

**OPTIMALISASI RUTE PERJALANAN PENGANGKUTAN
SAMPAH KE TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA)
MENGUNAKAN METODE *SAVING HEURISTIC*
BERBASIS *GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEM (GIS)* DI KOTA MALANG**

SKRIPSI



Oleh :

MELSA KHAIRANI NASUTION

NIM. 16650050

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

2020

**OPTIMALISASI RUTE PERJALANAN PENGANGKUTAN SAMPAH KE
TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) MENGGUNAKAN METODE
SAVING HEURISTIC BERBASIS GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEM (GIS) DI KOTA MALANG**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh :
MELSA KHAIRANI NASUTION
NIM. 16650050**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

**OPTIMALISASI RUTE PERJALANAN PENGANGKUTAN SAMPAH KE
TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) MENGGUNAKAN METODE
SAVING HEURISTIC BERBASIS GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEM (GIS) DI KOTA MALANG**

SKRIPSI

**MELSA KHAIRANI NASUTION
NIM. 16650050**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji

Tanggal 29 Desember 2020

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Fachrul Kurniawan, M.MT

Fatchurrohman, M. Kom

NIP. 19771020 200912 1 001

NIP. 19700731 200501 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Cahyo Crvsdian

NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMALISASI RUTE PERJALANAN PENGANGKUTAN SAMPAH KE
TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) MENGGUNAKAN METODE
SAVING HEURISTIC BERBASIS GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEM (GIS) DI KOTA MALANG**

SKRIPSI

Oleh:

**MELSA KHAIRANI NASUTION
NIM. 16650050**

Pada Tanggal: 29 Desember 2020

Susunan Penguji		Tanda Tangan
Penguji I	: <u>Ala Syauqi, M.Kom</u> NIP.19771201 200801 1 007	()
Penguji II	: <u>Dr. M. Amin Hariyadi, M.T</u> NIP.19670118 200501 1 001	()
Pembimbing I	: <u>Fachrul Kurniawan, M.MT</u> NIP.19771020 200912 1 001	()
Pembimbing 2	: <u>Fatchurrohman, M. Kom</u> NIP. 19700731 200501 1 002	()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Cahyo Crysdiان
NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Melsa Khairani Nasution
NIM : 16650050
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Teknik Informatika
Judul Skripsi : **Optimalisasi Rute Perjalanan Pengangkutan Sampah Ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Menggunakan Metode *Saving Heuristic* Berbasis *Geographic Information System (GIS)* Di Kota Malang**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 29 Desember 2020

Yang membuat pernyataan,



(Melsa Khairani Nasution)
NIM. 16650050

MOTTO

The logo is a shield-shaped emblem with a light green background and a white border. It features the text "UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM" in a circular arrangement at the top and "PUSAT PERPUSTAKAAN" at the bottom. In the center, there is a yellow calligraphic design. The motto text is overlaid on the logo.

“Allah Tidak Membebani
Seseorang Melainkan Sesuai
Kesanggupannya”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT
Shalawat serta salam kepada Rasulullah SAW

Dengan segenap hati, penulis mempersembahkan sebuah karya ini kepada:

Kedua orang tua penulis tercinta, Bapak Muhammad Saleh Nasution dan Ibu Meliarni Lubis yang selalu dengan senang hati membimbing dan memotivasi diri penulis, yang selalu mendo'akan penulis, yang selalu mendukung dan memberi kasih sayang yang tak terhingga hingga sampai kapan pun.

Dosen pembimbing penulis, Bapak Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT dan Bapak Fatchurrochman, M.Kom yang telah dengan sabar membimbing jalannya penelitian skripsi ini dan selalu memberikan stimulus positif untuk tetap semangat menjalani setiap tahap ujian skripsi.

Dosen penguji, Bapak Ala Syauqi, M.Kom dan Bapak Dr. M. Amin Hariyadi, M.T yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis sehingga tercapai hasil skripsi yang lebih baik.

Seluruh dosen Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, dan seluruh guru-guru penulis yang telah membimbing dan memberikan ilmunya yang sangat bermanfaat.

Adik-adik penulis, Muhammad Rifa'i Nasution, Muhammad Syahrial Nasution, Muhammad Raihan Nasution, dan Ahmad Rafli Nasution yang selalu memberikan semangat serta menghibur penulis.

Keluarga Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, terutama keluarga Andromeda (Angkatan 2016) yang telah memberikan semangat dan doanya.

Penulis ucapkan “jazakumullah khairan katsiiraan”. Semoga ukhawah kita tetap terjaga dan selalu diridhoi Allah SWT. Aamiin Ya Rabbal ‘Alamiin.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimalisasi Rute Perjalanan Pengangkutan Sampah Ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Menggunakan Metode *Saving Heuristic* Berbasis *Geographic Information System (GIS)* Di Kota Malang.” ini dengan lancar dan baik. Dan tak lupa sholawat serta salam selalu kami haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang ini. Tujuan dari penyusunan skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat untuk bisa menempuh ujian sarjana komputer pada Fakultas Sains dan Teknologi (FSAINTEK) Program Studi Teknik Informatika di Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

Tentu saja selama proses pengerjaan skripsi ini penulis mendapat banyak sekali dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, di sini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Cahyo Crysdiyan, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT dan Fatchurrochman, M.Kom, selaku Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar membimbing penulis, memberikan masukan serta arahan sehingga penulis tidak hanya mampu menyelesaikan skripsi namun juga dapat memberikan nilai manfaat nantinya dari skripsi ini.

5. Ala Syauqi, M.Kom dan Dr. M. Amin Hariyadi, M.T, selaku Dosen Penguji yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis sehingga tercapai hasil skripsi yang lebih baik.
6. Orang tua tercinta yang tak pernah berhenti untuk memberikan do'a dan dukungan kepada penulis secara moril maupun materil hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Anggota keluarga dan kerabat yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan semangat kepada penulis.
8. Teman-teman Andromeda (Angkatan 2016) yang selalu memberikan semangat dan do'a kepada penulis.
9. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya tanpa mengurangi rasa hormat dan terima kasih.
10. Dan tak lupa pada diri penulis sendiri yang sudah berusaha mengupayakan yang terbaik, yang tak pernah menyerah meski banyak rintangan yang dihadapi, yang selalu bersemangat dalam mengupayakan yang terbaik, dan yang selalu percaya bahwa dari setiap proses tak ada yang sia-sia.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi.

