

APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK ARAHAN RUTE OPTIMAL TRUK PENGANGKUT SAMPAH MENUJU TPA PIYUNGAN DARI TPS DI KABUPATEN SLEMAN BAGIAN SELATAN

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM APPLICATION FOR OPTIMAL ROUTE DIRECTION OF GARBAGE TRUCK TO TPA PIYUNGAN FROM TPS IN SOUTHERN SLEMAN REGENCY

Oleh : Agus Wijanarko, Jurusan Pendidikan Geografi, FIS, UNY,
Email: wijanarkoag@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menentukan pola sebaran lokasi TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan; (2) menilai keoptimalan rute pengangkutan sampah yang telah ada (*existing*) menuju TPA Piyungan; dan (3) menyusun arahan rute optimal pengangkutan sampah menuju TPA Piyungan dari TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan. Penelitian deskriptif kuantitatif berbantuan Sistem Informasi Geografis (SIG) ini merupakan penelitian populasi. Populasi dalam penelitian ini adalah 105 TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan (Kecamatan Depok, Kecamatan Mlati, Kecamatan Ngaglik dan Kecamatan Gamping). Lokasi pul truk (DPUP Sleman) sebagai depot awal dan akhir; TPA Piyungan sebagai tempat pembuangan sampah; dan 13 *dump truck* pengangkut sampah. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah 1) observasi; 2) wawancara dan 3) dokumentasi. Analisis data yang digunakan adalah *average neighbor analysis* berbantuan SIG dengan *software ArcGIS 10.1*, analisis deskriptif kuantitatif, dan *network analyst Vehicle Routing Problem (VRP)*. Hasil penelitian menunjukkan (1) pola sebaran lokasi TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan dikategorikan ke dalam pola mengelompok (*Clustered*) dengan nilai $T=0,7$; (2) penilaian antara biaya bahan bakar, waktu tempuh, dan jarak tempuh antara rute yang ada (*existing*) dengan rute hasil analisis VRP, hanya terdapat empat rute yang telah optimal dari 51 rute pengangkutan yang ada pada 13 *dump truck* pengangkut sampah di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan. Rute tersebut yaitu rute 1, rute 2, rute 3 pada *dump truck* dengan nomor polisi AB 1458 YY, dan rute 4 *dump truck* dengan nomor polisi AB 8104 DE; dan (3) analisis jaringan berupa *Vehicle Routing Problem (VRP)* dapat menentukan 51 arahan rute optimal pada 13 *dump truck* pengangkut sampah dengan rincian empat rute awal sesuai dengan rute yang ada (*existing*) dan 47 rute awal yang perlu diarahkan sesuai dengan hasil analisis perhitungan biaya bahan bakar, waktu tempuh, dan jarak tempuh. Arahan terhadap 51 rute optimal tersebut ditunjukkan oleh peta-peta yang disusun dari hasil analisis penelitian ini.

Kata kunci: SIG, rute, sampah, VRP

ABSTRACT

This research aims to (1) determines spatial pattern of TPS locations in southern Sleman Regency; (2) assess existing garbage transportation routes to TPA Piyungan from TPS in southern Sleman Regency; and (3) arrange optimum garbage transportation routes to TPA Piyungan from TPS in southern Sleman Regency. This quantitative description research was assisted by Geographic Information System (GIS) and classified in a population research. Populations in this study were 105 TPS in southern Sleman Regency such as Depok District, Mlati District, Ngaglik District, and Gamping District. The pool of truck (DPUP Sleman) is the initial and final depot, TPA Piyungan as a final garbage discharge; and 13 *dump trucks*. Methods of data collection used (1) observation; (2) interviews and (3) documentation. Data analysis used GIS-assisted average neighbor analysis with ArcGIS 10.1; quantitative descriptive analysis; and network analyst Vehicle Routing Problem (VRP). The result showed: (1) spatial pattern of TPS locations in southern Sleman Regency was categorized in clustered pattern by T value 0,7 because TPS locations hold by customer demand, not government planning; (2) There were only 4 optimum routes from 51 routes on 13 dump trucks which operated in southern Sleman Regency. The 4 optimum routes which determined based on fuel cost, time, and distance were first, second, and third route in dump trucks AB 1458 YY, and fourth route in dump truck AB 8140 DE; and (3) network analysis by VRP determined 51 optimum routes in 13 dump trucks. The 51 optimum routes were 4 routes based on existing routes and 47 existing routes need to direct to other route which more efficient based on fuel cost, time, and distance. The 51 optimum routes were showed in maps which arranged in this study.

