



Received 25th October 2021  
 Accepted 14th June 2023  
 Published 12th December 2023

Open Access

DOI: 10.35472/jsat.v7i2.748

## Optimalisasi Sistem Angkutan Sampah di Kelurahan Pulau Setokok dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG)

Farouki Dinda Rassarandi<sup>\*a</sup>, Oktavianto Gustin<sup>a</sup>, Rizki Widi Pratama<sup>a</sup>, Zara Azhari<sup>a</sup>, Laras Dwi Ramdanni<sup>a</sup>, Moh Bagus Rahmadi<sup>a</sup>, Karisma Pratama Ramadhan<sup>a</sup>, Nurhadi Bashit<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Teknologi Geomatika, Teknik Informatika, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

<sup>b</sup>Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

\*Corresponding E-mail : [farouki@polibatam.ac.id](mailto:farouki@polibatam.ac.id)

**Abstract:** The increasing population in Pulau Setokok Village has led to an increase in the waste generation which is not supported by the availability of representative TPS. In addition, the weak waste management system also makes this issue a major problem in the area. One of the important aspects in waste management on Setokok Island is the waste transportation system. The purpose of this study was to determine the location of alternative TPS in Pulau Setokok Village based on SNI No.19-3241-1994, analyze the suitability of the existing TPS in Pulau Setokok Village based on the SNI and optimize the waste transportation system from the existing TPS in Pulau Setokok Village to the nearest TPA with apply Network Analysis GIS. The determination of the recommended location for the TPA in the Pulau Setokok Village in this study was technically determined from the highest score of the feasible zone at the allowance stage, where it was found that the highest score in the allowance stage was 282, covering an area of 2.1 Ha, which is relatively in the middle of Setokok Island which is crossed by the Trans Bareleng road. The location of the existing TPS on Pulau Setokok is not in the recommended TPA location based on SNI No.19-3241-1994. The length of time for transporting waste using a Dump Truck is 108.6 minutes which is faster than an Arm Roll Truck (173 minutes) for round-trip waste transportation from TPA Punggur – TPA Recommendation of Pulau Setokok – TPA Punggur on the shortest route of 2 times 36.2 km. the use of Arm Roll Truck fuel is more efficient, which is Rp 93,637.33 for 1 trip compared to the Dump Truck (Rp 117,046.67), but the Arm Roll Truck transports less waste than the Dump Truck because of its smaller capacity, which is 7.2 m<sup>3</sup> compared to the Dump Trucks of 12 m<sup>3</sup>.

**Keywords:** Waste, TPA, GIS, garbage transportation system, Setokok Island

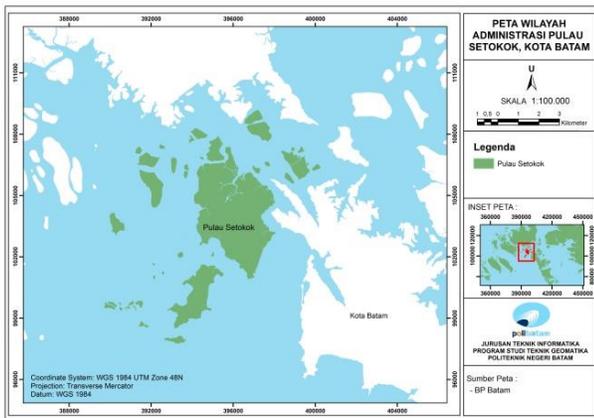
**Abstrak:** Semakin bertambahnya penduduk di Kelurahan Pulau Setokok menyebabkan meningkatnya timbulan sampah yang mana hal ini tidak didukung dengan ketersediaannya TPS yang representatif disana. Selain itu lemahnya sistem pengelolaan sampah juga menjadikan isu ini menjadi problematika utama di daerah tersebut. Salah satu aspek penting dalam pengelolaan sampah di Pulau Setokok adalah sistem angkutan sampah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan lokasi TPS alternatif di Kelurahan Pulau Setokok berdasarkan SNI No.19-3241-1994, menganalisis kesesuaian TPS eksisting Pulau Setokok berdasarkan SNI tersebut serta melakukan optimalisasi sistem angkutan sampah dari TPS yang ada di Kelurahan Setokok ke TPA terdekat dengan menerapkan *Network Analysis SIG*. Penentuan lokasi rekomendasi TPA di Kelurahan Setokok pada penelitian ini ditetapkan secara teknis dari skor tertinggi zona layak pada tahap penyisih, dimana didapatkan bahwa skor tertinggi tahap penyisih adalah 282 seluas 2,1 Ha yang berada relatif di tengah pulau Setokok yang dilintasi jalan Trans Bareleng. Lokasi TPS eksisting Pulau Setokok tidak berada di lokasi rekomendasi TPA berdasarkan SNI No.19-3241-1994. Lama waktu pengangkutan sampah dengan menggunakan *Dump Truck* adalah 108.6 menit yang mana lebih cepat daripada *Arm Roll Truck* (173 menit) untuk pengangkutan sampah pulang pergi dari TPA Punggur – TPA Rekomendasi Pulau Setokok – TPA Punggur pada rute terpendeknya sejauh 2 kali 36.2 km. penggunaan BBM *Arm Roll Truck* lebih efisien, yaitu Rp 93.637,33 untuk 1 rit dibandingkan dengan *Dump Truck* (Rp 117.046,67), namun *Arm Roll Truck* mengangkut sampah lebih sedikit daripada *Dump Truck* karena kapasitasnya yang lebih kecil, yaitu 7.2 m<sup>3</sup> dibandingkan dengan *Dump Truck* sebesar 12 m<sup>3</sup>.

**Kata Kunci :** Sampah, TPA, SIG, Sistem angkutan sampah, Pulau Setokok



## Pendahuluan

Kecamatan Bulang merupakan salah satu dari 12 (dua belas) kecamatan yang ada di Kota Batam. Kecamatan Bulang terbentuk bersamaan dengan Pemekaran Kecamatan di Kota Batam berdasarkan Perda No. 2 Tahun 2005. Kecamatan Bulang terdiri dari 6 kelurahan, yang meliputi Pantai Gelam, Tempoyong, Pulau Setokok, Batu Legong, Batu Lintang dan Pulau Buluh. Pulau Setokok adalah salah satu kelurahan yang ada di kecamatan Bulang, dimana secara geografis letaknya berada di pulau setelah jembatan 3 Bareleng (Jembatan Raja Ali Haji) yang berjarak 26 km dari pusat kota Batam. Kelurahan Setokok berbatasan dengan Kelurahan Tanjung Piayu di sebelah Utara, Kelurahan Rempang Cate di sebelah Selatan dan Timur, serta Kelurahan Batu Legong di sebelah Baratnya [1]. Adapun secara visual kenampakan wilayah Pulau Setokok dapat dilihat seperti pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Peta wilayah Kelurahan Setokok [2].

Kelurahan Pulau Setokok terdiri 24 pulau, dengan jumlah pulau berpenghuni ada 5 (lima) yaitu Pulau Setokok, Akar, Panjang, Nipah dan Tonton, yang secara administratif terdiri dari 5 RW dan 16 RT dengan penduduk berjumlah 2.851 orang [3]. Kelurahan Pulau Setokok memiliki luas 24,88 km<sup>2</sup> dengan kepadatan penduduknya 114 jiwa/km<sup>2</sup>. Padatnya penduduk menyebabkan meningkatnya timbulan sampah. Namun, wilayah pelayanan pengangkutan sampah di Kelurahan Pulau Setokok hanya memiliki 1 TPS dan itupun berada di atas perbukitan, selain itu lemahnya pengelolaan sampah juga menjadikan isu ini menjadi problematika utama di daerah tersebut (survei lapangan, 2020). Jika diasumsikan setiap orang menghasilkan sampah 0,5 kg/kapita/hari, maka Pulau Setokok dengan jumlah penduduk mencapai 2.851 orang akan menghasilkan sampah 1,426 ton/hari, karenanya untuk menghindari

dampak negatif dari timbulan sampah yang tergolong besar tersebut diperlukan penanganan yang khusus untuk mengatasinya [4]. Wilayah Pulau Setokok yang dikelilingi perairan sangat rentan sekali terhadap perilaku masyarakat yang membuang sampah ke laut sehingga merusak lingkungan sekitarnya (Gambar 2).