Malang, 29 Desember 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGAJUAN.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK.....	xiv
ABSTRACT	xv
المخلص	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penulisan	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II STUDI PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terkait.....	7
2.2 Sampah.....	8
2.2.1 Pengertian Sampah	8
2.2.2 Sumber Sampah.....	9
2.2.3 Pengertian Pengelolaan dan Penanganan Sampah	10

2.2.4	Proses Pengangkutan Dan Pengiriman Sampah.....	11
2.3	Sistem Informasi Geografis.....	14
2.4	<i>Vehicle Routing Problem (VRP)</i>	14
2.5	<i>Saving Heuristic</i>	15
2.6	Software Pendukung.....	19
2.6.1	PHP MySql.....	19
2.7	Latitude Dan Longitude	20
BAB III METODE PENELITIAN.....		21
3.1	Desain Penelitian	21
3.2	Sumber Data.....	26
3.3	Skenario Uji Coba	27
3.4	Desain Sistem.....	27
3.4.1	<i>Unified Modeling Language</i>	28
3.5	Desain Database	30
3.5	Desain <i>Entity Relationship Diagram (ERD)</i>	31
3.6	Desain Interface.....	31
3.7	Instrumen Penelitian	33
3.8	Analisis Kebutuhan Sistem	34
3.8.1	Analisis Kebutuhan Fungsional.....	34
3.8.2	Analisis Kebutuhan Non-fungsional	35
BAB IV		36
UJI COBA DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Implementasi	36
4.1.1	Implementasi Metode Savings Heuristic	36
4.1.2	Implementasi Interface	38
4.2	Pengujian.....	44

4.2.1	Pengujia Sistem	44
4.2.2	Pengujian Metode	49
4.3	Hasil Uji Coba	55
4.4	Pembahasan	56
4.5	Integrasi Islam	58
BAB V.....		62
KESIMPULAN DAN SARAN.....		62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA.....		64



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pengurangan jarak tempuh melalui Konsolidasi Tempat Pemberhentian dalam Rute.....	16
Gambar 2. 2 Ilustrasi Konsep Penghematan.....	17
Gambar 3. 1 Desain Alur Penelitian.....	22
Gambar 3. 2 Flowchart Metode Saving Heuristic.....	23
Gambar 3. 3 Desain Sistem	28
Gambar 3. 4 Activity Diagram (Admin)	29
Gambar 3. 5 Activity Daigram (User).....	29
Gambar 3. 6 Desain database User	30
Gambar 3. 7 Desain database tabel lokasi	30
Gambar 3. 8 Tabel Matriks Jarak.....	30
Gambar 3. 9 ERD Database.....	31
Gambar 3. 10 Desain interface tampilan awal.....	31
Gambar 3. 11 Desain interface login admin	32
Gambar 3. 12 Desain interface halaman untuk admin	32
Gambar 3. 13 Desain interface login driver (user).....	32
Gambar 3. 14 Desain interface halaman driver (user).....	33
Gambar 3. 15 Desain interface pemetaan rute.....	33
Gambar 4. 1 Halaman Login.....	39
Gambar 4. 2 Halaman Home Admin.....	39
Gambar 4. 3 Halaman Form Tambah Data.....	40
Gambar 4. 4 Tabel Lokasi	40
Gambar 4. 5 Halaman Update Data	40
Gambar 4. 6 Halaman Home User.....	41
Gambar 4. 7 Halaman Hasil.....	41
Gambar 4. 8 Hasil Penerapan Metode.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Bentuk umum matriks jarak	24
Tabel 3. 2 TPS di Kota Malang	24
Tabel 3. 3 Matriks Jarak Asal-Tujuan (Km).....	25
Tabel 3. 4 Hasil perhitungan <i>savings</i>	25
Tabel 3. 5 Daftar ranking dari <i>savings</i>	26
Tabel 4. 1 Pengujian Black Box Pada Menu Login	44
Tabel 4. 2 Pengujian Pada Halaman Admin.....	46
Tabel 4. 3 Pengujian Pada Halaman User	48
Tabel 4. 4 Matriks Jarak Asal-Tujuan.....	50
Tabel 4. 5 Matriks Penghematan	50
Tabel 4. 6 Iterasi 1	50
Tabel 4. 7 Iterasi 2.....	51
Tabel 4. 8 Iterasi 3.....	51
Tabel 4. 9 Iterasi 4.....	52
Tabel 4. 10 Iterasi 5.....	52
Tabel 4. 11 Iterasi 6.....	52
Tabel 4. 12 Iterasi 7.....	53
Tabel 4. 13 Iterasi 8.....	53
Tabel 4. 14 Iterasi 9.....	54
Tabel 4. 15 Iterasi 10.....	54
Tabel 4. 16 Iterasi 11.....	54
Tabel 4. 17 Optimalisasi Rute Berdasarkan Jarak Tempuh.....	55

ABSTRAK

Nasution, Melsa Khairani. 2020. **Optimalisasi Rute Perjalanan Pengangkutan Sampah Ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Menggunakan Metode *Saving Heuristic* Berbasis *Geographic Information System (GIS)* Di Kota Malang**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT. (II) Fatchurrochman, M.Kom.

Kata Kunci: Rute, Jarak, Optimalisasi, Sistem Informasi Geografis, *Saving Heuristic*.

Sistem pengangkutan sampah di Kota Malang berawal dari sampah rumah tangga yang kemudian diangkat oleh pengepul sampah untuk dibawa menuju Tempat Pembuangan Sementara (TPS) yang selanjutnya akan dibawa oleh truk sampah dari TPS menuju tempat Pembuangan Akhir (TPA). Di lain pihak, proses pengambilan sampah oleh kendaraan truk pengangkut sampah seringkali tidak teratur mengakibatkan volume sampah di Kota Malang yang cukup besar tidak dapat di distribusikan dengan baik ke TPA Supit Urang.

Oleh karena itu Penelitian ini bertujuan untuk meminimasi jarak yang ditempuh oleh truk pengangkut sampah. Maka metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan diatas adalah dengan menggunakan metode *Saving Heuristic*. Dalam penentuan rute harus mempertimbangkan kapasitas kendaraan. Dengan menggunakan metode *Saving Heuristic* hasil yang didapatkan yaitu 3 rute kendaraan yang optimal dari pada sebelumnya dimana jarak tempuh yang didapatkan yaitu sekitar 48 km untuk rute I, 33,2 km untuk rute II, dan 17,9 km untuk rute III. Dapat dilihat bahwa penggunaan metode *saving heuristic* ini memberikan hasil yang efisien, yaitu menghasilkan penghematan total jarak tempuh sebesar 19 km.

ABSTRACT

Nasution, Melsa Khairani. 2020. **Optimization of Garbage Transportation Travel Routes to the Final Disposal Site (TPA) Using the Saving Heuristic Method Based on Geographic Information System (GIS) in Malang City.** Essay. Department of Informatics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT. (II) Fatchurrochman, M.Kom.

Keywords: Routes, Distance, Optimization, Geographic Information Systems, *Saving Heuristic.*

The garbage collection system in Malang City begins with household waste which is then transported by garbage collectors to the Temporary Disposal Site (TPS) which will then be carried by garbage trucks from the TPS to the Final Disposal Site (TPA). On the other hand, the process of collecting waste by garbage trucks is often irregular, resulting in a large volume of waste in Malang City that cannot be properly distributed to TPA Supit Urang.

Therefore, this study aims to minimize the distance traveled by garbage trucks. So the method used to solve the above problems is to use the Saving Heuristic method. In determining the route must consider the vehicle capacity. By using the Saving Heuristic method, the results obtained are 3 optimal vehicle routes from the previous ones where the distance obtained is about 48 km for route I, 33.2 km for route II, and 17.9 km for route III. It can be seen that the use of this saving heuristic method provides efficient results, which results in savings in total mileage of 19 km.

