju titik lokasi yg akan diangkut sampahnya.

2.3 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem komputer yang digunakan untuk memasukkan (*capturing*), menyimpan, memeriksa, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan data-data yang berhubungan dengan posisi-posisi di permukaan bumi. SIG mendukung pengambilan keputusan spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi- deskripsi lokasi dengan karakteristik- karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut.

Dalam SIG terdapat dua jenis data, yaitu data spasial dan data atribut. Data spasial adalah data yang menggambarkan posisi suatu objek di dunia nyata. Data spasial dapat bereferensi pada suatu sistem tertentu (bergeoreferensi) maupun tidak. Sedangkan data atribut adalah data yang menggambarkan karakteristik suatu objek selain dari faktor lokasinya (Prahasta, 2002).

2.4 Network Analyst

Jaringan (*network*) ditinjau dari bentuk presentasi grafis adalah suatu sistem yang menghubungkan suatu objek fitur secara linier (Ristandi, 2004). Pada sistem ini terdapat objek yang bergerak,

berpindah dari satu kedudukan ke kedudukan lain melalui objek jaringan yang menghubungkan antar kedudukan tersebut. Hal ini merupakan ciri khas dari sistem jaringan. Contoh sederhana dari sistem jaringan adalah jaringan transportasi. Dimana terdapat kendaraan yang berpindah dari satu kedudukan ke kedudukan lain melalui media jaringan jalan raya. NA mendukung *Vehicle Routing Problem (VRP)* yaitu sebuah cakupan masalah dimana ada sejumlah rute untuk sejumlah kendaraan yang berada pada satu atau lebih depot yang harus ditentukan jumlahnya agar tersebar secara geografis sehingga dapat melayani *customer* yang tersebar. Tujuan dari VRP adalah mengantarkan barang pada *customer* dengan biaya minimum melalui rute-rute kendaraan yang keluar-masuk depot.

Pada NA diperlukan *network dataset* yang dibangun berdasarkan data jalan dengan penentuan parameter jarak, atau waktu sebagai atribut. Pada penyelesaian rute optimal, parameter jarak atau waktu akan dijadikan sebagai penentu rute terbaik. SIG mampu menghasilkan keluaran routing VRP yang didasarkan pada data jalan (*network dataset*) yang telah dibangun, sehingga implementasinya lebih kepada permasalahan dunia nyata. Jarak antara *customer* dengan depot dan jarak antar *customer* diperoleh berdasarkan data panjang jalan yang tersedia. Disinilah letak keunggulan pemodelan VRP dengan SIG bila dibandingkan dengan pemodelan VRP tanpa SIG.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah pelayanan UPT Kebersihan dan Pertamanan Dinas Pekerjaan Umum Kab. Barito Kuala yaitu kota Marabahan. Untuk mengkaji sistem pengangkutan sampah pada daerah studi dan untuk mencapai tujuan yang diinginkan diperlukan metode penelitian yang merupakan prosedur atau tahapan-tahapan yang harus dilakukan. Penelitian ini menggunakan penelitian kepustakaan dan penelitian lapangan yang kemudian disimulasikan pada perangkat lunak di komputer.

Metode penelitian lapangan dilakukan dengan observasi di lapangan untuk mendapatkan data sebenarnya seperti waktu operasi pengangkutan sampah, jumlah TPS di wilayah studi, jumlah armada pengangkutan sampah yang ada, pembagian TPS dan rute armada pengangkutan sampah. Pengangkutan dilakukan dengan cara mengikuti perjalanan *dump* truk, mulai dari *pool* kendaraan menuju ke masing-masing lokasi tiap-tiap TPS hingga akhirnya menuju ke TPA. Sedangkan untuk mendapatkan lokasi TPS eksisting dilakukan survei langsung ke lapangan dengan mendatangi setiap TPS dan kemudian dilakukan identifikasi lokasi TPS dengan alat *Global Positioning System (GPS)*.