Keywords: GIS, route, garbage, VRP

PENDAHULUAN

Sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau dari proses alam yang berbentuk padat. Sampah dapat berasal dari semua material yang dibuang dari kegiatan manusia maupun dari alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Sampah yang berasal dari kegiatan manusia yaitu dari kegiatan rumah tangga, komersial, dan industri, sedangkan sampah yang berasal dari alam contohnya dapat berupa sersah dedaunan. Jenis sampah tersebut apabila tidak dikelola dengan baik, maka akan menimbulkan berbagai permasalahan.

Permasalahan yang ditimbulkan akibat sampah yang tidak dikelola dengan baik akan

berdampak pada lingkungan. Dampak tersebut dapat berupa masalah kesehatan, kenyamanan, dan keindahan. Sampah mengandung berbagai bahan beracun seperti logam berat dan insektisida, sehingga manusia yang kontak langsung dengan sampah dapat berisiko mengalami gangguan kesehatan (Burhanudin, 2008 dalam Asti Mulasari, 2016: 97). Penumpukkan sampah selain mengganggu kesehatan dapat pula mengganggu kenyamanan dan keindahan. Penumpukkan sampah yang terjadi dalam waktu yang lama akan menimbulkan bau yang tidak sedap, maka hal tersebut dapat mengganggu kenyamanan bagi orang yang tinggal di sekitarnya. Masalah

mengenai sampah tersebut merupakan hal umum yang terjadi di kota-kota besar di Indonesia, tidak terkecuali dengan Kabupaten Sleman. Kabupaten Sleman merupakan kabupaten yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dengan 17 kecamatan. Total penduduk di Kabupaten Sleman pada tahun 2015 mencapai 1.167.481 jiwa.

Jumlah penduduk di Kecamatan Depok mencapai 185.707 jiwa, peringkat kedua yaitu Kecamatan Ngaglik dengan 115.321 jiwa, peringkat tiga yaitu Kecamatan Mlati dengan 111.180 jiwa, dan peringkat keempat yaitu Kecamatan Gamping dengan 106.330 jiwa (BPS, 2016). Sesuai dengan data jumlah penduduk tersebut, jumlah keluaran sampah menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan terbesar dikeluarkan oleh keempat kecamatan diatas. Kecamatan Depok, Kecamatan Mlati, Kecamatan Ngaglik, dan Kecamatan Gamping termasuk dalam lima besar penyumbang sampah di Kabupaten Sleman. Keempat kecamatan tersebut berada pada wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan. Meningkatnya jumlah penduduk pada keempat kecamatan tersebut juga mengalami pertumbuhan fasilitas perkotaan yang pesat. Pertumbuhan fasilitas perkotaan mengakibatkan kegiatan manusia di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan tersebut meningkat. Jumlah penduduk yang besar, jumlah fasilitas perkotaan yang meningkat dan

diimbangi dengan aktivitas manusia yang besar, maka akan meningkatkan pula keluaran sampah. Meningkatnya jumlah keluaran sampah pada wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan tersebut, mengakibatkan timbulnya masalah lain yang berkaitan dengan Tempat Penampungan Sementara (TPS).

Jumlah sampah yang besar membutuhkan sarana atau tempat penampungan sampah yang besar pula. Sarana penampungan sampah tersebut digunakan sebelum adanya proses pengangkutan menuju TPA. Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Sleman menyebutkan bahwa jumlah TPS di Kabupaten sekitar 215 titik, 49 persen TPS berada di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan. Permasalahan yang muncul yaitu kapasitas yang tidak sama dari setiap TPS di wilayah tersebut. Kapasitas yang tidak sama tersebut mengakibatkan proses pengangkutan oleh DLH Kabupaten Sleman tidak optimal, sehingga proses pengangkutan dapat lebih dari satu kali. Minimnya informasi mengenai lokasi tiap-tiap TPS mengakibatkan minimnya pengetahuan masyarakat mengenai lokasi-lokasi TPS yang ada. Minimnya informasi mengenai sebaran lokasi TPS, maka akan mempersulit dalam menentukan pola sebaran TPS. Berdasarkan bidang keilmuan geografi, pola sebaran termasuk dalam analisis dengan menggunakan pendekatan keruangan. Penelitian ini diharapkan dapat menerapkan

keilmuan geografi tersebut bagi masyarakat. Pola sebaran TPS yang belum diketahui mengakibatkan terhambatnya perencanaan dalam peningkatan pelayanan bagi masyarakat. Pola sebaran TPS tersebut dapat digunakan untuk mengetahui kekhasan spasial TPS yang ada di Kabupaten Sleman bagian selatan.