Gambar 2. Kondisi pengelolaan sampah rumah tangga yang kurang baik di Kelurahan Pulau Setokok. (Sumber: survei lapangan, 2020)

Salah satu aspek penting dalam pengelolaan sampah di Pulau Setokok adalah sistem angkutan sampah. diperkirakan sekitar 50 sampai 70 persen dari total biaya yang dikeluarkan dalam pengelolaan sampah (pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, daur ulang dan penghapusan) adalah biaya untuk operasional pengangkutan sampah [5]. Dari tahun ke tahun anggaran untuk angkutan sampah akan terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan timbulan sampah yang terjadi. Oleh karena itu, perbaikan terhadap sistem angkutan sampah, meskipun persentasenya kecil akan memberikan dampak penghematan yang signifikan terhadap total biaya pengelolaan sampah secara keseluruhan

Dalam hal ini masalah yang muncul dalam pengangkutan sampah adalah penentuan rute terpendek, dengan hambatan lalu lintas yaitu rendahnya kecepatan perjalanan, lamanya waktu perjalanan dan tingginya biaya perjalanan yang terjadi sehingga menghambat pelayanan pengangkutan sampah di Kelurahan Pulau Setokok. Penentuan posisi dapat dilakukan dengan survei GPS (*Global Positioning System*). GPS adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. Informasi yang diperoleh yaitu posisi secara cepat dan teliti serta dapat digunakan setiap saat tanpa bergantung waktu dan cuaca [6],[7]. Selanjutnya, dengan memanfaatkan SIG maka dalam penelitian ini analisis penentuan rute terpendek pengangkutan sampah yaitu menggunakan *Network Analysis* dapat diterapkan. Hasil analisis yaitu rute terpendek dan waktu tempuh menuju TPA terdekat. Hasil data rute terpendek maka dapat diperhitungkan konsumsi bahan bakar

untuk melengkapi data pelayanan pengangkutan sampah yang kemudian disajikan dalam bentuk peta digital.

## Tinjauan Pustaka

### Sampah

Sampah menurut SNI 19-2454-1991 tentang Tata Cara Pengelolaan Teknik Sampah didefinisikan sebagai limbah yang bersifat padat terdiri atas zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Sampah umumnya dalam bentuk sisa makanan (sampah dapur), daun-daunan, ranting, kertas/karton, plastik, kain bekas, debu sisa penyapuan, dan sebagainya. Atau sampah dapat juga didefinisikan sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau dari proses alam yang berbentuk padat [8].

Sumber sampah menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-3964-1994 tahun 1994 berasal dari :

- a) Sumber sampah perumahan yaitu: rumah permanen, rumah semi permanen dan rumah non permanen.
- b) Sumber sampah non-perumahan yaitu: Kantor, toko/ruko, pasar, sekolah, jalan, hotel, restoran, dan fasilitas umum lainnya.

### Tempat Pembuangan Akhir Sampah

Tempat pembuangan akhir sampah adalah sarana fisik untuk berlangsungnya kegiatan pembuangan akhir sampah (TPA). Pembuangan akhir sampah adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan dan memusnahkan sampah dengan cara tertentu sehingga dampak negatif yang ditimbulkan kepada lingkungan dapat dihilangkan atau dikurangi. Menurut kamus penataan ruang, TPA merupakan tempat untuk memroses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi lingkungan dan manusia. [9].

TPA adalah tempat terakhir dari tahapan pengelolaan sampah, dimana sampah akan dikarantina dan diolah untuk mengurangi dampak negatif dari sampah [10]. TPA merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolannya sejak mulai timbul dari sumber, pengumpulan, pemindahan/pengangkutan, pengelolaan dan pembuangan.

Dalam penentuan lokasi TPA harus sesuai SNI 19-3241-1994. Proses pemilihan lokasi lahan-urug idealnya melalui suatu tahapan penyaringan. Dalam setiap tahap, lokasi-lokasi yang dipertimbangkan akan dipilih dan disaring. Pada setiap tingkat, beberapa lokasi dinyatakan gugur, berdasarkan kriteria yang digunakan di tingkat tersebut. Penyisihan tersebut akan memberikan beberapa calon lokasi yang paling layak dan baik untuk diputuskan pada tingkat final oleh pengambil keputusan [11].

### Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu sistem informasi yang berbasis komputer, dirancang untuk bekerja dengan menggunakan data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Sistem ini merekam, memvalidasi, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisa, dan menampilkan data bereferensi keruangan [12]. Teknologi SIG mengintegrasikan operasi-operasi umum basisdata, seperti *query* dan analisa statistik, dengan kemampuan visualisasi dan analisa yang unik yang dimilikinya. SIG sebagai sistem informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan, transportasi, fasilitas kota, dan pelayanan umum lainnya seperti aspek kepariwisataan [13].

SIG mampu menjelaskan informasi geografis dalam hal ini meliputi [14]:

- a) Komponen Posisi Geografis, yaitu berupa sistem koordinat geografis yang dapat menampilkan lokasi spasial yang dianalisis
- b) Komponen Spasial, yaitu suatu hubungan topologis antar komponen. Hubungan ini menjelaskan posisi relatif suatu fenomena, kaitan sebab akibat, arah, keterkaitan, dan lainnya.
- c) Komponen Atribut, yaitu data deskriptif dari sebuah objek data spasial. Komponen ini dapat berupa data tabular, data deskriptif, gambar, grafik, bahkan visual berupa foto, dan lainnya.
- d) Komponen Waktu, yaitu informasi fenomena antar waktu dari data spasial tersebut. Fenomena tersebut dapat disajikan berupa perbandingan yang sama

dalam waktu yang berbeda, atau berbagai kemungkinan perubahan spasial.

### **Parameter SIG dalam Penentuan Lokasi TPS/TPA Berdasarkan SNI 19-3241-1994**

Penggunaan SIG untuk analisis keputusan multikriteria (*Multi Criteria Decision Analysis - MCDA*) untuk membantu masalah pemilihan lokasi TPS/TPA dan mengembangkan peringkat potensi daerah TPS/TPA tersebut berdasarkan berbagai kriteria menunjukkan bahwa data spasial dalam jumlah besar dapat diproses dengan menggunakan SIG untuk mengidentifikasi calon lokasi untuk fasilitas pembuangan sampah seperti TPS maupun TPA [15]. Prosedur ini mengikuti kerangka kerja SIG yang menghilangkan lokasi yang tidak dapat diterima dengan mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan, selain isu-isu politik dan ekonomi, yang terkandung dalam layer berlapis dari informasi tambahan untuk memilih calon lokasi penimbunan limbah melalui proses *overlay* oleh perangkat lunak SIG [16].

Berdasarkan SNI 19-3241-1994 terdapat beberapa parameter penyisih untuk penentuan TPS/TPA, yaitu meliputi parameter umum (Batas administrasi, Pemilik hak atas tanah, Kapasitas lahan, Jumlah pemilik tanah dan Partisipasi masyarakat) dan parameter fisik lingkungan (Tanah, Air tanah, Sistem aliran air tanah, Bahaya banjir, Tanah penutup, Intensitas hujan, Jalan menuju lokasi, Transpot sampah, Jalan masuk, Lalu lintas, Tata guna tanah, Pertanian, Biologis, Kebisingan, dan bau dan Estetika).

### **Pengangkutan Sampah**

Kegiatan pengangkutan sampah, merupakan kegiatan membawa sampah dari lokasi pemindahan atau langsung dari sumber sampah menuju ke tempat pembuangan akhir, yang sebelumnya diawali dengan kegiatan pewadahan, pengumpulan dan pemindahan sampah [16]. Pengangkutan sampah adalah kegiatan membawa sampah dari lokasi tempat pembuangan sampah sementara (TPS) atau langsung dari sumber sampah menuju tempat pembuangan akhir (TPA) menggunakan peralatan berupa truk pengangkut [17]. Pengangkutan sampah dilakukan dengan tiga cara antara lain :

a) Pengangkutan langsung dari sumber sampah ke tempat pembuangan akhir (TPA). Pengangkutan seperti ini dilakukan karena daerah sumber sampah mempunyai jalan yang cukup lebar untuk dilalui truk pengangkut. Metode ini dilaksanakan pada daerah

dengan kepadatan penduduk dan produktivitas sampah rendah.

b) Pengangkutan dari tempat pembuangan sementara (TPS) ke tempat pembuangan akhir (TPA). Sampah yang terkumpul di tempat pembuangan sementara (TPS) dipindahkan ke dalam truk pengangkut lalu diangkut untuk dibuang di tempat pembuangan akhir (TPA). Metode ini cocok untuk daerah dengan kepadatan penduduk serta produktivitas sampah tinggi.

c) Pelaksanaan dilakukan oleh pihak penghasil sampah. Penghasil sampah membuang sampahnya langsung ke tempat pembuangan akhir (TPA), dikarenakan jumlah sampah yang cukup besar dan mempunyai angkutan sampah sendiri, misalnya pada kompleks perumahan, sekolah, dan lain-lain.