الملخص

نسوتيون ، ميلسا خيراني. 2020. تحسين طرق السفر لنقل القمامة إلى موقع التخلص النهائي (TPA) باستخدام طريقة الادخار الاستكشافية القائمة على نظام المعلومات الجغرافية (GIS) في مدينة مالانج. مقال. قسم المعلوماتية ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الدولة الإسلامية (UIN) مولانا مالك إبراهيم مالانج. المستشار: (I) د. فهرول كورنيوا ، M.MT. (الثاني) فاتشروتشمان.

الكلمات المفتاحية: الطرق ، المسافة ، التحسين ، نظم المعلومات الجغرافية ، توفير الارشاد.

يبدأ نظام جمع القمامة في مدينة مالانج بالنفايات المنزلية التي يتم نقلها بعد ذلك بواسطة جامعي القمامة إلى موقع التخلص المؤقت (TPS) والتي سيتم بعد ذلك نقلها بواسطة شاحنات القمامة من TPS إلى موقع التخلص النهائي (TPA). من ناحية أخرى ، غالبًا ما تكون عملية جمع النفايات بواسطة شاحنات القمامة غير منتظمة ، مما يؤدي إلى حجم كبير من النفايات في مدينة مالانج لا يمكن توزيعها بشكل صحيح على TPA Supit Urang.

لذلك تهدف هذه الدراسة إلى تقليل المسافة التي تقطعها شاحنات القمامة. لذا فإن الطريقة المستخدمة لحل المشكلات المذكورة أعلاه هي استخدام طريقة Saving Heuristic. عند تحديد المسار يجب مراعاة سعة السيارة. باستخدام طريقة Saving Heuristic ، تكون النتائج التي تم الحصول عليها هي 3 طرق مثالية للمركبة من المسار السابق حيث تبلغ المسافة التي تم الحصول عليها حوالي 48 كم للطريق I و 33.2 كم للطريق II و 17.9 كم للطريق III. يمكن ملاحظة أن استخدام طريقة التوفير الإرشادية هذه يوفر نتائج فعالة ، مما يؤدي إلى توفير في إجمالي الأميال البالغ 19 كم.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan masalah klasik yang dihadapi oleh negara-negara maju maupun berkembang dan hingga saat ini penanganan serta pengelolaan sampah masih terus dikembangkan. Khususnya di Indonesia sebagai negara berkembang dan merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk terbesar ke empat di dunia dan akan semakin bertambah setiap tahun nya, maka dari itu permasalahan sampah menjadi suatu masalah yang harus mendapatkan perhatian lebih seiring laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat (Anton, 2014).

Kota Malang merupakan salah satu kota yang terletak di wilayah provinsi Jawa Timur, dengan jumlah penduduk total sebanyak 874.890 jiwa, terdiri dari 431.483 jiwa penduduk laki-laki dan 443.407 jiwa penduduk perempuan, dengan tingkat pertumbuhan 3,9% per tahun (BPS Kota Malang tahun 2020). Sedangkan luas wilayah kota Malang adalah 110.06 Km² yang terdiri dari 5 Kecamatan, 57 Desa/Kelurahan, 509 unit RW dan 3.783 unit RT. Berdasarkan jumlah penduduk, Kota Malang termasuk ke dalam kategori kota besar yang keberadaannya juga tidak terlepas dari permasalahan sampah yang dapat mengganggu kebersihan dan keindahan kota. Sekitar 69% timbunan sampah TPA berasal dari sampah domestik, sedangkan 31% sisanya berasal dari sampah pasar, fasilitas pertokoan, fasilitas industri, sampah jalan, sampah pertamanan , dan sampah dari fasilitas kesehatan (Pratama & Ihsan, 2017).

Berdasarkan pada fenomena tersebut maka memunculkan berbagai permasalahan yang diakibatkan oleh bertambahnya volume sampah serta

tersebar nya lokasi titik pembuangan sampah yang ada di lingkungan pemukiman masyarakat sehingga diperlukan penanganan yang secara komprehensif mulai dari penetapan lokasi pembuangan sementara sampai penanganan transportasi pengangkutan sampah sehingga sampai pada tempat pembuangan akhir sampah (Yulia, 2016).

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 yang dianggap optimal jika didapatkan rute sependek mungkin dari titik-titik TPS ke titik TPA dengan hambatan yang sekecil mungkin (Hadijah, 2013).

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dalam proses pengangkutan sampah dari titik awal menuju titik akhir yaitu TPA (Tempat Pembuangan Akhir) antara lain volume sampah di masing-masing TPS (Tempat Pembuangan Sementara), jarak yang ditempuh dalam proses pengangkutan, dan kapasitas alat angkut . Berdasarkan pada kendala umum tersebut, maka proses pengangkutan sampah harus dapat memaksimalkan kapasitas kendaraan secara tepat sehingga pengangkutan sampah dapat diselesaikan secara optimal. Proses pengangkutan tersebut harus memperhatikan kapasitas masing-masing kendaraan dan kapasitas permintaan (sampah) pada setiap rute (Yulia, 2016).

Proses pengumpulan sampah merupakan kontributor terbesar dalam biaya pengelolaan sampah. Rute pengumpulan sampah adalah faktor penentu biaya pengelolaan sampah. Rute pengumpulan sampah dapat dibuat dengan

memperhatikan keterbatasan yang ada seperti: jumlah kendaraan, waktu angkut dan sistem pengangkutan yang dilakukan (Suprayogi, 2009).

Pendistribusian sampah yang terkoordinasi dengan baik merupakan salah satu usaha peningkatan kualitas pengelolaan sampah. Pendistribusian sampah merupakan salah satu bagian penting dari kegiatan distribusi barang atau jasa yang dilakukan instansi pemerintahan ataupun perusahaan tertentu. Permasalahan distribusi sampah melibatkan beberapa pertimbangan utama meliputi rute kendaraan, kendaraan sampai dengan minimasi ongkos distribusi, sehingga dapat memperluas wilayah pengambilan sampah dengan kendaraan yang terbatas. Masalah yang berkaitan dengan pendistribusian sampah diantaranya membuat keputusan mengenai rute pemungutan sampah. Pemilihan rute kendaraan akan menentukan total jarak perjalanan. Karakteristik permasalahan penentuan rute pemungutan sampah yaitu terdapat depo dimana kendaraan berangkat dan pulang, setiap konsumen dilayani satu kali dalam sebuah rute, kapasitas yang diangkut dalam setiap rute tidak lebih dari kapasitas maksimal kendaraan pengangkut. Sehingga rute yang optimal adalah rute yang memenuhi karakteristik permasalahan penentuan rute pemungutan sampah (Perwitasari, 2013).

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا

لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ۝

Artinya: “Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari

(akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS. Ar-Rum:41).

Menurut Tafsir Jalalayn (Telah tampak kerusakan di darat) disebabkan terhentinya hujan dan menipisnya tumbuh-tumbuhan (dan di laut) maksudnya di negeri-negeri yang banyak sungainya menjadi kering (disebabkan perbuatan tangan manusia) berupa perbuatan-perbuatan maksiat (supaya Allah merasakan kepada mereka) dapat dibaca *liyudziiqahum* dan *linudziiqahum*, kalau dibaca *linudziiqahum* artinya supaya kami merasakan kepada mereka (sebagian dari akibat perbuatan mereka) sebagai hukumannya (agar mereka kembali) supaya mereka bertaubat dari perbuatan-perbuatan maksiat.