Kekhasan spasial tersebut didapatkan dari hasil analisis pola sebaran TPS. Penentuan pola sebaran TPS tersebut menggunakan analisis tetangga terdekat. Analisis tetangga terdekat mampu menganalisis jarak antar titik TPS dengan jarak rata-rata seumpama seluruh TPS memiliki pola acak (*random*), sehingga didapatkan nilai *T*. Setelah didapatkan nilai *T*, maka akan diketahui pola sebaran TPS yang terbentuk. Pola sebaran TPS tersebut dapat berpola acak (*random*), mengelompok (*clustered*), maupun seragam (*uniform*). Informasi dari hasil analisis tersebut dapat berguna bagi masyarakat dan pemerintah (dinas terkait). Informasi ini akan akan mempermudah masyarakat dalam mengetahui lokasi TPS persampahan yang ada, sedangkan bagi dinas terkait informasi ini akan mempermudah dalam perencanaan guna meningkatkan pelayanan bagi masyarakat di bidang pengelolaan sampah. Pengelolaan sampah setelah dikumpulkan pada TPS, maka selanjutnya akan dibuang menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Sampah akan dibuang menuju TPA setelah proses pengumpulan di setiap TPS. TPA yang dituju dari TPS di Kabupaten Sleman yaitu TPA yang berada di Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. Menurut DLH Kabupaten Sleman sebelum adanya TPA Piyungan yang dibuka pada tahun 1995, pembuangan akhir di Kabupaten Sleman tersebar di beberapa lokasi antara lain yang berada di kawasan Babarsari, Kecamatan Depok. Meningkatnya pertumbuhan fasilitas perkotaan di Kecamatan Depok dan adanya pembangunan TPA Piyungan oleh Sekretariat Bersama Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul (Sekber Karmantul) mengakibatkan adanya penutupan TPA yang semula tersebar di beberapa lokasi di Kabupaten Sleman, kemudian dialihkan menuju TPA Piyungan secara keseluruhan. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian mengenai kesesuaian lokasi TPA khususnya di wilayah Kabupaten Sleman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah di kabupaten Sleman secara keseluruhan tidak sesuai untuk lokasi TPA (Dimas Sustanugraha, 2013: 187-188). Dalam pengelolaan sampah, khususnya proses pembuangan sampah menuju TPA Piyungan membutuhkan sarana transportasi. Sarana transportasi sampah dari TPS menuju TPA Piyungan disediakan oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Sleman.

Sarana transportasi sampah tersebut menggunakan truk pengangkut sampah. Truk pengangkut sampah tersebut mulai dari jenis truk terbuka, *dump truck*, hingga *arm roll truck*. Masalah yang sering dijumpai yaitu pada proses transportasi sampah dari TPS ke TPA, dimana proses tersebut merupakan proses yang paling membutuhkan waktu dikarenakan volume sampah di TPS yang tidak sama dengan kapasitas angkut truk yang terbatas. Kapasitas angkut yang terbatas ini diimbangi dengan jumlah armada truk yang terbatas. Terbatasnya jumlah armada truk ini juga mengakibatkan suatu masalah tersendiri. Salah satu contoh dari masalah transportasi sampah akibat kurangnya jumlah armada truk pengangkut sampah. Kurangnya armada truk mengakibatkan keterlambatan pengambilan sampah di TPS. Keterlambatan pengambilan sampah tersebut mengakibatkan penumpukan sampah yang ada di TPS. Hal ini terjadi karena sampah terus meningkat setiap harinya. Masalah lainnya dalam proses pengangkutan sampah yaitu dalam pemilihan jalan yang dilalui truk pengangkut sampah yang dilakukan hanya berdasarkan pada keinginan pengemudi truk. Transportasi sampah sebaiknya dilakukan dengan pertimbangan waktu, jarak, dan hambatan yang ada agar proses transportasi sampah dapat berlangsung dengan efisien. Berdasarkan observasi yang ditemui di

lapangan, pengangkutan sampah oleh truk tersebut tidak berlangsung secara efisien.

Ketidakefisienan rute yang dilalui oleh truk pengangkut sampah dapat memengaruhi biaya transportasi. Ketidakefisienan rute yang dilalui terjadi akibat pengemudi truk tidak melalui pertimbangan waktu, jarak maupun hambatan yang akan dilalui suatu rute. Hal ini dapat mengakibatkan waktu yang dibutuhkan dalam pengangkutan sampah dapat dikatakan lama dalam perjalanan. Lamanya waktu perjalanan dan semakin panjang jalan yang dilalui akan memengaruhi biaya dalam pembelian bahan bakar. Ofyar Z. Tamin, (2008: 455) menyebutkan bahwa biaya bahan bakar merupakan salah satu komponen dalam keseluruhan biaya operasional transportasi. Tchobanoglous, George & Kreith, Frank (2002: 7.1) menyebutkan bahwa sekitar 50 sampai 70 persen dari total biaya yang dikeluarkan dalam pengelolaan sampah (terdiri dari: pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, daur ulang dan penghapusan) adalah biaya untuk operasional transportasi sampah. Upaya untuk meminimalkan pengeluaran biaya bahan bakar, maka diperlukan penentuan arahan rute optimal truk pengangkut sampah.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan yang telah dipaparkan sebelumnya, maka aspek pemilihan rute optimal dalam transportasi sampah menjadi penting untuk dikaji. Rute optimal dalam