Pengumpulan data-data teknis juga sangat diperlukan untuk melakukan penelitian ini. Pengumpulan data-data teknis dan pendukung terdiri dari data primer dan data sekunder. Untuk data primer diperoleh langsung dari hasil observasi maupun wawancara. Sedangkan data sekunder adalah data yang telah dipublikasikan untuk umum oleh instansi atau lembaga yang mengumpulkan, mengolah, dan menyajikan. Setelah didapatkan semua data, maka data dianalisis dengan aplikasi SIG. Dengan fitur *Network Analyst (NA)*, rute akan disimulasikan sehingga didapatkan rute yang optimal.

Analisis Data

Dalam studi ini analisis data dilakukan dengan menggunakan beberapa analisis, yaitu sebagai berikut:

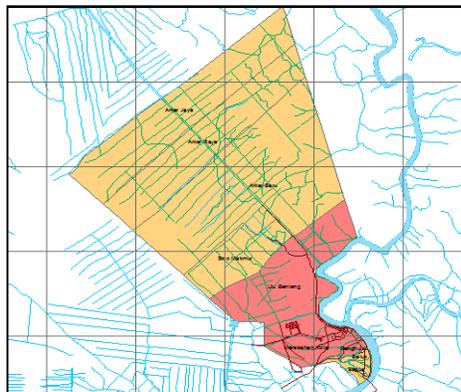
1. Analisis data untuk sistem pengelolaan sampah eksisting kota Marabahan menggunakan analisis data deskriptif. Dengan berpedoman pada tinjauan pustaka yang ada, maka akan dianalisa metode pengangkutan yang dipakai dan permasalahan sistem pengangkutannya.
2. Analisis data untuk mengetahui rute perencanaan yang optimal dalam pengangkutan sampah, menggunakan overlay peta kemudian dianalisis dengan metode *global routing algorithm* pada tools *Network Analyst* yang terpasang di aplikasi pengolah SIG. Metode ini memperhitungkan penelusuran jalur terdekat dengan melibatkan jaringan lengkap di semua link beserta nilai *cost* (panjang). Dari rute eksisting masing- masing armada pengangkut yang didapatkan akan dihitung jarak tempuh. Perhitungan yang didapatkan akan dibandingkan dengan rute alternatif. Setelah itu akan dihitung biaya konsumsi bahan bakar sebelum dan sesudah optimasi rute.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Wilayah Studi

Kota Marabahan merupakan ibukota dari kabupaten Barito Kuala, Provinsi Kalimantan Selatan. Kota Marabahan memiliki luas wilayah 221 km² Secara astronomis, Marabahan terletak pada koordinat 114° 40' - 114° 50' BT dan 02° 50' - 03° 00' LS. Kota Marabahan merupakan daerah dataran rendah berawa dengan topografi wilayah kota relatif datar dengan ketinggian berkisar antara 1,2 - 3 mdpl.

Wilayah pelayanan kegiatan pengelolaan persampahan kota Marabahan pada tahun 2014 meliputi Kelurahan Marabahan Kota, Desa Penghulu, dan Kelurahan Ulu Benteng. Untuk desa-desa lainnya masih belum terlayani. Luas wilayah pelayanan sampah di Kota Marabahan adalah 109,5 km² dan luas wilayah yang belum terlayani adalah sebesar 111,5 km². Berdasarkan luas wilayah yang dilayani, daerah pelayanan persampahan kota Marabahan adalah 49,5%. Pada daerah/wilayah yang belum/tidak terlayani sistem pengelolaan sampah ini, dilakukan oleh penduduk dengan cara membakar, menimbun dan ada pula yang membuang ke sungai atau parit. Gambar 2 berikut menunjukkan wilayah penelitian yaitu Kota Marabahan.



Gambar 2. Wilayah Penelitian

Kondisi Eksisting Sistem Pengangkutan Sampah

Pengangkutan sampah di kota Marabahan dilakukan setiap hari. Armada pengangkut yang dioperasikan saat ini adalah sebanyak 3 unit *dump truck* dan 1 unit *Pick-up*. Armada dioperasikan setiap dini hari mulai pukul 02.00 WITA. Waktu operasional pengangkutan sampah ini lebih awal satu jam daripada waktu operasional sebelum lokasi TPA dipindah yaitu pukul 03.00 WITA. Dimajukannya waktu operasional karena jarak TPA baru yang bertambah jauh sehingga diharapkan kendaraan pengangkut sudah dapat kembali ke *pool* armada sebelum pukul 07.00 WITA yang merupakan waktu ketika lalu lintas padat.