Dengan demikian, kelancaran pengangkutan sampah akan tergantung pada [18]:

1. Jarak antara sumber sampah, Bank sampah, TPS dengan TPA.
2. Jarak antara sumber sampah, TPS dan TPA.
3. Jarak antara sumber sampah dan TPA.
4. Jarak antara sumber sampah, Bank sampah dan TPA

Prosedur pemilihan rute bertujuan memodelkan perilaku pelaku pergerakan dalam memilih rute yang menurut mereka merupakan rute terbaiknya. Dengan kata lain, dalam proses pemilihan rute, pergerakan antara dua zona untuk moda tertentu dibebankan ke rute yang terdiri dari ruas jaringan jalan tertentu. Jadi, dalam pemodelan pemilihan rute dapat diidentifikasi rute yang akan digunakan oleh setiap pengendara sehingga akhirnya didapat jumlah pergerakan pada setiap ruas jalan. Dengan mengasumsikan bahwa setiap pengendara memilih rute yang meminimumkan biaya perjalanan (bisa juga meminimumkan waktu dan jarak perjalanan), maka adanya penggunaan ruas yang lain mungkin disebabkan oleh perbedaan persepsi pribadi tentang biaya atau mungkin juga disebabkan oleh keinginan untuk menghindari kemacetan. Hal utama dalam proses pembebanan rute adalah memperkirakan asumsi pengguna jalan mengenai pilihannya yang terbaik [19].

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan rute pada saat seseorang melakukan perjalanan. Beberapa diantaranya adalah waktu tempuh, jarak, biaya (bahan bakar dan yang lainnya),

kemacetan dan antrian, jenis manuver yang dibutuhkan, jenis jalan (jalan arteri, tol, atau lainnya), pemandangan, kelengkapan rambu dan marka jalan, serta kebiasaan. Sangatlah sukar menghasilkan persamaan biaya gabungan yang menggabungkan semua faktor tersebut. Selain itu, tidak praktis memodelkan semua faktor tersebut sehingga harus digunakan beberapa asumsi atau pendekatan. Salah satu pendekatan yang sering digunakan adalah mempertimbangkan dua faktor utama dalam pemilihan rute, yaitu nilai waktu dan biaya pergerakan (biaya pergerakan dianggap proporsional dengan jarak tempuh). Dalam beberapa model pemilihan rute dimungkinkan penggunaan bobot yang berbeda bagi faktor waktu tempuh dan faktor jarak tempuh untuk menggambarkan persepsi pengemudi dalam kedua faktor tersebut. Terdapat bukti kuat yang menunjukkan bahwa bobot lebih dominan dimiliki oleh waktu tempuh dibandingkan dengan jarak tempuh pada pergerakan di dalam suatu wilayah administrasi [19].

### Pengangkutan Sampah

Berkaitan dengan optimalisasi sistem angkutan sampah, ada beberapa analisis spasial yang dapat digunakan, yaitu [20]:

#### a) Proximity Analysis

Analisis *Proximity* merupakan suatu analisis spasial yang berbasis pada jarak antar layer, dalam analisis *proximity* ArcGIS menggunakan proses yang disebut dengan *buffering* (membangun lapisan pendukung sekitar layer dalam jarak tertentu) untuk menentukan dekatnya hubungan antara sifat bagian yang ada. Analisis *buffer* mendasarkan pencarian lokasi pada data spasial dan atribut jarak. Metode *buffer* sering digunakan sebagai alat analisis seperti kasus pelebaran jalan, pembuatan jaringan pipa, pembebasan tanah, dan lain-lain. Buffer memberikan hasil berupa informasi spasial daerah yang memenuhi kriteria serta luasan dan jarak daerah tersebut.

#### b) Network Analysis

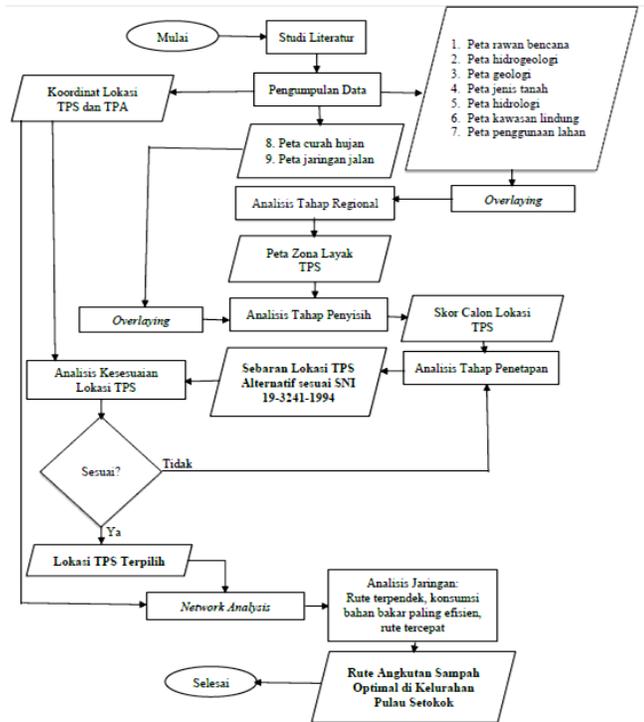
Network analysis adalah analisis spasial mengenai pergerakan atau perpindahan suatu sumber daya (*resource*) dari suatu lokasi ke lokasi yang lainnya melalui unsur-unsur (terutama) buatan manusia (*manmade*) yang membentuk jaringan (*arc/garis* dan *node/titik*) yang saling terhubung satu dengan yang lainnya. Kemudian didalamnya ada beberapa sub-analisis diantaranya [21]:

1. pemodelan jaringan (aturan lalu lintas [searah/dua arah, boleh belok kiri/kanan terus, jalan buntu, jalan yang tidak dibuka/tidak boleh digunakan, under/overpass]),
2. penentuan jalur terpendek (*shortest path/distance*),
3. penentuan jalur optimum atau terbaik (jarak tempuh dengan biaya atau hambatan minimum), atau
4. penentuan rute alternatif beserta waktu-waktu tempuhnya.

### Metode

Pelaksanaan penelitian optimalisasi sistem angkutan sampah dilakukan di kelurahan Pulau Setokok, kecamatan Bulang, Kota Batam yang secara geografis berada pada koordinat *centroid* 1,0155730 Lintang Utara dan 103,9288620 Bujur Timur dengan luas wilayah daratan mencapai 24,88 km<sup>2</sup>. Adapun penentuan lokasi TPS alternatif dilakukan pada wilayah ini, sedangkan untuk sistem transport sampahnya dikaji sampai dengan TPA terdekat dari Pulau Setokok yang digunakan sebagai tempat pebuangan akhir sampah eksisting disana. Bahan kajina yang digunakan adalah data koordinat TPS dan TPA hasil survei lapangan, dan data spasial, meliputi: Peta Batas Administrasi Kota Batam, Peta Geologi Kota Batam, Peta Hidrogeologi Kota Batam, Peta Jenis Tanah Kota Batam, Peta Rawan Bencana Kota Batam, Peta Kawasan Lindung Kota Batam, Peta Penggunaan Lahan Kota Batam, Peta Hidrologi Kota Batam, Peta Curah Hujan Kota Batam, Peta Jaringan Jalan Kota Batam, dan Peta Kepadatan Penduduk Kota Batam.

Kegiatan penelitian dibagi menjadi 3 tahapan utama sesuai dengan tujuan penelitian yang akan dilakukan, yaitu meliputi (Gambar 3):



Gambar 3. Diagram alir penelitian.