penelitian ini yaitu proses menentukan rute terbaik yang memiliki waktu tempuh dan jarak yang minimum yang harus dilalui oleh truk pengangkut sampah dari TPS-TPS yang ada di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan menuju TPA di Kecamatan Piyungan berdasarkan prasyarat yang ada. Penentuan rute terbaik ini didapat dari penyeleksian jaringan jalan di Kabupaten Sleman dengan variabel: jarak tempuh, waktu tempuh dan hambatan-hambatan yang mempengaruhinya. Hambatan tersebut berupa durasi *traffic light*, lebar jalan, dan adanya jalan satu arah. Penentuan rute optimal dalam penelitian ini menggunakan teknik analisis berupa analisis jaringan (*network analysis*) yaitu *Vehicle Routing Problem* (VRP).

VRP dapat menentukan rute terbaik didasarkan dari beberapa parameter yang digunakan. Sistem ini akan memberikan rute terbaik dengan titik-titik urutan yang akan didatangi, sehingga terbentuk rute sesuai parameter yang ditentukan. VRP dapat menganalisis jarak tempuh, waktu tempuh, hingga biaya-biaya yang dikeluarkan (Erna Kurniati, 2016: 102-103). Data dari analisis VRP inilah yang akan dibandingkan dengan data dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Sleman untuk memberikan arahan rute optimal menuju TPA Piyungan. Analisis VRP ini berbantuan Sistem Informasi Geografi (SIG) dengan *software* ArcGIS 10.1. Chang

(2002: 2) menyatakan bahwa Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem komputer untuk mengambil, menyimpan, meneliti, menganalisa, dan menampilkan data geografis. SIG akan menghasilkan sebuah informasi mengenai permasalahan-permasalahan yang ada dengan segala kelebihannya. Penggunaan SIG dalam penelitian ini karena SIG memiliki kelebihan untuk menampilkan kenampakan wilayah dalam bentuk data visual. SIG memudahkan peneliti dalam menentukan pola sebaran TPS dan arahan rute dengan waktu yang lebih efisien. SIG dapat lebih mempersingkat waktu pengerjaan dan lebih menekan biaya yang dikeluarkan. SIG menghasilkan data visual berupa peta. Peta sebagai alat untuk menyampaikan informasi yang bersifat informatif, menarik dari segi estetika dan lebih praktis, sehingga mudah dipahami (Eddy Prahasta, 2014: 19).

Berdasarkan permasalahan yang ada dan keuntungan yang dimiliki oleh SIG, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang mengangkat tema tentang sebaran lokasi TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan dikaitkan dengan rute transportasi menuju TPA Piyungan. Oleh karena itu, peneliti ingin mengkaji lebih lanjut dengan judul penelitian: “Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk Arahan Rute Optimal Truk Pengangkut Sampah menuju TPA Piyungan

dari TPS di Kabupaten Sleman Bagian Selatan”.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif berbantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). Penelitian ini dilaksanakan wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan meliputi Kecamatan Depok, Kecamatan Ngaglik, Kecamatan Mlati, dan Kecamatan Gamping serta dilakukan pada Bulan Maret 2017. Populasi dalam penelitian ini adalah 105 TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan (Kecamatan Depok, Kecamatan Mlati, Kecamatan Ngaglik dan Kecamatan Gamping). Lokasi pul truk (DPUP Sleman) sebagai depot awal dan akhir; TPA Piyungan sebagai tempat pembuangan sampah; dan 13 *dump truck* pengangkut sampah. Pendekatan keruangan digunakan untuk menganalisis pada variasi distribusi dan lokasi dari gejala-gejala atau kelompok gejala-gejala di permukaan bumi. Berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, penggunaan pendekatan keruangan ini digunakan untuk menentukan pola sebaran penggunaan ruang untuk TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan. Pendekatan keruangan ini juga digunakan untuk membuat perencanaan arahan rute optimal truk pengangkut sampah menuju TPA Piyungan dari TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi observasi, wawancara, dan dokumentasi. Teknik analisis yang digunakan yaitu teknik analisis tetangga terdekat (*average nearest neighbour analysis*) untuk menentukan pola sebaran TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan. Penentuan rute optimal dalam penelitian ini menggunakan teknik analisis berupa analisis jaringan (*network analysis*) yaitu *Vehicle Routing Problem* (VRP). Penentuan rute optimal ini didapat dari penyeleksian jaringan jalan di Kabupaten Sleman dengan variabel: jarak tempuh, waktu tempuh dan hambatan-hambatan yang mempengaruhinya. Hambatan tersebut berupa durasi *traffic light*, lebar jalan, dan adanya jalan satu arah. Data dari analisis VRP inilah yang akan dibandingkan dengan data dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Sleman untuk memberikan arahan rute optimal menuju TPA Piyungan. Proses analisis tersebut berbantuan Sistem Informasi Geografi (SIG) menggunakan *software* ArcGIS 10.1.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pola Sebaran TPS.