Sebagaimana kita ketahui, Allah SWT menciptakan alam semesta ini untuk manusia dan manusia diciptakan oleh Allah SWT sebagai khalifah (pemimpin) di bumi ini, namun manusia kadang yang membuat kerusakan tetapi ia tidak menyadari. Sebagai contoh penebangan hutan yang tidak disertai penghijauan mengakibatkan tanah longsor, banjir dan sebagainya. Membuang sampah di sembarang tempat atau membuangnya ke sungai berakibat mendatangkan penyakit dan juga banjir.

Sungguh fantastik, peningkatan sampah dipicu oleh pertumbuhan jumlah penduduk dan hampir semua negara mengalami poblema sampah yang sama. Akan tetapi, di beberapa negara maju yang masyarakatnya telah sadar lingkungan serta didukung teknologi modern, telah berhasil mengatasi sampah. Termasuk pula ekspor limbah ke negara lain sebagai salah satu langkah mengatasi sampah. Pengelolaan sampah sebenarnya telah diatur pemerintah melalui Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 mengenai pengelolaan sampah. Undang-Undang tersebut

mengatur bahwa pengelolaan sampah tidak hanya menjadi kewajiban pemerintah saja. Masyarakat dan perilaku usaha sebagai penghasil sampah juga bertanggung jawab menciptakan lingkungan yang bersih dan sehat. Pemerintah melalui UU tersebut memberi ruang yang cukup banyak bagi pemerintah daerah untuk merencanakan dan mengolah sampah di kawasannya (Anton, 2014).

Studi kasus pada penelitian ini adalah di Kota Malang. Aktivitas penduduk Kota Malang sehari-hari menghasilkan sampah dan merupakan sumber sampah padat terbesar baik yang berasal dari rumah tangga maupun sektor ekonomi seperti pasar, rumah makan, dan pertokoan. Di beberapa Tempat Pembuangan Sementara (TPS) di Kota Malang saat ini sering terlihat adanya penumpukan gerobak sampah yang belum diangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).



1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diperoleh rumusan masalah yaitu bagaimana mengoptimalkan rute pengangkutan sampah di Kota Malang sehingga lebih efisien dengan menggunakan metode *saving heuristic*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan rute pengangkutan sampah di Kota Malang dengan menggunakan metode *saving heuristic*.

1.4 Manfaat Penulisan

Penulisan penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Bagi penulis, dapat memperdalam ilmu tentang Sistem Informasi Geografis yang pernah diperoleh selama perkuliahan.
2. Bagi para pembaca, dapat membantu mengetahui penerapan metode *savings heuristic* dalam mengoptimalkan rute transportasi suatu pendistribusian.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah data yang diambil merupakan data pengangkutan sampah di Kota Malang.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Menurut (Achmad, 2011) di beberapa Tempat Pembuangan Sementara (TPS) setiap hari muncul fenomena kemacetan lalu lintas yang ternyata diakibatkan oleh penumpukan gerobak sampah di tepi jalan. Gerobak-gerobak sampah tersebut tidak dapat membuang sampahnya karena truk pengangkut sampah terlambat datang di TPS. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem pengangkutan sampah yang ada saat ini sudah tidak sesuai lagi dan telah menyebabkan kemacetan lalu lintas yang tentunya dapat merugikan banyak pihak terutama dari aspek sosial dan ekonomi. Keterlambatan kedatangan truk pengangkut sampah ini diakibatkan karena meningkatnya waktu tempuh truk pengangkut dari Pool ke TPS atau TPS ke TPA. Peningkatan waktu tempuh tersebut kemungkinan disebabkan salah satunya adalah oleh peningkatan kepadatan lalu lintas.

Menurut (Erawati, 2016) metode penghematan *Clarke and Wright* merupakan suatu metode yang ditemukan oleh *Clarke and Wright* pada tahun 1964 yang kemudian dipublikasikan sebagai algoritma yang digunakan sebagai solusi untuk permasalahan rute kendaraan dimana sekumpulan rute pada setiap langkah ditukar untuk mendapatkan sekumpulan rute yang lebih baik, dan metode ini digunakan untuk mengatasi permasalahan yang cukup besar, dalam hal ini adalah jumlah rute yang banyak. Inti dari metode adalah melakukan perhitungan penghematan yang diukur dari seberapa banyak dapat dilakukan pengurangan jarak tempuh dan waktu yang digunakan dengan mengaitkan *node-node* yang ada dan

menjadikannya sebuah rute berdasarkan nilai *saving* yang terbesar yaitu jarak tempuh antara *source node* dan *note* tujuan.

Toth dan Vigo (2001) menjelaskan bahwa *Vehicle Routing Problem* (VRP) berperan dalam merancang rute yang optimal yang digunakan oleh sejumlah kendaraan yang ditempatkan pada depot untuk melayani sejumlah pelanggan dengan permintaan yang diketahui. VRP pertama kali diteliti oleh Dantzig dan Ramzer pada tahun 1959 berkaitan dengan masalah distribusi BBM.

Octora, dkk (2014) menjelaskan bahwa Algoritma Clarke-Wright *Saving Heuristic* melakukan perhitungan penghematan yang diukur dari seberapa banyak dapat dilakukan pengurangan jarak tempuh dan waktu yang digunakan dengan mengaitkn node-node yang ada dan menjadikannya sebuah rute berdasarkan nilai *saving* yang terbesar, yaitu jarak tempuh antara *source node* dan *node* tujuan. Dalam proses perhitungannya, metode ini tidak hanya menggunakan jarak sebagai *parameter*, tetapi juga waktu untuk memperoleh nilai *saving* yang terbesar untuk kemudian disusun menjadi sebuah rute yang terbaik.

Kelebihan dari penelitian ini adalah interface mudah dipahami dan menggunakan tampilan web, user dapat mengetahui TPS mana yang akan dikunjungi terlebih dahulu dan rute mana yang akan dilewati agar sampai ke TPA dengan waktu yang efisien.

2.2 Sampah

2.2.1 Pengertian Sampah

Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat (Christian, 2011). Pengelolaan sampah bertujuan untuk

meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya.

Menurut Hadiwiyoto (1983:12), sampah adalah bahan sisa, baik bahan-bahan yang sudah tidak digunakan lagi (barang bekas) maupun bahan yang sudah diambil bagian utamanya yang dari segi ekonomis, sampah adalah bahan buangan yang tidak ada harganya dan dari segi lingkungan, sampah adalah bahan buangan yang tidak berguna dan banyak menimbulkan masalah pencemaran dan gangguan pada kelestarian lingkungan.

Menurut Kamus Lingkungan dalam Basriyanta (2007:17), sampah adalah bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk digunakan secara biasa atau khusus dalam produksi atau pemakaian, barang rusak atau carat selama manufaktur atau materi berkelebihan atau buangan. Sedangkan definisi sampah menurut Tim Penulis Penebar Swadaya (2008:6) adalah suatu bahan yang terbuang atau dibung dari sumber hasil aktivitas manusia maupun alam yang belum memiliki nilai ekonomis.