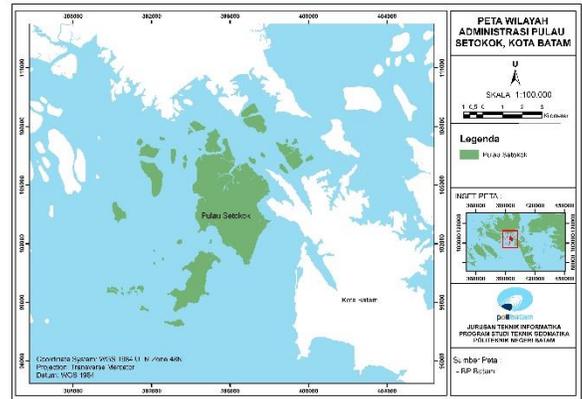
**Penentuan lokasi TPS alternatif di Kelurahan Pulau Setokok berdasarkan SNI No.19-3241-1994 menggunakan SIG**

Pada tahapan ini dilakukan penyeleksian dengan menggunakan metode overlaying SIG dari data-data spasial sudah dikumpulkan. Kemudian dilakukan analisis tahap regional, penyisih dan penetapannya berdasarkan bobot per kriteria untuk mendapatkan sebaran lokasi TPS alternatif sesuai SNI 19-3241-1994

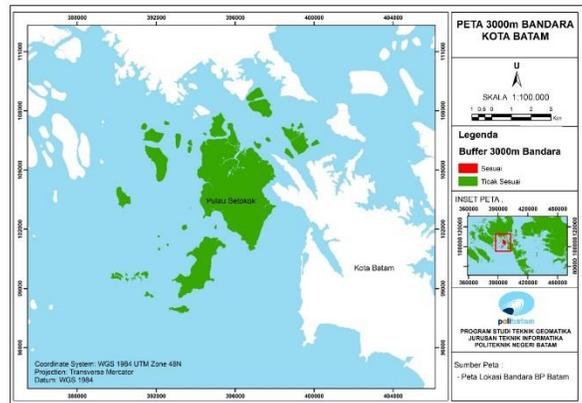
**a) Tahap Regional**

Tahap regional merupakan tahapan untuk menghasilkan peta yang berisi daerah atau wilayah yang terbagi menjadi beberapa zona kelayakan. Pada tahapan ini ada beberapa data yang digunakan seperti Peta Geologi Pulau Batam, Peta Hidrologi Pulau Batam, Peta Kemiringan Pulau Batam, Koordinat bandara Pulau Batam (Peta Bandara Batam) dan Peta Hutan Lindung Pulau Batam yang nantinya dari data tersebut menghasilkan satu peta zona layak dan tidak layak di Pulau Batam untuk diolah ke tahap selanjutnya yaitu tahap penyisihan. Analisis spasial menggunakan aplikasi ArcMap dan bahan berupa peta-peta yang didapat. Analisis tahap regional menggunakan teknik *intersect* dan *boolean*. Gambar 4 adalah hasil dari pengolahan data menggunakan peta-peta yang disebutkan di atas untuk

selanjutnya digunakan dalam analisis spasial tahap regional.

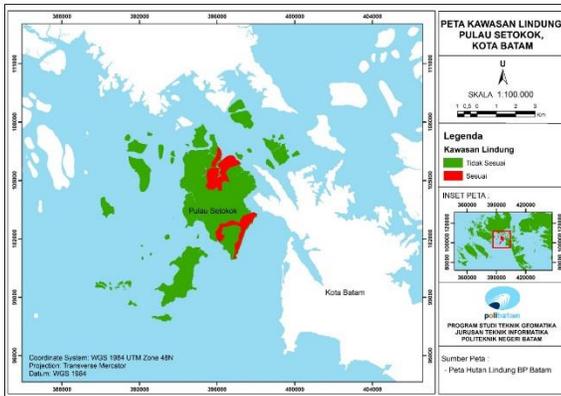


Gambar 4. Peta Administrasi Kelurahan Pulau Setokok.



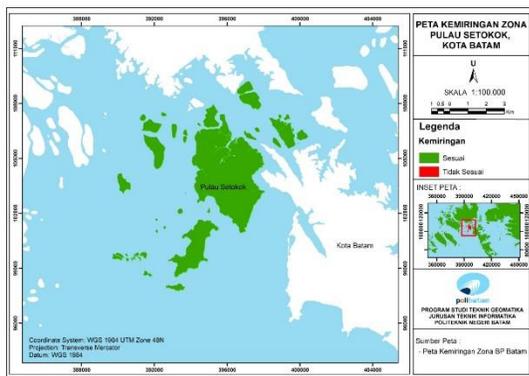
Gambar 5. Peta buffer wilayah 3000 m dari Bandara.

Berdasarkan Gambar 5, dikatakan daerah layak jika berada di lebih 3000 m (3 km) dari Bandara Hang Nadim. Pulau Setokok berada di wilayah tersebut, sehingga seluruh daerahnya masuk kategori layak.



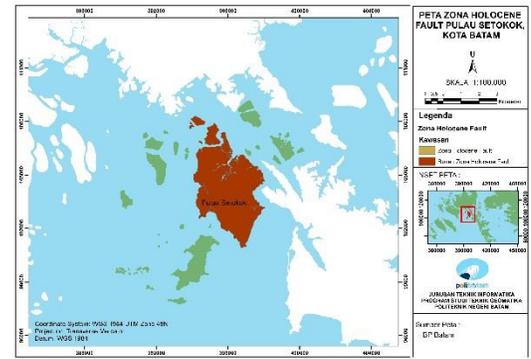
Gambar 6. Peta Kawasan Lindung.

Gambar 6 menjelaskan bahwa wilayah layak ditetapkan dari daerah yang penggunaannya bukan merupakan hutan lindung/cagar alam adalah wilayah yang terpilih



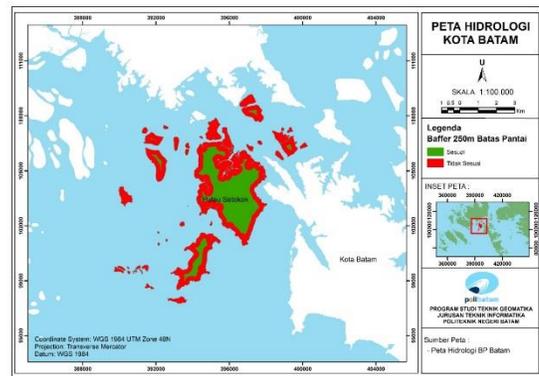
Gambar 7. Peta Kemiringan Zona.

Berdasarkan Gambar 7 dikarenakan topografi Kelurahan Pulau Setokok yang relatif landai (kemiringan kurang dari 20%), maka seluruh wilayahnya masuk ke dalam kategori layak berdasarkan kemiringan zonanya.



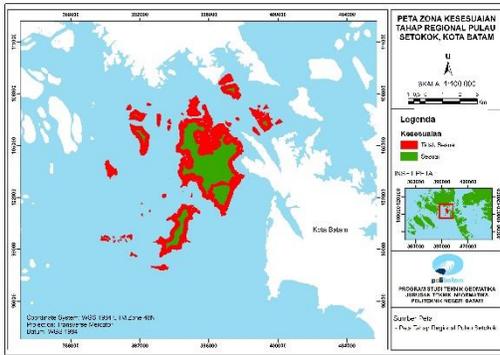
Gambar 8. Peta Wilayah Holocene Fault.

Berdasarkan aspek geologi, wilayah yang masuk dalam kategori layak jika daerah tersebut tidak berada di jenis geologi Holocene Fault, yang mana keseluruhan wilayah di Pulau Setokok setelah di klasifikasi masuk ke wilayah layak.



Gambar 9. Peta Hidrologi.

Pada aspek hidrologi, wilayah layak terpilih jika berada di luar wilayah 250 m dari tepi laut/garis pantai atau 150 m dari badan air. Selanjutnya seluruh peta (Gambar 9) di atas dilakukan analisis spasial dengan metode *intersect* dengan menggunakan *Boolean*, dimana jika wilayah layak itu skornya 1, maka yang tidak layak sekornya 0 (no). Sehingga didapatkan Peta Tahap Regional seperti yang ada pada Gambar 10.