Berdasarkan hasil analisis dengan metode analisis tetangga terdekat (*Nearest Neighbor Analysis*) menggunakan ArcGIS 10.1 terhadap 105 titik TPS, didapatkan

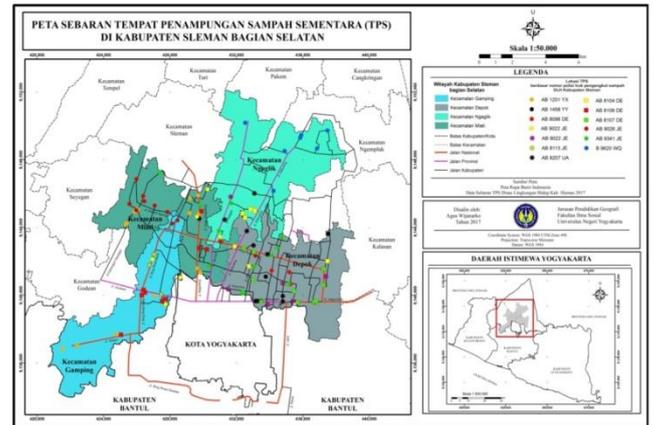
hasil yaitu pola sebaran TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan dikategorikan ke dalam pola mengelompok (*Clustered*). Hal ini dilihat dari nilai *Nearest Neighbor Ratio* sebesar 0,7 pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis *Average Nearest Neighbor Analysis*

Average Nearest Neighbor Summary	
<i>Observed</i>	441.065033
<i>Mean</i>	Meters
<i>Distance:</i>	
<i>Expected</i>	555.850695
<i>Mean</i>	Meters
<i>Distance:</i>	
<i>Nearest Neighbor</i>	0.793496
<i>Ratio:</i>	
<i>z-score:</i>	-4.048135
<i>p-value:</i>	0.000052

Sumber: Analisis data, 2017

Hasil tersebut mengindikasikan bahwa jarak antara satu lokasi TPS dengan lokasi TPS lainnya yang ada di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan saling berdekatan. Hasil tersebut sesuai dengan Gambar 1 mengenai peta sebaran lokasi TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan. Pola sebaran TPS mengelompok karena penempatan lokasi TPS didasarkan pada permintaan pelanggan (masyarakat atau instansi) yang membutuhkan jasa pengangkutan, bukan atas perencanaan pemerintah.



Gambar 1. Peta sebaran TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan.

B. Menilai Keoptimalan Rute Pengangkutan yang telah ada.

Penelitian ini diasumsikan bahwa seluruh kendaraan pengangkut (*13 dump truck*) selalu dalam keadaan baik, ruas jalan selalu dapat terlewati, kemacetan diabaikan, dan jumlah volume sampah tiap TPS selalu tetap. Penelitian ini juga akan dibahas mengenai pengeluaran biaya bahan bakar sebelum dan setelah menggunakan *Vehicle Routing Problem* dari *software ArcGIS 10.1*. Bahan bakar yang digunakan truk adalah bahan bakar minyak jenis solar. Hasil observasi dilapangan, satu liter solar mampu menempuh jarak delapan kilometer. Harga solar pada Bulan Maret tahun 2017 sebesar Rp. 5.150,00 per liter.

1. Biaya Bahan Bakar.

Tabel 2. Hasil perhitungan biaya bahan bakar.

NO	No Polisi	BBM (Rupiah)		Keterangan
		Existing	VRP	
1	AB 1201 XY	1408922.48	1086810.61	Belum optimal
2	AB 1458 YY	413360.2	413360.2	Optimal
3	AB 8096 DE	323945.3	267115.1	Belum optimal
4	AB 8104 DE	687237.8	661489	Belum optimal
5	AB 8106 DE	427149.3	298793.9	Belum optimal
6	AB 8107 DE	899201.79	793492.58	Belum optimal
7	AB 8113 DE	344665.7	294052.4	Belum optimal
8	AB 8207 UA	425574.8	390005.8	Belum optimal
9	AB 9022 CE	353944.2	284869.1	Belum optimal
10	AB 9022 JE	393856.6	317607.2	Belum optimal
11	AB 9026 DE	410397.45	364462.3	Belum optimal
12	AB 9341 JE	550043.1	423826.5	Belum optimal
13	B 9026 WQ	382820.3	337771.2	Belum optimal

Sumber: analisis data, 2017.