2.2.2 Sumber Sampah

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sumber sampah adalah asal timbulan sampah. Sedangkan menurut Tchobanoglous (1977:51), sumber sampah antara lain berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran/pemerintahan, industri, lapangan terbuka/taman, pertanian dan perkebunan.

Menurut Prihandarini (2004:11), berdasarkan sumbernya sampah digolongkan kepada dua kelompok besar yaitu:

- a. Sampah domestik, yaitu sampah yang sehari-harinya dihasilkan akibat kegiatan manusia secara langsung, misalnya; dari rumah tangga, pasar, sekolah, pusat keramaian, pemukiman, dan rumah sakit.
- b. Sampah non domestik, yaitu sampah yang sehari-hari dihasilkan oleh kegiatan manusia secara tidak langsung, seperti dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, kehutanan, transportasi dan sebagainya.

Sedangkan menurut SNI 19-3983-1995, sumber sampah berasal dari:

- a. Perumahan; rumah permanen, rumah semi permanen, rumah non permanen.
- b. Non perumahan; kantor, toko/ruko, pasar, sekolah, tempat ibadah, jalan, hotel, restoran, industry, rumah sakit, dan fasilitas umum lainnya.

2.2.3 Pengertian Pengelolaan dan Penanganan Sampah

Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pengelolaan sampah adalah kegiatan sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Kemudian menurut Direktorat PLP, Dirjen Cipta Karya Departemen PU (2003), penanganan sampah adalah upaya yang meliputi kegiatan pemilahan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah.

Sedangkan menurut Hadiwiyoto (1983:23), pengelolaan sampah ialah usaha untuk mengatur atau mengelola sampah dari proses pengumpulan, pemisahan, pemindahan, pengangkutan, sampai pengolahan dan pembuangan akhir. Sedangkan yang dimaksud dengan penanganan sampah ialah perlakuan terhadap sampah untuk memperkecil atau menghilangkan masalah-masalah yang ada kaitannya dengan lingkungan, yang dapat berbentuk membuang sampah saja atau

mengembalikan (*recycling*) sampah menjadi bahan-bahan yang bermanfaat. Sehingga dari kedua pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa yang dimaksud dengan pengelolaan atau penanganan sampah ialah usaha untuk mengelola sampah dengan tujuan untuk menghilangkan masalah-masalah yang berkaitan dengan lingkungan untuk mencapai tujuan yaitu kota yang bersih, sehat, dan teratur.

2.2.4 Proses Pengangkutan Dan Pengiriman 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 sampai 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 sampai relative 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).

Faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi sistem pengangkutan sampah adalah

1. Kondisi jalan yang dilalui secara umum masih dalam kondisi baik
2. Kondisi lalu lintas yang padat pada jam 06.30 sampai dengan 09.00 dimana proses pengangkutan sampah berlangsung.

3. Kondisi rute pengangkutan rata-rata mengalami kemacetan lalu lintas
4. Kendaraan pengangkut yang digunakan setiap harinya adalah jenis Dump Truck dengan jumlah 14 unit (dari total 17 unit) dan Arm Roll Truck dengan jumlah 14 unit (dari total 18 unit)
5. Dump Truck pengangkut sampah ke TPA, menggunakan sistem Kontainer Tetap (*Stationery Container System*) dan 1 unit Dump Truck melayani 1 unit TPS dengan jumlah pengangkutan 2 trip per hari dan kapasitas Dump Truck 8 m³
6. Arm Roll Truck menggunakan Sistem Kontainer Angkat (*Hauled Container System*) dan 1 unit Arm Roll Truck melayani 2-5 unit TPS dengan jumlah pengangkutan 4-5 trip perhari dan kapasitas kontainer 6 m³
7. Di TPS yang berada di area bisnis dan perdagangan (14 lokasi), kegiatan bongkar muat sampah tidak boleh lebih dari jam 10.00 pagi
8. Di TPS yang berada di area pemukiman (59 lokasi), kegiatan bongkar muat sampah dilakukan sampai dengan jam 13.00 siang
9. Kondisi kendaraan pengangkut Dump Truck yang telah berumur lebih dari 5 tahun (6 unit) dan berumur lebih dari 10 tahun (6 unit). Sedangkan berumur kurang dari 5 tahun sebanyak 5 unit
10. Kondisi kendaraan pengangkut Arm Roll Truck yang telah berumur lebih dari 5 tahun (4 unit) dan berumur lebih dari 10 tahun (8 unit). Sedangkan berumur kurang dari 5 tahun sebanyak 6 unit

2.3 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem komputer yang digunakan untuk memasukkan (*capturing*), menyimpan, memeriksa, mengintegrasikan, manipulasi, 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 (Eddy, 2002).

2.4 *Vehicle Routing Problem* (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah suatu permasalahan pada proses penentuan rute pengiriman atau distribusi yang melibatkan sekumpulan rute kendaraan-kendaraan yang berpusat pada satu depot atau lebih untuk melayani pelanggan yang tersebar di berbagai wilayah atau lokasi pengiriman dengan pemintaannya masing-masing. Solusi dari sebuah VRP yaitu sejumlah rute pengiriman kebutuhan pelanggan dimana kendaraan dari depot lalu menuju pelanggan dan kembali lagi menuju depot (Yulia, 2016).

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah permasalahan optimasi penentuan rute dengan keterbatasan kapasitas kendaraan. Diusulkan oleh Dantzig dan Ramser pada tahun 1959, VRP merupakan masalah penting di bidang transportasi, distribusi dan logistik. Seringkali konteksnya adalah bahwa dari pengiriman

barang yang terletak disebuah depot pusat untuk pelanggan yang menempatkan pesanan untuk barang-barang tersebut. Tujuan dari VRP adalah untuk meminimalkan biaya rute keseluruhan (Setiady, 2016).

VRP merupakan perumusan dari TSP (*Travelling Salesman Problem*) atau disebut juga m-TSP dengan m menunjukkan banyaknya salesman yang mengunjungi sejumlah kota. Jadi VRP berkaitan dengan penentuan rute optimal untuk permasalahan lebih dari suatu kendaraan (*vehicle*) dengan kapasitas tertentu untuk mengunjungi sejumlah pelanggan dengan permintaannya masing-masing. Rute yang dibentuk harus dimulai dan diakhiri di suatu tempat yang disebut depot. Setiap pelanggan dikunjungi hanya satu kali dan total permintaan semua pelanggan dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan yang melayani rute tersebut. VRP menjadi TSP pada saat hanya terdapat satu alat angkut yang kapasitasnya tak hingga (Perwitasari, 2013).