Pada pagi hari pukul 08.00 WITA, ada satu ritasi lagi yaitu truk DA 27 MA berkapasitas 6 m³/hari dengan jalur yang berbeda. Ritasi yang kedua ini melayani sebagian TPS yang sudah diangkut pada dini hari tetapi kembali berisi timbulan sampah pada pagi hari. Hal ini karena masyarakat banyak yang membuang sampah pada pagi hari. Jika masyarakat hanya membuang sampah pada malam hari ke TPS maka ritasi kedua dapat ditiadakan atau pengangkutan pagi hari hanya difokuskan pada pasar. Dengan demikian dapat menekan biaya operasional pengangkutan sampah. Oleh karena itu perlu diperketat tentang peraturan daerah tentang waktu-waktu yang diperbolehkan untuk membuang sampah.

Jumlah petugas untuk armada pengangkut sebanyak 26 orang, terdiri dari 1 orang pengawas petugas kebersihan, 5 orang pengendara, serta 20 orang petugas kebersihan (masing-masing 4 petugas per truk termasuk pagi) untuk memindahkan sampah dari dalam truk dan membongkar sampah dari truk ke TPA. Petugas untuk dini hari dan pagi hari berbeda.

Sistem pengangkutan sampah di kota Marabahan menggunakan pola *Stationary Container System* (SCS), yaitu kendaraan dari *pool* menuju TPS pertama lalu sampah dimuat ke dalam truk kemudian kendaraan menuju TPS- TPS berikutnya sampai truk penuh untuk kemudian menuju TPA. Wadah pengumpulan adalah bak truk yang dapat diangkat. Sistem pengangkutan sampah di Kota Marabahan menggunakan alat angkut berupa truk secara manual.

Pola pengangkutan sampah di kota Marabahan menurut SNI No. 19-2454-2002 menggunakan sistem *door-to-door*, yaitu pengumpulan sekaligus pengangkutan sampah di setiap jalur pengumpulan sampah. Pekerja mengambil sampah serta mengisi bak truk sampai penuh lalu menuju ke TPA kemudian kembali ke *pool*.

Semua rute keberangkatan dimulai dari garasi atau *pool* armada yang terletak di sebelah kantor UPT Dinas Pekerjaan Umum. Kantor UPT Dinas Pekerjaan Umum berlokasi di Jl. Jenderal Sudirman dan termasuk di wilayah areal perkantoran Kota Marabahan. Masing-masing kendaraan kemudian menuju TPS tujuan pertama. Waktu keberangkatan kendaraan tidak serentak sama, tapi hanya selisih beberapa menit tergantung kedatangan personil masing-masing.

Kendaraan *dump* truk 1 menuju TPS di Jl. Ratu Zaleha lalu melayani TPS berikutnya di daerah Pasar Wangkang. Kendaraan ini juga melayani pengangkutan sampah di daerah Jl. Haryono ke arah pelayanan Desa Penghulu. Setelah melayani area ini, *dump* truk 1 kemudian melayani wilayah Jl.

Veteran yang merupakan jalan utama di Kota Marabahan. Dan dari Jl. Veteran langsung menuju ke arah TPA.

Kendaraan *dump* truk 2 pada ritasi pertama menuju TPS di Jl. Sukmaraga lalu melayani TPS berikutnya kembali ke Jl. Sudirman yang merupakan wilayah pemukiman, rumah sakit, dan perkantoran. Pada Jl. Sudirman ini banyak sekali TPS yang harus dilayani. Dari Sudirman dan setelah melayani wilayah Jl. SMP/SMK, truk kemudian menuju TPA.