Berdasarkan komponen biaya bahan bakar, dari 13 *dump truck* yang ada diketahui bahwa *dump truck* dengan nomor polisi AB 1458 YY yang telah optimal, hal tersebut karena ketiga rute yang ada pada AB 1458 XY menghasilkan keluaran bahan bakar minyak yang sama dengan hasil VRP. *Dump truck* AB 8104 DE pada Tabel 2 memiliki selisih yang tidak terlalu jauh antara perhitungan pada rute *existing* dengan VRP karena satu rute (rute 4) yang dimiliki AB 8104 DE telah optimal. Berdasarkan hasil perhitungan pada komponen biaya bahan bakar dapat disimpulkan bahwa dari 51 rute pada 13 *dump truck*, terdapat 4 rute yang telah optimal. Rute yang telah optimal tersebut yaitu rute 1, rute 2, rute 3 *dump truck* dengan nomor polisi AB 1458 YY dan rute 4 *dump truck* dengan nomor polisi AB 8104 DE.

2. Waktu tempuh.

Tabel 3. Hasil perhitungan waktu tempuh.

NO	No polisi	Waktu tempuh (menit)		Keterangan
		Existing	VRP	
1	AB 1201 XY	3722.08	2970.74	Belum optimal
2	AB 1458 YY	1154.07	1154.05	Optimal
3	AB 8096 DE	903.98	744.11	Belum optimal
4	AB 8104 DE	1915.15	1710.27	Belum optimal
5	AB 8106 DE	1116.67	806.96	Belum optimal
6	AB 8107 DE	2464.62	2033.29	Belum optimal
7	AB 8113 DE	886.34	773.02	Belum optimal
8	AB 8207 UA	1233.72	1119.12	Belum optimal
9	AB 9022 CE	1021.97	825.2	Belum optimal
10	AB 9022 JE	1068.93	831	Belum optimal
11	AB 9026 DE	1075.81	971.9	Belum optimal
12	AB 9341 JE	1591.59	1195.47	Belum optimal
13	B 9026 WQ	1090.5	913.96	Belum optimal

Sumber: analisis data, 2017.

Berdasarkan komponen waktu tempuh, dari 13 *dump truck* yang ada diketahui bahwa *dump truck* dengan nomor polisi AB 1458 YY yang telah optimal, hal tersebut karena ketiga rute yang ada pada AB 1458 XY menghasilkan keluaran waktu tempuh yang sama dengan hasil VRP. *Dump truck* AB 8104 DE pada Tabel 3 memiliki selisih yang tidak terlalu jauh antara perhitungan pada rute *existing* dengan VRP karena satu rute (rute 4) yang dimiliki AB 8104 DE telah optimal. Berdasarkan hasil perhitungan pada komponen waktu tempuh dapat disimpulkan bahwa dari 51 rute pada 13 *dump truck*, terdapat 4 rute yang telah optimal. Rute yang telah optimal tersebut yaitu rute 1, rute 2, rute 3 *dump truck* dengan nomor polisi AB 1458 YY dan rute 4 *dump truck* dengan nomor polisi AB 8104 DE.

3. Jarak tempuh.

Tabel 4. Hasil perhitungan jarak tempuh.

NO	No polisi	Jarak tempuh (menit)		Keterangan
		Existing	VRP	
1	AB 1201 XY	2186.4	1687.35	Belum optimal
2	AB 1458 YY	641.68	641.68	Optimal
3	AB 8096 DE	502.88	414.68	Belum optimal
4	AB 8104 DE	1066.2	1026.96	Belum optimal
5	AB 8106 DE	651.84	464.16	Belum optimal
6	AB 8107 DE	1395.97	1226.29	Belum optimal
7	AB 8113 DE	535.12	456.56	Belum optimal
8	AB 8207 UA	660.6	605.48	Belum optimal
9	AB 9022 CE	549.4	442.28	Belum optimal
10	AB 9022 JE	611.6	492.96	Belum optimal
11	AB 9026 DE	637.18	565.83	Belum optimal
12	AB 9341 JE	853.92	658	Belum optimal
13	B 9026 WQ	594.32	524.4	Belum optimal

Sumber: analisis data, 2017

Berdasarkan komponen jarak tempuh, dari 13 *dump truck* yang ada diketahui bahwa *dump truck* dengan nomor polisi AB 1458 YY yang telah optimal, hal tersebut karena ketiga rute yang ada pada AB 1458 XY menghasilkan keluaran jarak tempuh yang sama dengan hasil VRP. *Dump truck* AB 8104 DE pada Tabel 4 memiliki selisih yang tidak terlalu jauh antara perhitungan pada rute *existing* dengan VRP karena satu rute (rute 4) yang dimiliki AB 8104 DE telah optimal. Berdasarkan hasil perhitungan pada komponen jarak tempuh dapat disimpulkan bahwa dari 51 rute pada 13 *dump truck*, terdapat 4 rute yang telah optimal. Rute yang telah optimal tersebut yaitu rute 1, rute 2, rute 3 *dump truck* dengan nomor polisi AB 1458 YY dan rute 4 *dump truck* dengan nomor polisi AB 8104 DE.