2.5 Saving Heuristic

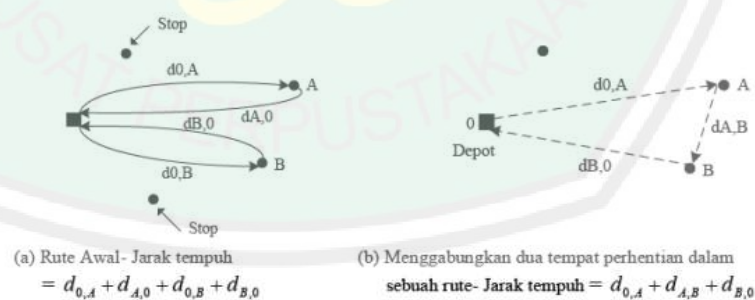
Metode penghematan atau biasa disebut metode *Clarke-Wright Saving Heuristic* merupakan suatu metode yang ditemukan oleh Clarke dan Wright pada tahun 1964, yang kemudian dipublikasikan sebagai suatu algoritma yang digunakan sebagai solusi untuk permasalahan rute kendaraan dimana sekumpulan rute pada setiap langkah ditukar untuk mendapatkan sekumpulan rute yang lebih baik. Metode ini digunakan untuk mengatasi permasalahan yang cukup besar, dalam hal ini adalah jumlah rute yang banyak (Ahmad Aliyuddin, 2017).

Pada metode *saving heuristic* dilakukan prosedur yang efisien untuk menemukan solusi yang baik meskipun solusi tersebut bukan yang paling optimal. Berbeda dengan metode yang tepat, yang menjamin untuk memberikan

solusi optimal dari sebuah masalah, metode *saving heuristic* hanya mencoba untuk menghasilkan yang baik, tapi belum tentu optimal. Sehingga lebih sering menggunakan metode-metode heuristic untuk memecahkan masalah optimasi nyata (Setiady, 2016).

Sedangkan metode *metaheuristics* memiliki skema pencarian solusi yang terinspirasi dari prinsip-prinsip alamiah yang dikembangkan oleh makhluk hidup, antara lain *Genetic Algorithm* (GA), *Particle Swarm Optimization* (PSO), dan *Ant Colony Optimization* (ACO). (Prayogo, Gosno, Evander, & Limano, 2017)

Tujuan dari metode *savings* adalah untuk meminimisasi total jarak perjalanan semua kendaraan dan untuk meminimisasi secara tidak langsung jumlah kendaraan yang diperlukan untuk melayani semua tempat perhentian. Logika dari metode ini bermula dari kendaraan yang melayani setiap tempat perhentian dan kembali ke depot, seperti terlihat pada gambar 2.1 (a). hal ini memberikan jarak maksimum dalam masalah penentuan rute. Kemudian, dua tempat perhentian digabung dalam satu rute yang sama sehingga satu kendaraan tersebut dieliminasi dan jarak tempuh/perjalanan dapat dikurangi yang dapat dilihat pada gambar 2.1 (b).

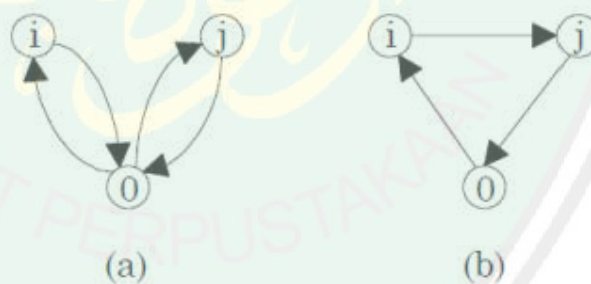


Gambar 2. 1 Pengurangan jarak tempuh melalui Konsolidasi Tempat Pemberhentian dalam Rute

Sumber: (Christian, 2011)

Algoritma ini dirancang untuk menyelesaikan masalah rute kendaraan dengan karakteristik sebagai berikut. Dari suatu depot barang harus diantarkan kepada pelanggan yang telah memesan. Untuk sarana transportasi dari barang-barang ini, sejumlah kendaraan telah disediakan, dimana masing-masing kendaraan dengan kapasitas tertentu sesuai dengan barang yang diangkut. Setiap kendaraan yang digunakan untuk memecahkan permasalahan ini, harus menempuh rute yang telah ditentukan, dimulai dan mengakhiri di depot, dimana barang-barang diantarkan kepada satu atau lebih pelanggan (Christian, 2011).

Algoritma *savings* adalah sebuah algoritma heuristik, dan oleh karena itu tidak menyediakan sebuah solusi yang optimal untuk problem tertentu. Metode ini, bagaimanapun juga sering menghasilkan solusi yang baik. Yang merupakan suatu solusi yang sedikit berbeda dari solusi optimal. Dasar dari konsep penghematan ini untuk mendapatkan penghematan biaya dengan menggabungkan dua rute menjadi satu rute yang digambarkan pada Gambar 2.1 titik 0 adalah depot (Christian, 2011).



Gambar 2. 2 Ilustrasi Konsep Penghematan

Sumber: (Pius, A., & D.B., 2016)

Berdasarkan Gambar 2 (a) pelanggan i dan j dikunjungi dengan rute yang terpisah. Sebuah alternatif untuk masalah ini adalah mengunjungi dua pelanggan

pada rute yang sama, sebagai contoh pada urutan i - j seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 (b), karena biaya transportasi diberikan, penghematan yang terjadi dari pengangkutan pada rute Gambar 2 (b) dibanding 2 rute pada Gambar 2 (a) dapat dihitung. Biaya kendaraan yang ditunjukkan di antara titik i dan j oleh C_{ij} , total biaya kendaraan oleh D_a pada Gambar 2 (a) adalah:

$$D_a = C_{0i} + C_{i0} + C_{0j} + C_{j0}$$

Ekivalen dengan biaya kendaraan D_b pada Gambar 2 (b) adalah:

$$D_b = C_{0i} + C_{ij} + C_{j0}$$

Dengan menggabungkan kedua rute memperoleh penghematan S_{ij} :

$$S_{ij} = D_a - D_b = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij}$$

Besarnya nilai S_{ij} mengindikasikan suatu hal yang menarik, dengan biaya yang telah ditentukan, untuk mengunjungi titik i dan j pada rute yang sama dimana titik j dikunjungi setelah mengunjungi titik i . Ada 2 versi pada algoritma penghematan, versi berurutan (rentetan) dan versi parallel. Pada versi rentetan secara tepat, 1 rute dibuat/dijalani pada suatu waktu (tidak termasuk rute yang hanya 1 pelanggan), sementara versi parallel lebih dari 1 rute dapat dijalani pada suatu waktu (Christian, 2011).

Metode ini merupakan metode heuristik yang paling banyak digunakan untuk mengkonstruksi rute. Metode ini diawali dengan suatu solusi yang setiap pelanggannya dilayani secara individu oleh satu rute secara terpisah menghasilkan penghematan (*saving*) berupa jarak tempuh sebesar $S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij}$ dengan C_{ij} = jarak dari pelanggan i ke pelanggan j . Metode ini memiliki kelebihan diantaranya mudah diimplementasikan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks (Perwitasari, 2013).

2.6 Software Pendukung

Penelitian ini menggunakan software yang digunakan dalam membangun sistem, diantaranya adalah sebagai berikut.