Gambar 10. Peta Tahap Regional.

b) Tahap Penyisih

Analisis lanjutan setelah tahap regional dimana output rekomendasi lokasi layak dari tahap regional akan dinilai lagi berdasarkan variabel yang telah ditentukan dengan menggunakan teknik overlay dengan metode union dan dianalisis menggunakan aplikasi ArcMap. Pada tahap ini juga dilakukan penilaian atau skoring di setiap datanya sesuai dengan bobot dan nilai yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-3241-1994 (Tabel 1). Tahap penyisihan merupakan tahapan untuk menghasilkan satu atau lebih lokasi rekomendasi terbaik diantara beberapa lokasi yang dipilih dari zona-zona kelayakan pada tahap regional. Pada tahapan ini ada beberapa data yang digunakan seperti Peta Batas Administrasi Pulau Batam, Peta Kapasitas Lahan Pulau Batam, data primer partisipasi masyarakat Pulau Setokok, data DEM Pulau Setokok, data intensitas hujan Pulau Batam, Peta Jaringan Jalan Pulau Batam, Peta Tata Guna Lahan Pulau Batam, Peta Pertanian Pulau Batam, Peta Daerah hutan lindung Pulau Batam yang mana dari data tersebut di reklasifikasi kemudian dilakukan skoring sehingga menghasilkan nilai-nilai lokasi rekomendasi terbaik. Dalam pengolahan data tahap penyisih ini, ada beberapa parameter yang tidak dilibatkan, seperti pemilik hak atas tanah dikarenakan status kepemilikan tanah disana yang belum jelas dan juga beberapa faktor fisik seperti tanah dan ketersediaan air tanah yang datanya tidak diperoleh. Hal-hal itulah yang menjadi batasan masalah pada penelitian ini.

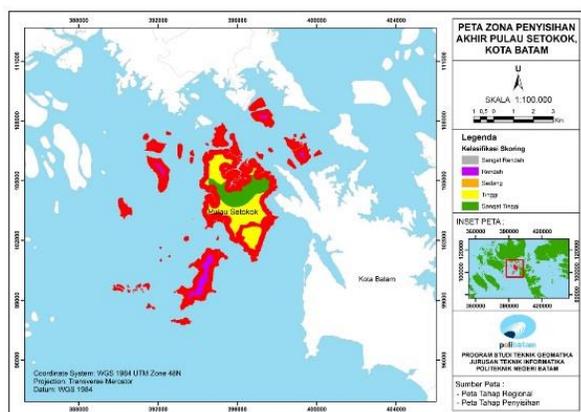
Tabel 1. Parameter Penyisih (SNI 03-3241-1994).

No.	Parameter	Bobot	Nilai
<b>Umum</b>			
1	<b>Batas Administrasi</b>	5	
	dalam batas administrasi		10
	di luar batas administrasi tetapi dalam satu sistem pengelolaan TPA sampah terpadu		5
	di luar batas administrasi dan diluar pengelolaan TPA sampah terpadu		1

No.	Parameter	Bobot	Nilai
<b>Umum</b>			
2	di luar batas administrasi		1
	<b>Kapasitas lahan</b>	5	
	> 10 tahun		10
	5 tahun – 10 tahun		8
	3 tahun – 5 tahun		5
	kurang dari 3 tahun		1
3	<b>Partisipasi masyarakat</b>	3	
	spontan		10
	digerakkan		5
	negosiasi		1
<b>FISIK</b>			
1	<b>Sistem aliran air tanah</b>	3	
	discharge area/lokal		10
	recharge area dan discharge area lokal		5
	recharge area regional dan lokal		1
2	<b>Bahaya banjir</b>	2	
	tidak ada bahaya banjir		10
	kemungkinan banjir > 25 tahunan		5
	kemungkinan banjir < 25 tahunan		1
3	<b>Intensitas hujan</b>	3	
	di bawah 500 mm per tahun		10
	antara 500 mm sampai 1000 mm per tahun		5
	di atas 1000 mm per tahun		1
4	<b>Jalan menuju lokasi</b>	5	
	datar dengan kondisi baik		10
	datar dengan kondisi buruk		5
	naik/turun		1
5	<b>Transpot sampah (satu jalan)</b>	5	
	kurang dari 15 menit dari centroid sampah		10
	antara 16 menit – 30 menit dari centroid sampah		8
	antara 31 menit – 60 menit dari centroid sampah		5
	lebih dari 60 menit dari centroid sampah		1
6	<b>Jalan masuk</b>	4	
	truk sampah tidak melalui pemukiman		10
	truk sampah melalui daerah pemukiman berkepadatan sedang ( = 300 jiwa / ha )		5
	truk sampah melalui daerah pemukiman berkepadatan tinggi ( = 300 jiwa / ha )		1
7	<b>Lalu lintas</b>	3	
	terletak 500 m dari jalan umum		10
	terletak < 500 m pada lalu lintas rendah		8
	terletak < 500 m pada lalu lintas sedang		5
	terletak pada lalu lintas tinggi		1
8	<b>Tata guna tanah</b>	5	
	mempunyai dampak sedikit terhadap tata guna tanah sekitar		10
	mempunyai dampak sedang terhadap tata guna tanah sekitar		5

No.	Parameter	Bobot	Nilai
<b>Umum</b>			
9	mempunyai dampak besar terhadap tata guna tanah sekitar <b>Pertanian</b> berlokasi di lahan tidak produktif tidak ada dampak terhadap pertanian sekitar terhadap pengaruh negatif terhadap pertanian sekitar berlokasi di tanah pertanian produktif	3	1
			10
			5
			1
			1
10	<b>Daerah lindung/cagar alam</b> tidak ada daerah lindung/cagar alam di sekitarnya terdapat daerah lindung/cagar alam di sekitarnya yang tidak terkena dampak negatif terdapat daerah lindung/cagar alam di sekitarnya terkena dampak negatif	3	10
			5
			1
			1

Gambar 11 adalah peta hasil pengolahan tahap penyisih, dimana pada peta di bawah ini dibagi menjadi beberapa kelas kelayakan, dimana yang berwarna hijau adalah lokasi layak yang memiliki skor tertinggi.

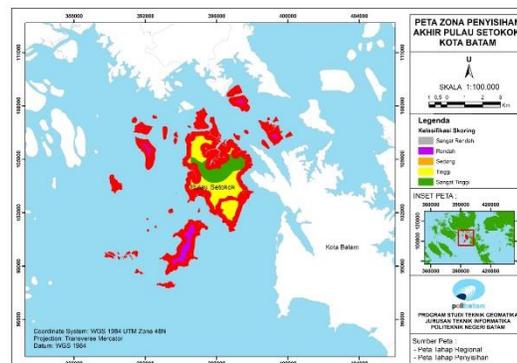


Gambar 11. Peta Tahap Penyisih.

c) Tahap Penetapan

Tahap penetapan merupakan tahap terakhir yang bertujuan untuk menentukan lokasi terpilih berdasarkan pertimbangan yang ditentukan oleh instansi yang berwenang. Pada tahap ini dilakukan penentuan rekomendasi lokasi TPA terbaik di Pulau Batam dari hasil tahap penyisihan yang hasilnya berupa Peta Rekomendasi Lokasi TPA di Pulau Batam. Peta Rekomendasi Lokasi TPA disesuaikan dengan peta sebaran TPA yang sudah ada di Kota Batam dan Peta RTRW Kota Batam. Dalam penelitian ini, penetapan

lokasi rekomendasi TPA didasarkan pada daerah yang memiliki skor terbesar pada tahap penyisih (klasifikasi zona layak berwarna hijau) seperti yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Peta Rekomendasi Lokasi TPA (klasifikasi zona layak berwarna hijau).