Kendaraan *dump* truk 2 pada ritasi kedua memiliki rute yang berbeda dengan ritasi pertama. Pada ritasi kedua ini, truk menuju rute yang merupakan wilayah dengan pemukiman yang padat sehingga TPS-TPS yang sudah kosong terisi banyak lagi pada pagi hari. Pada ritasi kedua ini, kendaraan pertama kali menuju wilayah Jl. Veteran. Dari Jl. Veteran kemudian menuju wilayah pasar. Setelah itu truk melayani wilayah Jl. Sudirman lagi. Setelah melayani TPS terakhir tepat di depan kantor UPT, truk akhirnya menuju TPA.

Tujuan kendaraan *dump* truk 3 pertama kali adalah wilayah Pasar Baru. Setelah dari Pasar Baru kemudian melayani wilayah Jl. Gt. M. Seman menuju Jl. Bastun dan terus ke wilayah Lapangan Lima Desember yang merupakan salah satu pusat keramaian di Kota Marabahan. Dari lapangan ini kemudian truk 3 melayani TPS-TPS di Jl. AES Nasution. Setelah itu lalu berbelok ke kanan menuju TPS terakhir di Jl. Kartini dan langsung menuju TPA.

Mobil *pick up* memiliki jumlah pelayanan TPS paling sedikit. Mobil *pick up* pertama kali menuju TPS di Jl. H. Hadariah lalu berbelok ke kiri dan lurus ke wilayah Kelurahan Ulu Benteng. Setelah itu berbalik arah ke Jl. Puteri Junjung Buih dan kembali ke arah Jl. Sudirman menuju TPS di wilayah Komplek Tarutan Permai dan Perumahan Korpri dekat Pondok Pesantren. Mobil kemudian menuju TPA.

Berdasarkan kondisi rute pengangkutan eksisting ini, dasar pemilihan rute eksisting dapat dianalisa bahwa tujuan titik TPS dari tiap kendaraan yang pertama adalah lokasi yang paling jauh dari TPA (yang lama). Hal ini ada pengecualian pada rute pengangkutan kendaraan 1 dengan DA 947 AE, titik TPS yang terakhir dituju adalah yang paling jauh dari TPA (yang lama) tetapi sekarang menjadi lokasi TPS yang paling dekat dengan TPA (yang baru).

Rute pengangkutan menuju TPA yang baru melewati ruas jalan propinsi karena TPA berada di luar kota. Kendaraan melewati Jl. Bahauddin Musa lalu melintasi Jembatan Rumpiang dan menuju Jl. H.M. Yunus yang melintasi Kecamatan Cerbon dan Rantau Badauh. Dari Jl. Yunus lalu berbelok ke kiri melewati Jl. Brigjen Hasan Basri hingga ± 11 km lalu berbelok ke kiri di daerah Tabing Rimbah, Kecamatan Mandastana, Kabupaten Barito Kuala.

Bila sampah telah selesai dibongkar di TPA, kendaraan kembali menuju *pool* armada melintasi jalan yang sama dengan keberangkatan dan melewati Jl. Veteran, Jl. Ahmad Yani dan kembali ke Jl. Jenderal Sudirman menuju *pool*. Tabel 1 berikut menampilkan total jarak dan waktu yang ditempuh dalam rute eksisting.

Tabel 1. Jarak tempuh dan Waktu yang Ditempuh pada Rute Eksisting

Kendaraan	Ritasi ke-	Jarak (km)	Waktu Operasional (jam)
<i>Dump</i> truk 1	1	67,347	2,88
<i>Dump</i> truk 2	1	73,003	4,332
<i>Dump</i> truk 2	2	72,89	4,495
<i>Dump</i> truk 3	1	69,151	2,845
<u>Mobil Pick up</u>	<u>1</u>	<u>80,151</u>	<u>3,771</u>
<u>Total</u>		<u>362,542</u>	<u>18,323</u>
<u>Rata-rata</u>		<u>72,51</u>	<u>3,66</u>