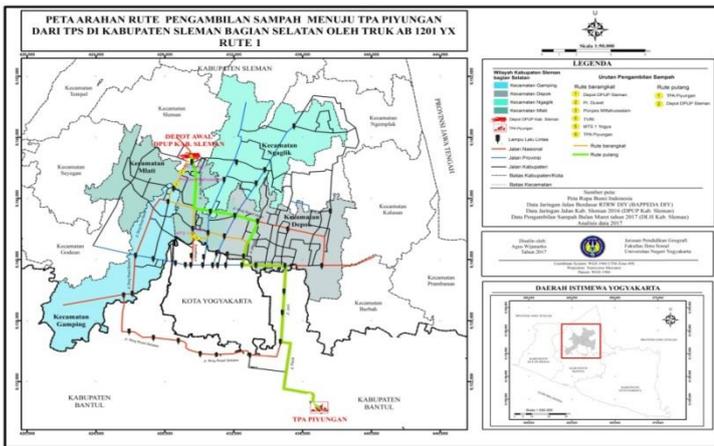
C. Menyusun Arahan Rute Optimal Pengangkutan Sampah.

Tabel 5. Arahan rute optimal 13 *dump truck*.

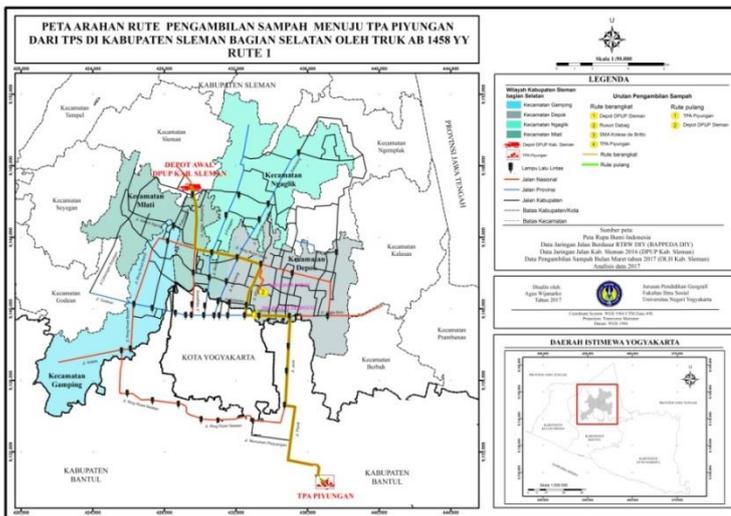
NO	nopol	Jumlah		Arahan
		Rute existing	Rute optimal	
1	AB 1201 XY	13	-	Sesuai hasil analisis VRP
2	AB 1458 YY	3	3	3 rute sesuai rute awal
3	AB 8096 DE	2	-	Sesuai hasil analisis VRP
4	AB 8104 DE	5	-	Sesuai hasil analisis VRP
5	AB 8106 DE	2	1	1 rute sesuai rute awal, 4 rute sesuai hasil analisis VRP
6	AB 8107 DE	8	-	Sesuai hasil analisis VRP
7	AB 8113 DE	2	-	Sesuai hasil analisis VRP
8	AB 8207 UA	2	-	Sesuai hasil analisis VRP
9	AB 9022 CE	2	-	Sesuai hasil analisis VRP
10	AB 9022 JE	2	-	Sesuai hasil analisis VRP
11	AB 9026 DE	5	-	Sesuai hasil analisis VRP
12	AB 9341 JE	3	-	Sesuai hasil analisis VRP
13	B 9026 WQ	2	-	Sesuai hasil analisis VRP

Sumber: analisis data, 2017.

Analisis jaringan berupa *Vehicle Routing Problem* (VRP) dapat menentukan arahan 51 rute pengangkutan optimal pada 13 *dump truck* pengangkut sampah di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan. Arahan tersebut dengan rincian empat rute awal sesuai dengan rute yang ada (*existing*) dan 47 rute awal yang perlu diarahkan sesuai dengan hasil analisis perhitungan biaya bahan bakar, waktu tempuh, dan jarak tempuh. Arahan terhadap 51 rute optimal pada 13 *dump truck* ditunjukkan oleh peta-peta yang disusun dari hasil analisis penelitian ini.