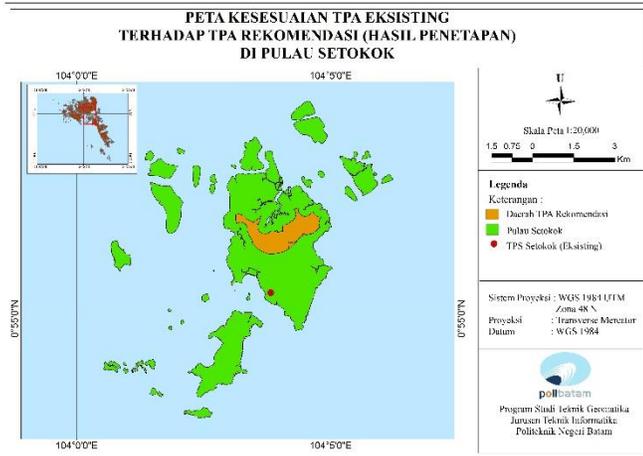
Analisis kesesuaian TPS eksisting Pulau Setokok berdasarkan SNI No.19-3241-1994

TPS eksisting yang saat ini berada di Kelurahan Pulau Setokok sangat tidak representatif, sehingga perlu dilakukan kajian uji kelayakan terhadap TPS tersebut berdasarkan hasil akhir analisis lokasi TPS sesuai SNI 19-3241-1994. Jika sesuai maka dapat dilanjutkan, jika tidak maka perlu dievaluasi. Dilakukan survei ke lapangan untuk me-record koordinat TPS eksisting di Pulau Setokok dengan menggunakan GPS handheld yang memiliki ketelitian 3 meter. Gambar 13 adalah dokumentasi perekaman koordinat TPS eksisting di lapangan. TPS eksisting Pulau Setokok berada tepat di tepi jalan umum dan berada di jarak sekitar 50 meter sebelah tenggara dari Kantor Kelurahan setempat.

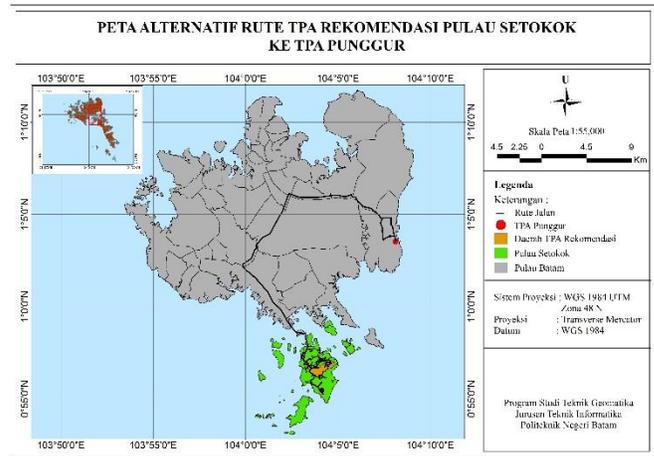


Gambar 13. Dokumentasi perekaman koordinat TPS eksisting di Kelurahan Pulau Setokok.

Berikut data hasil perekaman koordinat geografis TPS eksisting di Pulau Setokok yang kemudian di plotkan/overlay-kan koordinat titik TPS tersebut pada Peta Rekomendasi Lokasi TPA di Pulau Setokok (Gambar 14).



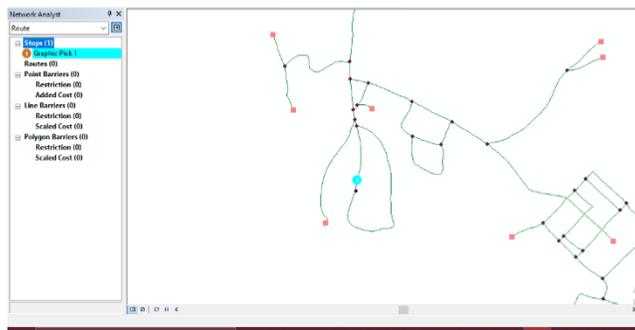
Gambar 14. Peta kesesuaian lokasi TPA/TPS eksisting Pulau Setokok terhadap lokasi rekomendasi TPA.



Gambar 16. Rute terpendek dari wilayah rekomendasi TPA Pulau Setokok ke TPA Punggur.

**Optimalisasi sistem angkutan sampah dari TPS yang ada di Kelurahan Setokok ke TPA terdekat dengan menerapkan Network Analysis SIG**

Lokasi TPS terpilih yang sesuai SNI No.19-3241-1994 kemudian dilakukan analisis jaringan dengan pertimbangan akses jalan yang menghubungkannya ke TPA terdekat, kemudian dilakukan pengkajian untuk optimalisasi sistem angkutan sampah berdasarkan rute terpendek, efisiensi bahan bakar dan rute tercepatnya. Data yang digunakan dalam analisis ini menggunakan Peta Jaringan Jalan Kota Batam, namun perlu dilakukan editing topologi terlebih dahulu karena banyak fitur yang mengalami *undershoot* atau *overshoot*. Selanjutnya dilakukan pencarian rute terdekat dari TPS Setokok menuju TPA Punggur menggunakan *network analyst* dengan membuat rute terlebih dahulu. Rute akan muncul apabila berhasil, tetapi apabila gagal maka rute tidak akan muncul dan akan muncul *warning error* pada tampilan ArcGIS. Gambar 15 adalah salah satu pengerjaan *network analysis* yang diterapkan di ArcMap.



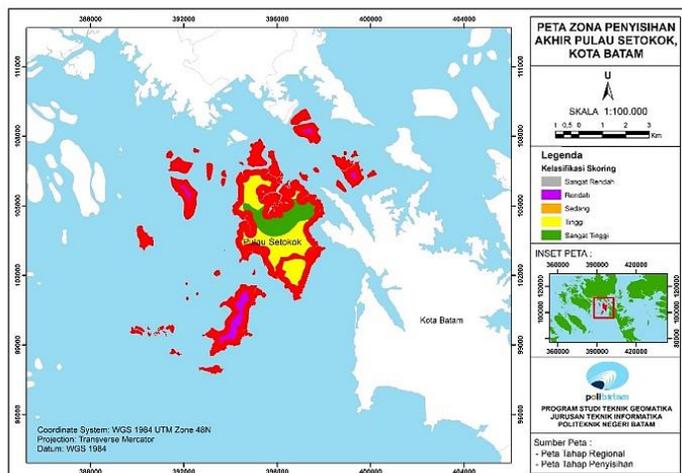
Gambar 15. Pengerjaan *network analysis* yang diterapkan di ArcMap.

Hasil akhir dari *network analysis* yang diterapkan akan menghasilkan rute terpendek yang menghubungkan kawasan tepi rekomendasi lokasi TPS di Kelurahan Pulau Setokok menuju TPA Punggur. Berikut adalah hasil akhir penentuan rute terpendek yang didapatkan seperti yang ditunjukkan pada peta di Gambar 16. Hasil rute terpendek kemudian dilakukan perhitungan jalur tercepat dan juga konsumsi BBM minimum dari jalur terpilih. Pada analisis ini ditentukan bahwa terdapat dua jenis truk pengangkut sampah yang akan dikaji yaitu *Arm Roll Truck* dan *Dump Truck* yang masing-masing moda transportasi sampah tersebut memiliki kecepatan rata-rata yang unik.

**Hasil dan Diskusi**

**Lokasi Rekomendasi TPA di Kelurahan Pulau Setokok berdasarkan SNI No.19-3241-1994 menggunakan SIG**

Lokasi rekomendasi TPA di Kelurahan Setokok ditetapkan oleh instansi berwenang berdasarkan RTRW Arahan Kota Batam dan disesuaikan dengan persebaran lokasi TPA saat ini yang ada di Kota Batam. Namun yang terjadi saat ini belum ada TPA lain selain TPA Punggur, sementara RTRW Kota Batam hanya melingkupi Pulau Batam saja dimana Pulau Setokok tidak masuk di dalamnya, sehingga penentuan lokasi rekomendasi TPA di kelurahan Setokok pada penelitian ini ditetapkan secara teknis dari skor tertinggi zona layak pada tahap penyisih, dimana didapatkan bahwa skor tertinggi tahap penyisih adalah 282 (klasifikasi berwarna hijau) seluas 2,1 Ha yang berada relatif di tengah pulau Setokok yang dilintasi jalan Trans Bareleng. Gambar 17 merupakan Peta Lokasi Rekomendasi TPA di Kelurahan Pulau Setokok berdasarkan skor tertinggi tahap penyisih.