Mobil *pick up* memiliki jarak tempuh paling jauh dalam satu ritasi yaitu 80,151 Km dengan cakupan layanan paling sedikit yaitu sebanyak 8 buah TPS. Walaupun TPS yang dilayani paling sedikit tetapi jarak tempuh *pick up* ini paling besar karena memiliki wilayah layanan yang paling jauh termasuk Kelurahan Ulu Benteng. *Dump* truk 1 memiliki jarak tempuh yang paling kecil yaitu 67,347 km dan waktu operasional yang singkat yaitu 2,88 jam. *Dump* truk 2 baik trip 1 maupun trip 2, memiliki waktu operasional yang paling lama yaitu masing- masing sebesar 4,332 jam dan 4,495 jam. Hal ini karena *Dump* truk 2 memiliki cakupan pelayanan yang paling banyak. Untuk trip 1, truk melayani pengangkutan sampah sebanyak 25 buah TPS. Untuk trip 2, truk melayani pengangkutan sebanyak 24 buah TPS.

Jarak tempuh yang cukup besar dengan rata-rata 72,51 km ini akibat perpindahan lokasi TPA ke tempat yang baru. Selain itu tidak ada perubahan rute dari yang lama walaupun lokasi TPA dipindah padahal arah TPA jauh berbeda sehingga rute pengangkutan sampah perlu direncanakan kembali.

Perencanaan Rute Optimal

Rute optimal dengan pola SCS ini didapatkan dari pengoperasian *Network Analyst* pada aplikasi SIG. Data input yang diperlukan untuk mengoptimasi rute pengangkutan dengan nilai impedansi berupa *length* (panjang jalan) adalah peta jaringan jalan raya dengan nilai atributnya berupa panjang. Input selanjutnya adalah menentukan titik *Stops* yaitu TPS-TPS yang dituju. *Stops 1* berarti *pool* armada dimana truk mulai berangkat dan *Stops* terakhir berupa TPA. Input terakhir adalah menentukan titik *barriers*. Titik *barriers* adalah titik yang diletakkan pada ruas jalan yang tidak boleh dilewati misalnya karena kondisi jalan yang tidak memungkinkan kendaraan untuk lewat. Dalam penelitian ini, titik *barriers* ada pada rute mobil *pick up* yaitu di jalan menuju Komplek Galam Permai yang kondisi jalannya tidak layak untuk dilewati. Titik *barriers* lainnya ada pada rute *dump* truk 1, yaitu di Jl. Pangeran Antasari yang tembus ke Jl. Lima Desember karena sempit dan tidak memungkinkan truk untuk melewatinya. Tabel 2 berikut menunjukkan perbedaan rute eksisting dan rute alternatif yang didapatkan setelah dianalisa dengan NA.

Tabel 2. Perbandingan Rute Eksisting dan Rute Alternatif

Kendaraan	Rute Eksisting	Rute Alternatif
Dump truk 1	Pool - 7 - 36 - 34 - 35 - 5 - 37 - 38 - 39 - 40 - 41 - 42 - 1 - 2 - TPA - Pool	Pool - 7 - 36 - 34 - 35 - 39 - 38 - 37 - 5 - 2 - 40 - 41 - 42 - 1 - TPA - Pool
Dump truk 2	Pool - 33 - 32 - 31 - 30 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20 - 21 - 22 - 23 - 24 - 26 - 27 - 28 - 29 - TPA - Pool	Pool - 29 - 28 - 27 - 26 - 24 - 23 - 22 - 21 - 20 - 19 - 18 - 17 - 16 - 15 - 14 - 13 - 12 - 11 - 10 - 9 - 8 - 30 - 31 - 32 - 33 - TPA - Pool
Dump truk 2 (ritasi ke-2)	Pool - 1 - 2 - 3 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20 - 21 - 22 - 23 - 25 - TPA - Pool	Pool - 25 - 23 - 22 - 21 - 20 - 19 - 18 - 17 - 16 - 15 - 14 - 13 - 12 - 11 - 10 - 9 - 8 - 7 - 6 - 5 - 3 - 2 - 1 - TPA - Pool
Dump truk 3	Pool - 43 - 6 - 44 - 45 - 46 - 47 - 48 - 49 - 50 - 51 - 52 - 61 - TPA - Pool	Pool - 61 - 52 - 51 - 50 - 49 - 48 - 47 - 45 - 44 - 6 - 43 - 46 - TPA - Pool
Mobil Pick Up	Pool - 53 - 55 - 54 - 56 - 58 - 57 - 59 - 60 - TPA - Pool	Pool - 59 - 60 - 58 - 57 - 53 - 55 - 54 - 56 - TPA - Pool