Gambar 2. Peta arahan rute optimal pada AB 1201 XY rute 1



Gambar 3. Peta arahan rute optimal pada AB 1458 YY rute 1.

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pola sebaran TPS di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan dikategorikan ke dalam pola mengelompok (*Clustered*). Hal ini didasarkan hasil average nearest

neighborhood dengan nilai $T = 0,7$. Pola sebaran TPS mengelompok karena penempatan lokasi TPS mengikuti pada permintaan pelanggan (masyarakat atau instansi) yang membutuhkan jasa pengangkutan, bukan atas perencanaan pemerintah.

2. Berdasarkan penilaian antara biaya bahan bakar, waktu tempuh, dan jarak tempuh antara rute yang ada (*existing*) dengan rute hasil analisis VRP, dapat diketahui bahwa dari 51 rute pengangkutan yang ada pada 13 *dump truck* pengangkut sampah di wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan hanya terdapat empat rute yang telah optimal, sedangkan 47 rute lainnya belum optimal. Rute yang telah optimal dari segi biaya bahan bakar, waktu tempuh, dan jarak tempuh yaitu Rute 1 *dump truck* AB 1458 YY, Rute 2 *dump truck* AB 1458 YY, Rute 3 *dump truck* AB 8104 DE. Keempat rute tersebut dinilai optimal karena biaya bahan bakar, waktu tempuh, dan jarak tempuh pada rute yang ada (*existing*) menunjukkan hasil yang sama dengan hasil pada analisis jaringan (VRP).

3. Analisis jaringan berupa *Vehicle Routing Problem* (VRP) dapat menentukan arahan 51 rute pengangkutan optimal pada 13 *dump truck* pengangkut sampah di

wilayah Kabupaten Sleman bagian selatan dengan rincian empat rute awal sesuai dengan rute yang ada (*existing*) dan 47 rute awal yang perlu diarahkan sesuai dengan hasil analisis perhitungan biaya bahan bakar, waktu tempuh, dan jarak tempuh. Arahan terhadap 51 rute optimal pada 13 *dump truck* ditunjukkan oleh peta-peta yang disusun dari hasil analisis penelitian ini.

B. Saran

1. Perlu adanya peningkatan pelayanan persampahan khususnya penyediaan TPS agar tersebar secara merata di Kabupaten Sleman.
2. Perlu adanya peran serta masyarakat dalam pengelolaan TPS di Kabupaten Sleman.
3. Perlunya suatu rute optimal pengangkutan sampah pada jaringan jalan yang tetap (baku) dari Kabupaten Sleman menuju TPA Piyungan agar dapat meminimalisasi dampak lingkungan selama proses pengangkutan dan mengefisienkan pembiayaan yang ada.
4. Perlunya penyediaan informasi kepada masyarakat mengenai lokasi TPS dan rute pengambilan sampah yang ada di Kabupaten Sleman.

DAFTAR PUSTAKA

- Asti Mulasari, Adi Heru Husodo, & Noeng Muhadjir. (2016). “Analisis Situasi Permasalahan Sampah Kota Yogyakarta dan Kebijakan Penanggulangannya”. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Volume 11 (2) (2016) xx-xx. ISSN 1858-1196. Hlm. 97-98.
<http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/kemas>, Diunduh pada 2 januari 2017.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2016). *Kabupaten Sleman dalam Angka 2016*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman.
- Chang, Kang Tsung. (2002). *Introduction to Geographic Information System*. New York : Mc Graw Hill.
- Dimas Sutanugraha. (2013). “Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Penentuan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah di Wilayah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul (Kartamantul)”. *Geo Educasia - SI*. Tahun II, Vol I. Hlm. 188 - 189.
<http://journal.student.uny.ac.id/jurnal/artikel/4335/25/477> diunduh pada 1 Maret 2017.
- Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Sleman. (2016). “Rekapitulasi Sampah Kabupaten Sleman tahun 2016”. Yogyakarta: DLH.
- Eddy Prahasta. (2014). *Sistem Informasi Geografis: Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika) Edisi Revisi*. Bandung: Informatika.

Erna Kurniati, Vidya Nahdhiyatul Fikriyah & Novita Ardana. (2016). *Nice Tutorial SIG Lanjut: Sistem Informasi Geografis Tingkat Lanjut*. Yogyakarta: Billion Technology.

Ofyar Z. Tamin. (2008). *Perencanaan, Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi: Teori, Contoh Soal, dan Aplikasi*. Bandung: ITB.

Tchobanoglous, George & Kreith, Frank (eds). (2002). *Handbook of Solid Waste Management 2nd Edition*. New York: McGraw-Hill.