2.6.1 PHP MySQL

PHP merupakan singkatan dari *Hypertext Processor*. PHP adalah sebuah bahasa *scripting* yang terpasang pada HTML. Sebagian besar sintaksnya mirip dengan bahasa pemrograman C, Java, asp dan Perl, ditambah beberapa fungsi PHP yang spesifik dan mudah dimengerti. PHP adalah bahasa pemrograman script yang paling banyak dipakai saat ini. PHP banyak dipakai untuk memprogram situs web dinamis, walaupun tidak menutup kemungkinan digunakan untuk pemakaian lain. Kelebihan PHP dari bahasa pemrograman lain.

1. Bisa membuat web dinamis.
2. PHP bersifat *Open Source* yang berarti dapat digunakan oleh siapa saja secara gratis.
3. Program yang dibuat dengan PHP bisa dijalankan oleh semua sistem operasi karena PHP berjalan secara Web Base yang artinya semua sistem operasi bahkan HP yang mempunyai Web Browser dapat menggunakan program PHP.
4. Mendukung banyak paket database seperti MySQL, Oracle, PostgreSQL, dan lain-lain.
5. Banyak web server yang mendukung PHP seperti Apache, Lighttpd, IIS dan lain-lain.

MySQL adalah sebuah perangkat lunak sistem manajemen basis data SQL (bahasa Inggris: *database management system*) atau DBMS yang *multithread*,

multi-user, dengan sekitar 6 juta instalasi di seluruh dunia. SQL adalah sebuah konsep pengoperasian database, terutama untuk pemilihan atau seleksi dan pemasukan data, yang memungkinkan pengoperasian data dikerjakan dengan mudah secara otomatis. Keandalan suatu sistem database (DBMS) dapat diketahui dari cara kerja optimizer-nya dalam melakukan proses perintah-perintah SQL, yang dibuat oleh user maupun program-program aplikasinya. Sebagai database server, MySQL dapat dikatakan lebih unggul dibanding database server lainnya.

2.7 Latitude Dan Longitude

Latitude adalah garis yang horizontal/mendatar. Titik 0 adalah sudut ekuator, tanda + menunjukkan arah keatas menuju kutub utara, sedangkan tanda minus di koordinat latitude menuju ke kutub selatan. Longitude adalah garis lintang. Angka dari sudut bundar bumi horizontal. Cara untuk mengetahui latitude dan longitude pada penelitian ini adalah dengan menggunakan aplikasi Google Maps, berikut langkah-langkahnya;

1. Buka aplikasi Google Maps
2. Cari lokasi yang diinginkan
3. Kemudian klik dan tahan ikon pin pada peta, hingga muncul keterangan koordinat berupa latitude dan longitude.

BAB III

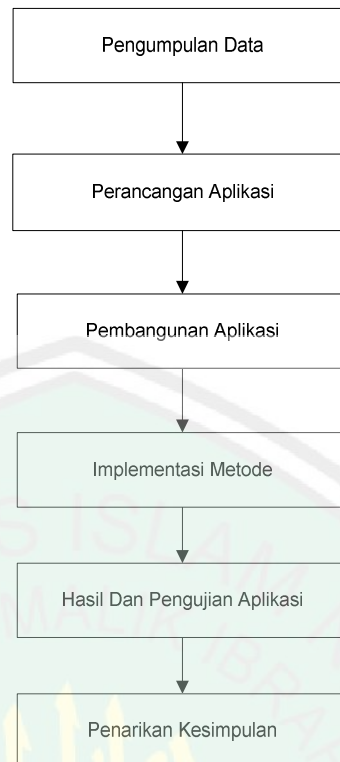
METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Menurut Sugiyono (1999 : 1) Metode penelitian adalah “cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Cara ilmiah berarti kegiatan penelitian itu didasarkan pada cirri-ciri keilmuan, yaitu rasional, empiris dan sistematis. Rasional artinya bahwa penelitian dilakukan dengan cara-cara yang masuk akal, sehingga terjangkau oleh penalaran manusia. Empiris artinya bahwa cara-cara yang dilakukan itu dapat diamati oleh indra manusia sehingga orang lain dapat mengamati dan mengetahui cara-cara yang digunakan (Bandingkan : hal-hal yang dilakukan paranormal). Sistematis artinya proses yang digunakan dalam penelitian itu menggunakan langkah-langkah tertentu yang bersifat logis”.

Terdapat dua pendekatan penelitian diantaranya pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya adalah sistematis, terencana dan terstruktur dengan jelas sejak awal hingga pembuatan desain penelitiannya. Menurut Sugiyono (2013 : 13), metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat *positivisme*, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

Berikut adalah gambaran prosedur penelitian dari penelitian tersebut.



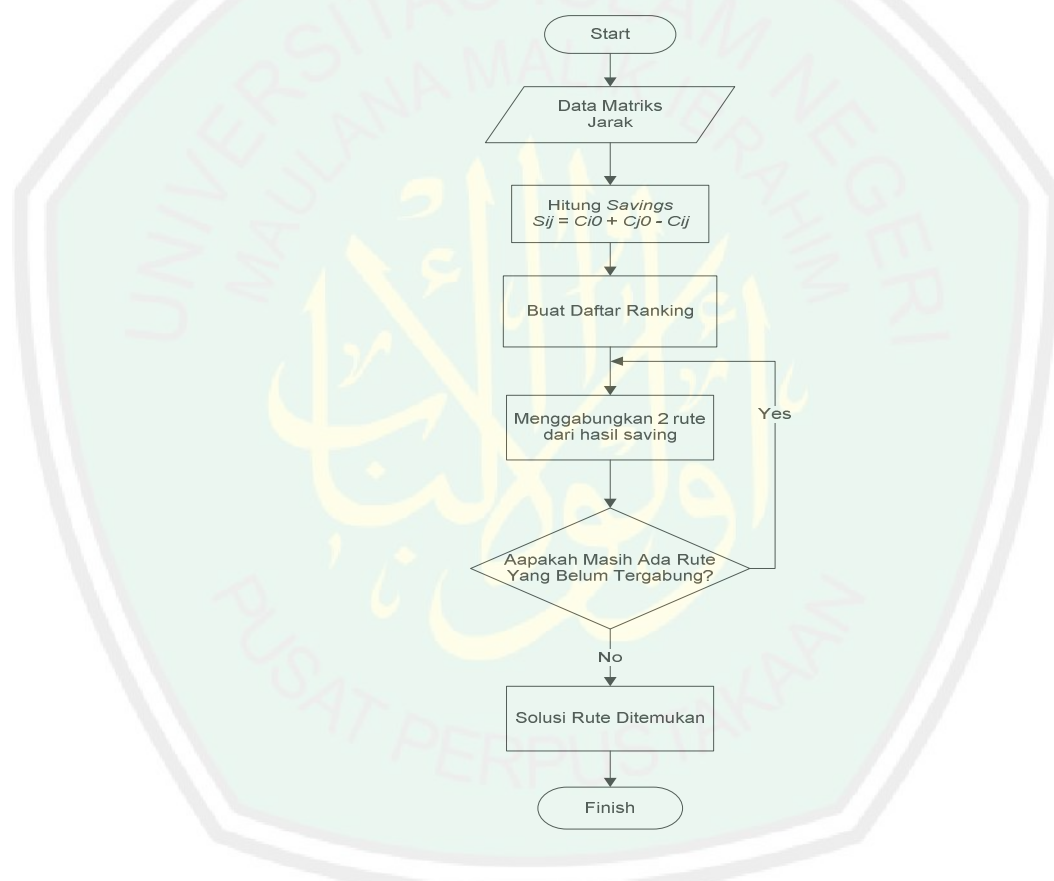
Gambar 3. 1 Desain Alur Penelitian

Penjelasan dari *flowchart* diatas adalah penelitian ini dimulai dari mengumpulkan data dengan melakukan observasi ke sumber data, yaitu ke setiap TPS di Kota Malang. Data yang dibutuhkan diantaranya jarak dari setiap TPS ke TPS lain, jarak dari setiap TPS ke TPA, kapasitas sampah yang terangkut setiap harinya, dan waktu yang ditempuh pada saat pengangkutan. Apabila data telah sesuai dengan yang dibutuhkan pada penelitian, maka dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu analisis data. Tujuan dari menganalisis data adalah untuk menemukan tema sehingga data hasil penelitian dapat diolah menjadi sebuah sistem.