Dari *running* ekstensi NA ini dapat dianalisis bahwa aplikasi memilih tujuan pertama TPS dengan titik yang paling dekat dengan *pool* keberangkatan dan memilih TPS terakhir dengan lokasi yang paling dekat dengan TPA sehingga tidak terjadi pengulangan ruas jalan pada rute kecuali dalam keadaan tertentu dimana kendaraan harus memutar arah balik (*U turn*). NA tidak memilih rute atau jalan yang telah diletakkan titik *barriers* sehingga rute yang dipilih dapat dipertanggungjawabkan. Selain dapat memilih jalan yang lebih pendek, salah satu kelebihan optimasi rute dengan fitur NA pada SIG ini adalah aplikasi dapat mengatur ulang pemilihan urutan TPS yang dituju. Hal ini agak sulit dilakukan oleh pengaturan rute secara manual atau *trial and error*. Pada rute truk 1 dengan DA 947 AE, perubahan rute terjadi pada tujuan setelah TPS35. Untuk rute eksisting, TPS35 menuju TPS 5 yang terletak di Jl. Veteran tetapi dalam rute alternatif,

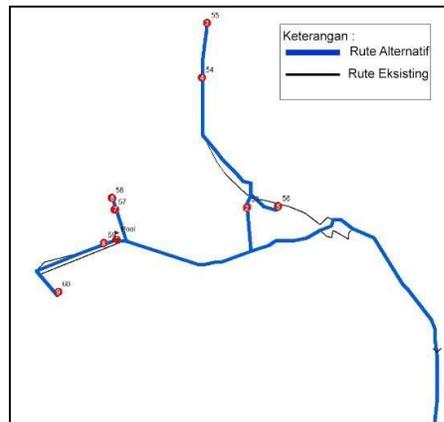
masuk ke wilayah perkomplekan yang lebih dekat dengan *pool* truk yang mana pada rute sebelumnya merupakan tujuan paling terakhir. Dengan menjadikan TPS56 di Jl. Junjung Buih sebagai tujuan TPS terakhir sebelum menuju TPA, maka perjalanan menuju TPA akan lebih dekat. Untuk perjalanan dari TPA menuju *pool* kembali, NA menganalisis dan menghasilkan rute yang sama dengan rute eksisting, artinya rute yang dipilih sudah sebagai rute terpendek untuk kembali ke *pool*.

Hasil dari jarak rute alternatif pengangkutan sampah ini kemudian dibandingkan dengan jarak rute pengangkutan sampah eksisting sehingga dapat diketahui bahwa rute alternatif yang diperoleh dari program *network analyst* tersebut lebih pendek atau tidak, yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Perbandingan Jarak Antara Rute Alternatif dengan Rute Eksisting

Jenis Kendaraan	Jarak Baru (km)	Jarak lama (km)	Selisih Jarak (km)	Reduksi jarak (%)
Dump truk 1	65,651	67,347	1,696	3
Dump truk 2	68,733	73,003	4,27	6
Dump truk 2 (rit 2)	65,049	72,89	7,841	11
Dump truk 3	66,984	69,151	2,167	3
Mobil <i>Pick up</i>	73,76	80,151	6,391	8
Total	340,177	362,542	22,365	
Rata-rata	68,03	72,50	4,473	6