**Gambar 17.** Peta Lokasi Rekomendasi TPA di Kelurahan Pulau Setokok berdasarkan skor tertinggi tahap penyisihan.

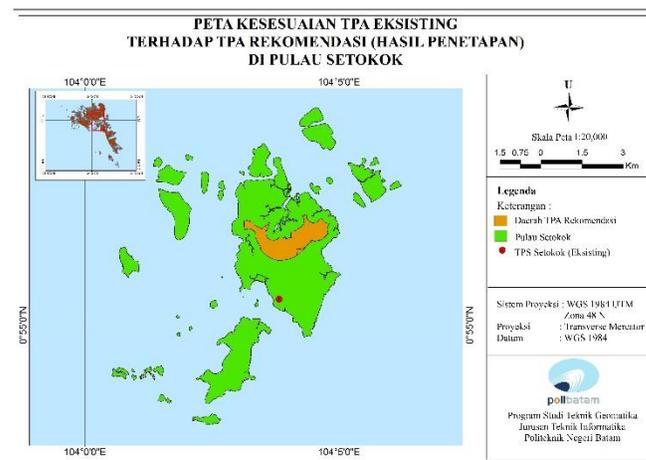
**Analisis Kesesuaian TPS Eksisting Pulau Setokok Berdasarkan SNI No.19-3241-1994**

Peta Lokasi Rekomendasi TPA di Kelurahan Pulau Setokok seperti yang tercantum pada Gambar 17 di atas digunakan sebagai lokasi TPA terpilih berdasarkan SNI No.19-3241-1994, dimana selanjutnya dilakukan analisis kesesuaian lokasi TPS eksisting Pulau Setokok berdasarkan lokasi rekomendasi TPA di atas. Hal ini dilakukan untuk melakukan evaluasi keberadaan TPS di Pulau Setokok terhadap standard lokasi TPA yang ditetapkan pemerintah. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak Kantor Kelurahan Pulau Setokok didapatkan informasi bahwa disana hanya terdapat 1 TPS yang berada di pulau utama Setokok yang juga dikelola oleh Dinas Kebersihan Kota Batam, sedangkan pulau-pulau yang lain belum ada pengelolaan sampai yang baik dimana sampah yang diproduksi dari limbah rumah tangga dibuang dengan cara dibakar. Oleh karena itu, hanya satu saja TPS yang direkam koordinatnya dengan menggunakan GPS, dimana lokasi TPS tersebut memang tidak representatif karena berada di tepi jalan umum dan berada di 50 meter sebelah tenggara Kantor Kelurahan Pulau Setokok dan dekat dengan pemukiman penduduk. Tabel 2 merupakan hasil perekaman koordinat geografis TPS eksisting di Pulau Setokok

**Tabel 2.** Hasil perekaman koordinat geografis TPS eksisting di Pulau Setokok.

Nomor	Nama Titik	Bujur Timur (°)	Lintang Utara (°)
1	TPS Eksisting Pulau Setokok	104,059048	0,925930

Titik koordinat TPS eksisting Pulau Setokok tersebut kemudian diplotkan/overlaykan dengan Peta Rekomendasi Lokasi TPA Setokok yang sudah ada, dimana diperoleh hasil bahwa lokasi TPS eksisting Pulau Setokok tidak berada di lokasi rekomendasi TPA berdasarkan SNI No.19-3241-1994 seperti terlihat pada Gambar 18. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lokasi TPS eksisting berada pada lokasi yang tidak layak, dimana keberadaan TPS tersebut berada di sebelah selatan lokasi rekomendasi TPA berdasarkan SNI No.19-3241-1994 sejauh 1.539 km dari wilayah terdekatnya.



**Gambar 18.** Peta Kesesuaian Lokasi TPS/TPA Eksisting Pulau Setokok terhadap rekomendasi lokasi TPA berdasarkan SNI No.19-3241-1994.

Berdasarkan dari hasil analisis di atas maka perlu dilakukan evaluasi terkait keberadaan lokasi TPS eksisting agar disesuaikan dengan Rekomendasi Lokasi TPA Berdasarkan SNI No.19-3241-1994.

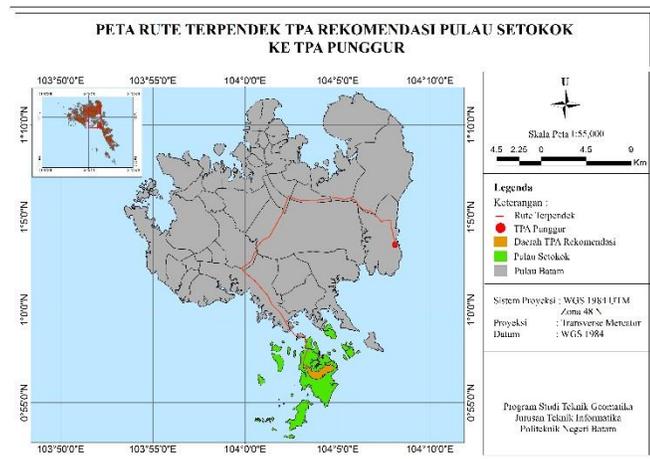
**Analisis Optimalisasi Sistem Angkutan Sampah dari TPA Rekomendasi Kelurahan Setokok ke TPA Pungkur dengan menerapkan Network Analysis SIG**

Analisis selanjutnya yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan network analysis untuk menentukan rute terpendek jalur pengangkutan sampah dari kawasan/wilayah rekomendasi TPA berdasarkan SNI No.19-3241-1994 ke TPA Pungkur (Kota Batam) yang kemudian dilakukan perhitungan jalur tercepat dan juga konsumsi BBM minimum dari jalur terpilih. Pada analisis ini ditentukan bahwa terdapat dua jenis truk pengangkut sampah yang akan dikaji yaitu *Arm Roll Truck* dan *Dump Truck* yang masing-masing moda transportasi sampah tersebut memiliki kecepatan rata-rata yang unik.

Berdasarkan hasil analisis jaringan yang telah dilakukan, didapati bahwa jarak/rute terpendek dari TPA rekomendasi Pulau Setokok ke TPA Punggur adalah 36,2 kilometer (km) yang melewati rute sebagai berikut:

1. Jalan Trans Barelang (13 km)
2. Jalan Letjend Soeprapto (5 km)
3. Jalan Ahmad Yani (3,7 km)
4. Jalan Sudirman (6,4 km)
5. Jalan Hasanudin (4,8 km)
6. Jalan Pattimura (3,3 km)

Berikut Gambar 19 adalah rute terpendek dari wilayah rekomendasi TPA Pulau Setokok ke TPA Punggur



**Gambar 19.** Rute terpendek dari wilayah rekomendasi TPA Pulau Setokok ke TPA Punggur.

Dalam perhitungan waktu tercepat dan konsumsi BBM dengan menggunakan *Arm Roll Truck* dan *Dump Truck* mengacu pada simulasi model hitungan biaya OP biroinfrastata.jatengprov.go.id, yaitu sebagai berikut:

a) *Arm Roll Truck* (6 m<sup>3</sup>)

1. Kapasitas kontainer dengan faktor kompaksi 1,2 = 6 x 1,2 = 7,2 m<sup>3</sup>
2. Waktu perjalanan ke lokasi TPA Punggur dari TPA Alternatif Pulau Setokok (dengan kecepatan rerata *Arm Roll Truck* adalah 25 km/jam dan jarak yang ditempuh 36,2 km dan pengangkutan pulang pergi) = 36,2 km / 25 km/jam x 60 menit x 2 = 173 menit
3. Dalam satu hari kerja dalam satu hari (1 shift kerja = 8 jam) dapat dilakukan ritase sebanyak = (8 x 60) / 173 = 2.774 rit (2 rit dengan pembulatan ke bawah)

4. Dalam satu hari, 1 unit *Arm Roll Truck* mampu mengangkut sampah sebanyak= 2 rit x kapasitas kontainer = 2 x 7,2 = 14,4 m<sup>3</sup>

b) *Dump Truck* / Truk Bak Terbuka (8 m<sup>3</sup>)

1. Kapasitas kontainer dengan faktor kompaksi 1,5 = 8 x 1,5 = 12 m<sup>3</sup>
2. Waktu perjalanan ke lokasi TPA Punggur dari TPA Alternatif Pulau Setokok (dengan kecepatan rerata *Dump Truck* adalah 40 km/jam dan jarak yang ditempuh 36,2 km dan pengangkutan pulang pergi) = 36,2 km / 40 km/jam x 60 menit x 2 = 108,6 menit
3. Dalam satu hari kerja dalam satu hari (1 shift kerja = 8 jam) dapat dilakukan ritase sebanyak= (8 x 60) / 108,6 = 4,42 rit (4 rit dengan pembulatan ke bawah)
4. Dalam satu hari, 1 unit *Dump Truck* mampu mengangkut sampah sebanyak= 4 rit x kapasitas kontainer= 4 x 12 = 48 m<sup>3</sup>.