TPS 35 menuju TPS39 yaitu lurus dari pasar menuju Jl. Basahap kecil. Truk kemudian berbalik arah menuju TPS38 di Pasar Wangkang hingga akhirnya menuju TPS5 di Jalan Veteran. Pada rute truk 2 dengan DA 27 MA trip 1, perubahan rute terjadi dengan mendahulukan TPS yang paling terakhir pada rute eksisting, yaitu TPS29. Rute selanjutnya seperti kebalikan dari rute eksisting. Rute eksisting untuk truk DA 27 MA memang lebih tepat untuk tujuan TPA sebelumnya ketika TPA masih belum dipindah ke wilayah Tabing Rimbah karena lokasi TPS terakhir pada rute eksisting lebih dekat dengan lokasi TPA sebelumnya. Rute alternatif dari DA 27 MA trip 2 juga berupa kebalikan dari rute eksisting. Pada rute ini, TPS terakhir yaitu TPS1 berada di wilayah Jl. Bahauddin Musa yang merupakan jalan utama untuk menuju TPA, sehingga tidak terjadi pengulangan rute oleh truk. Truk 3 dengan DA 33 MA memulai rutenya dengan melewati Jl. Kartini yang merupakan kebalikan dari rute eksisting. Dari TPS47, truk tidak lurus menuju TPS46 tetapi berbelok ke kiri menuju TPS45 yang berada di Jl. Bastun. Truk mengangkut sampah di TPS46, sebelum berangkat menuju TPA. Mobil *pick up* DA 61 MA yang melayani wilayah paling jauh yaitu Kelurahan Ulu Benteng tidak memulai pengangkutan dengan menuju TPS53 di Jl. H. Hadariah, tetapi lebih dahulu. Berikut ini adalah contoh perbandingan rute eksisting dan rute alternatif ditampilkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Contoh Rute Alternatif dan Rute Eksisting

Hasil *running* dari *Network Analyst* untuk sistem pengangkutan sampah Kota Marabahan yang menggunakan pola SCS menghasilkan jarak rute alternatif yang lebih pendek dibandingkan dengan jarak rute eksisting. Rute dari kendaraan *dump* truk 1 merupakan rute dengan selisih paling kecil yaitu 1,696 km atau terjadi pengurangan sebesar 3%. Rute dengan selisih paling besar adalah rute pada *dump* truk 2 pada ritasi kedua dengan selisih 7,841 km atau pengurangan sebesar 11%. Total keseluruhan selisih dari rute alternatif dengan rute eksisting adalah sebesar 22,365 km/hari atau dengan rata-rata pengurangan sebesar 6%. Pengurangan ini hampir sama dengan penelitian Hapsari (2012) yang mengoptimasi rute pengangkutan sampah di kota Banjarbaru dengan rata-rata pengurangan jarak tempuh sebesar 5,97%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa rute baru dengan Sistem Informasi Geografis memiliki jarak tempuh lebih singkat sehingga diharapkan mampu mengoptimalkan pengangkutan sampah di Kota Marabahan.

Biaya operasional pengangkutan sampah sebagian besar digunakan untuk membeli bahan bakar. Jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan oleh setiap kendaraan berbeda tergantung pada jarak yang ditempuh serta jenis dan umur kendaraan. Pada pengangkutan sampah di Kota Marabahan, semua kendaraan menggunakan bahan bakar jenis solar industri (*High Speed Diesel*). Perbandingan biaya konsumsi BBM untuk rute eksisting dan rute alternatif dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Biaya Konsumsi BBM untuk Kendaraan Pengangkut Sampah

Kendaraan	Konsumsi BBM (l/hari)		Eksisting	Alternatif	Biaya (Rp/hari)
	Eksisting	Alternatif			
<i>Dump</i> truk 1	29,93	29,18	324.373		316.204
<i>Dump</i> truk 2 (rit 1 dan 2)	58,36	53,50	632.417		579.745
<i>Dump</i> truk 3	30,07	29,12	325.821		315.611
Mobil <i>Pick up</i>	15,12	13,92	163.886		150.818
Total	133,48	125,72	1.446.498		1.362.379

Biaya konsumsi bahan bakar pada rute eksisting adalah sebesar Rp.43.394.929 per bulan lebih besar

daripada biaya konsumsi bahan bakar pada rute alternatif yaitu Rp. 40.871.360 per bulan. Berdasarkan perbandingan biaya konsumsi bahan bakar pada rute eksisting dan biaya konsumsi bahan bakar pada rute setelah dioptimasi maka terjadi pengurangan sebesar Rp.84.119 per hari atau Rp.2.523.569 per bulan. Perbandingan ini menunjukkan bahwa dengan optimasi jarak pada rute pengangkutan, maka juga akan terjadi penghematan biaya operasional pengangkutan sampah.

5. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengangkutan sampah eksisting kota Marabahan menggunakan pola pengangkutan SCS dengan menggunakan 3 unit *dump* truk dan 1 unit mobil pick up dengan jumlah TPS yang terlayani sebanyak 61 buah. Waktu operasional rata-rata yang diperlukan dalam satu kali ritasi adalah 3,6 jam. Jarak tempuh rata-rata satu kali ritasi adalah 72 km dengan jarak tempuh total semua kendaraan adalah 362,542 km.
2. Selisih jarak dari rute alternatif menggunakan SIG dengan rute eksisting adalah sebesar 22,365 km dan terjadi pengurangan jarak tempuh sebesar 3-11% dengan rata-rata 6%.

Saran yang dapat dipertimbangkan dalam pengembangan penelitian ini lebih lanjut adalah diperlukan kajian yang lebih mendalam tentang perencanaan rute pengumpulan sampah dengan kondisi adanya pemilahan sampah. Selain itu jika rekomendasi rute pengangkutan sampah alternatif ini akan diterapkan, maka perlu adanya sistem informasi pengangkutan sampah yang terpadu sehingga dapat dikembangkan lagi apabila ada peningkatan daerah pelayanan persampahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Apaydin, O., dan M.T Gonullu, 2007. *Route Optimization for Solid Waste Collection : Trabzon (Turkey) Case Study* . Global NEST Journal
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Kecamatan Marabahan dalam Angka 2014*. Badan Pusat Statistik Kota Marabahan. Marabahan. Badan Pusat Statistik. 2014. *Kabupaten Barito Kuala dalam Angka 2014*. Badan Pusat Statistik Kota Marabahan. Marabahan.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002. *Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan (SNI 19-2454-2002)*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta. Badan Standarisasi Nasional, 2008. *Pengelolaan Sampah di Permukiman (SNI 3242- 2008)*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Clifford, Tom. 2008. *Waste Collection Optimisation Tools for Waste Managers*. Indecon Ltd., UK
- Damanhuri, E., 2010, *Diktat Pengelolaan Sampah*, Departemen Teknik Lingkungan ITB. Bandung.
- Hadijah, Rizky. 2013. *Analisis Rute Jalan Pengangkutan Sampah Di Kota Makassar (Studi Kasus: Kecamatan Tamalanrea)* . Makassar. Tugas Akhir FT Unhas.
- Hapsari, Ratri Tri. 2012. *Studi Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kota Banjarbaru dengan Sistem Informasi Geografis*. Banjarbaru. Tugas Akhir FT Unlam.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.3 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga* . Jakarta.
- Lakhsumi, A.P.Poun. 2006. *Optimal Route Analysis for Solid Waste Disposal Using Geographical*

Information System. Map India

- Moustafa A, A. Abdelhalim, A. B. Eltawil, dan N. Fors. 2010. *Waste Collection Vehicle Routing Problem: Case Study In Alexandria, Egypt*. Journal. Egypt Japan University of Science & Technology. Egypt.
- Nurrohkayati, Wahyuda & Yudi Sukmono. 2014. *Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Kota Bontang Dengan Metode Savings Heuristic*. Samarinda. Tugas Akhir FT Unmul.
- Pemerintah Indonesia. 2006, *Peraturan Pemerintah No.34 tahun 2006 tentang Jalan*. Lembaran Negara RI tahun 2006, No. 86. Sekretariat Negara. ,Jakarta.
- Prahasta, E. 2002. *Tutorial Arc View*. Penerbit Informatika, Bandung.
- Rahardjo, Slamet.2009. *Perbaikan Pengelolaan Sampah di Indonesia*. Inovasi, XXI (14) : 19-22
- Ristandi, Eka. 2004. *Sistem Informasi Penelusuran Jalur Jalan Tercepat untuk Kunjungan Wisata Kota (Daerah Kajian : Bandung Utara)*. Skripsi Sarjana. Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.