Berdasarkan analisis data di atas didapatkan hasil yakni waktu pengangkutan dengan menggunakan *Dump Truck* adalah 108,6 menit lebih cepat daripada *Arm Roll Truck* (173 menit) untuk pengangkutan sampah dari TPA Punggur – TPA Rekomendasi Pulau Setokok – TPA Punggur sejauh 2 kali 36,2 km, hal ini juga mempengaruhi kemampuan angkut sampah perharinya yang mana dengan menggunakan *Dump Truck* mampu mengangkut sampah 4 rit dengan volume 48 m<sup>3</sup> per hari, sedangkan *Arm Roll Truck* mengangkut sampah 2 rit dengan volume 14,4 m<sup>3</sup> per hari.

Kemudian jika dikaitkan dengan konsumsi BBM solar masing-masing tipe truk, dimana *Arm Roll Truck* memiliki estimasi 7,5 km/liter dan *Dump Truck* 6 km/liter, maka dapat dikalkulasi penggunaan solar untuk jarak yang ditempuh, yaitu sebagai berikut:

a) *Arm Roll Truck*

Jarak Tempuh / Konsumsi BBM tiap kilometer *Arm Roll Truck* x Harga Solar  
 36,2 km/ 7,5 km/liter x Rp 9.700,-/liter = Rp 46.818,67  
 TPA Punggur – TPA Rekomendasi Pulau Setokok – TPA Punggur sejauh 2 kali 36,2 km = Rp 93.637,33

b) *Dump Truck* / Truk Bak Terbuka

Jarak Tempuh / Konsumsi BBM tiap kilometer *Arm Roll Truck* x Harga Solar  
 36,2 km/ 6 km/liter x Rp 9.700,-/liter = Rp 58.523,33

TPA Punggur – TPA Rekomendasi Pulau Setokok – TPA Punggur sejauh 2 kali 36,2 km = Rp 117.046,67

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan bahwasannya penggunaan BBM Arm Roll Truck lebih efisien, yaitu Rp 93.637,33 untuk 1 rit dibandingkan dengan Dump Truck (Rp 117.046,67). Namun *Arm Roll Truck* mengangkut sampah lebih sedikit daripada *Dump Truck* karena kapasitasnya yang lebih kecil, yaitu 7,2 m<sup>3</sup> dibandingkan dengan *Dump Truck* sebesar 12 m<sup>3</sup>.

## Kesimpulan

Dari Penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penentuan lokasi rekomendasi TPA di kelurahan Setokok pada penelitian ini ditetapkan secara teknis dari skor tertinggi zona layak pada tahap penyisih, dimana didapatkan bahwa skor tertinggi tahap penyisih adalah 282 seluas 2,1 Ha yang berada relatif di tengah pulau Setokok yang dilintasi jalan Trans Bareleng.
2. Lokasi TPS eksisting Pulau Setokok tidak berada di lokasi rekomendasi TPA berdasarkan SNI No.19-3241-1994. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lokasi TPS eksisting berada pada lokasi yang tidak layak, dimana keberadaan TPS tersebut berada di sebelah selatan lokasi rekomendasi TPA berdasarkan SNI No.19-3241-1994 sejauh 1.539 km dari wilayah terdekatnya
3. Waktu pengangkutan dengan menggunakan *Dump Truck* adalah 108,6 menit yang mana lebih cepat daripada *Arm Roll Truck* (173 menit) untuk pengangkutan sampah pulang pergi dari TPA Punggur – TPA Rekomendasi Pulau Setokok – TPA Punggur pada rute terpendeknya sejauh 2 kali 36,2 km. Penggunaan BBM *Arm Roll Truck* lebih efisien, yaitu Rp 93.637,33 untuk 1 rit dibandingkan dengan *Dump Truck* (Rp 117.046,67). Namun, *Arm Roll Truck* mengangkut sampah lebih sedikit daripada *Dump Truck* karena kapasitasnya yang lebih kecil, yaitu 7,2 m<sup>3</sup> dibandingkan dengan *Dump Truck* sebesar 12 m<sup>3</sup>.

## Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

## Penghargaan

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Politeknik Negeri Batam atas pendanaan melalui Hibah Skema Penelitian Dosen Terapan Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat serta semua pihak yang telah membantu telaksananya Penelitian ini dengan baik..

## Daftar Pustaka

- [1] BPS Kota Batam, Kecamatan Bulang dalam Angka, BPS Kota Batam. Batam: PT. Revans Jaya Abadi, 2019.
- [2] Google Maps, diakses 22 Maret 2020.
- [3] Kantor Kecamatan Bulang tahun 2018.
- [4] R. Hidayat, "Evaluasi Sistem Angkutan Sampah Kota Kandangan dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis," Jurnal Wilayah dan Lingkungan, Vol. 1 Nomor 2, pp. 201-214, Agustus 2013.
- [5] G. Tchobanoglous, and F. Kreith, Handbook for Solid Waste Management. New York: McGrawHill, 2002.
- [6] H. Z. Abidin, Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2007.
- [7] O. Gustin, A. Roziqin, & A. Fatulloh, "Determination and measurement of horizontal control points 2nd order, " in Proceedings of 2018 International Conference on Applied Engineering (ICAE), Oktober 2018, IEEE, pp. 1-5.
- [8] —, Tata Cara Teknik Operasi Pengelolaan Sampah Perkotaan, SNI 19-2454-2002. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2002.
- [9] A. Basyarat, "Kajian Terhadap Penetapan Lokasi TPA Sampah Leuwinguang Kota Depok," Tesis, 2006.
- [10] B. Dibyantoro, "Pemetaan Lokasi Tempat Pembuangan Sementara (TPS) dan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah di Kabupaten Pati, " Skripsi, Geografi Unnes, Semarang, 2011.
- [11] I. Djamiluddin, S. H. Aly, dan Ismail, "Analisis Geospasial Penentuan Lokasi Alternatif Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah di Kota Makassar Berdasarkan Kriteria SNI 19-3241-1994," Departemen Teknik Lingkungan, Repository Unhas - Universitas Hasanuddin, 2018.
- [12] A. Hermawan, M. Awaluddin, dan B. D. Yuwono, "Pembuatan Aplikasi WebGIS Informasi Pariwisata dan Fasilitas Pendukungnya di Kabupaten Kudus," Jurnal Geodesi Undip, Vol. 6, Nomor 4, 2017, (ISSN : 2337-845X).
- [13] S. Murai, GIS Work Book, Tokyo: Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 1999, pp. 7-22.
- [14] E. Budiarto, Sistem Informasi Geografis dengan Quantum GIS, Yogyakarta: Andi, 2016.
- [15] O. D. Anggraini, "Pemilihan Calon Lokasi TPA Dengan Metode GIS Di Kabupaten Bandung Barat," Jurnal Program Studi Teknik Lingkungan ITB, 2010.

- [16] M. Y. Marantika, S. Subiyanto, dan Hani'ah, "Analisis Geospasial Persebaran TPS dan TPA di Kabupaten Batang Menggunakan Sistem Informasi Geografis," *Jurnal Geodesi Undip*, Vol. 3, Nomor 1, 2014, (ISSN : 2337-845X).
- [17] F. D. Rassarandi dan Diyono, 2017, "Spatial Analysis for Determination the Alternative Location of Ne Landfill in Batam Island", *ASIA International Multidisciplinary Conference 2017, ASIA Mediterranean*, Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Johor Bahru
- [18] Suprajaka dan Rinaldi, "Kajian Optimalisasi Model Pengangkutan Sampah di Kota Tangerang Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)," Tesis, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Repository Universitas Esa Unggul, 2016.
- [19] E. Prahasta, *Sistem Informasi Geografis : Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Bandung: Informatika, 2009.
- [20] D. Apriyanti, D. K. Kresnawati, dan W. F. Diniyah, *Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis untuk Analisis Rute Truk Pengangkutan Sampah di Kota Bogor*, di *Prosiding Seminar Nasional Geomatika 2018*, 2018.
- [21] —, *Network Analyst, ArcGIS Help 10.1*, ESRI, 2009