Setelah dilakukan analisis data, dilanjutkan dengan menerapkan metode pada sistem tersebut, yaitu metode *saving heuristic* untuk menghasilkan rute pengangkutan sampah yang lebih optimal.

Metode *saving heuristic* adalah adalah satu metode heuristic yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam transportasi untuk menentukan rute dan jadwal distribusi produk yang dikembangkan oleh Clarke dan Wright dengan tujuan untuk meminimalkan total jarak tempuh atau waktu atau biaya dengan mempertimbangkan armada yang digunakan. Metode ini memiliki kelebihan diantaranya mudah diimplementasikan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks.

Berikut ini merupakan *flowchart* metode *saving heuristic*.



Gambar 3. 2 Flowchart Metode Saving Heuristic

Penjelasan dari flowchart diatas adalah didasarkan pada fase inisialisasi, yaitu mengidentifikasi jumlah kapasitas maksimum truk. Membuat matriks jarak yaitu matriks jarak antar depot dengan node dan jarak antar node. Pengukuran jarak dari

node A ke B sama dengan jarak dari node B ke A sehingga matriks jarak ini termasuk matriks *symmetric*. Bentuk umum matriks jarak ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Bentuk umum matriks jarak

	P_0						
P_0	0	P_i					
P_i		0	P_i				
P_i	C_{0i}		0	...			
...				0	P_j		
P_j			C_{ij}		0	...	
...						0	P_n
P_n							0

Dimana

P_0 = Depot

P_i = node ke i

P_j = node ke j

C_{0i} = jarak dari depot ke node i = jarak dari node i ke depot

C_{ij} = jarak dari node i ke node j = jarak dari node j ke node i

Berikut ini adalah beberapa TPS yang ada di Kota Malang dan jarak antar TPS dari TPA.

Tabel 3. 2 TPS di Kota Malang

No	Nama TPA & TPS	Jml Ton/Hari
1	TPA Supit Urang	
2	TPS Borobudur (TPS 1)	1.5
3	TPS cakalang (TPS 2)	1.2
4	Tempat Pembuangan Sampah Manyar (TPS 3)	1.4
5	TPS Doro - Karangbesuki (TPS 4)	1.3
6	Tempat Pembuangan Sampah Unit Tlogomas (TPS 5)	1.5
7	Tempat Pembuangan Sampah Dinoyo (TPS 6)	1.3
8	Bank Sampah Malang (TPS 7)	1.2
9	Unit Bank Sampah Malang "Palem Putri" (TPS 8)	1.1
10	Smart Garbage Can (TPS 9)	1
11	Rumah PKD Blimbing (TPS 10)	1
12	TPS Wonokoyo (TPS 11)	1.2
13	TPS Lesanpuro (TPS 12)	1.3
14	TPS Tapak Siring (TPS 13)	1.2
15	TPS Yulius Usman (TPS 14)	1.1

Matriks jarak yaitu mendefinisikan jarak tempuh antar TPS dengan TPA maupun jarak antar TPS. Jarak tempuh secara tidak langsung akan mempresentasikan waktu tempuh kendaraan. Berikut ini adalah bentuk umum matriks jarak dari rute pembuangan sampah di Kota Malang yaitu jarak dari TPA ke TPS dan jarak antar TPS ke TPS.

Tabel 3. 3 Matriks Jarak Asal-Tujuan (Km)

	TPA	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPA	0														
TPS1	12.6	0													
TPS2	13.3	2.8	0												
TPS3	6.1	8	8.2	0											
TPS4	10.6	7.6	8.8	7.1	0										
TPS5	11.8	6.7	7.9	9.4	4	0									
TPS6	10.1	6.5	7.7	7.7	2.2	1.7	0								
TPS7	6.4	8.1	8.3	0.4	6.1	8.2	6.7	0							
TPS8	4.7	11.3	11.5	3.6	8.8	10.9	9.4	2.9	0						
TPS9	5.8	9.6	11	4.5	3.8	6.2	4.7	3.8	6.8	0					
TPS10	12	2.1	2	9.7	9.3	7.5	7.1	7.4	10.5	7.6	0				
TPS11	14.3	17.8	16.1	9.5	15.2	18.8	15.8	9.1	9.9	12.6	14.6	0			
TPS12	12.3	9.2	9.3	8.8	11	12.2	11.1	7.4	10.5	8.4	7.5	8.4	0		
TPS13	10.3	5	5.2	6.9	7.8	5.9	5.5	5.7	8.8	6	4.3	13.4	6.7	0	
TPS14	6.8	7.1	7.3	3	6.1	8.7	7.4	1.8	4.9	3.9	6.5	10.2	6.5	4.5	0

Setelah menentukan matriks jarak selanjutnya adalah membuat matriks penghematan (*savings*). Matriks penghematan ini dibuat berdasarkan matriks jarak, sehingga matriks penghematan juga merupakan matriks *symmetric*. Tabel 3.4 dibawah ini merupakan hasil dari perhitungan *savings*

Tabel 3. 4 Hasil perhitungan *savings*

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

Langkah-langkah perhitungan *savings* adalah sebagai berikut

- Tentukan pasangan yang akan dihitung, yaitu TPS 1 dan TPS 2

- Lakukan perhitungan dengan rumus

$$\begin{aligned}
 S(x,y) &= \text{jarak tempuh (TPA, TPS 1)} + \text{jarak tempuh (TPA, TPS 2)} - \\
 &\quad \text{jarak tempuh (TPS 1, TPS 2)} \\
 &= 12.6 + 13.3 - 2.8 \\
 &= \mathbf{23.1}
 \end{aligned}$$

Setelah matriks *savings* terbentuk, selanjutnya menentukan kelompok *route* berdasarkan dari nilai *savings* yang terbesar sampai yang terkecil dari matriks *savings*. Langkah ini merupakan iterasi dari matriks *savings*, dimana jika nilai *savings* terbesar terdapat pada node *i* dan *j* maka baris *i* dan kolom *j* dicoret. Lalu *i* dan *j* digabungkan dalam satu kelompok *route*, demikian seterusnya sampai iterasi yang terakhir.

Berikut ini adalah daftar ranking dari nilai *savings*

Tabel 3. 5 Daftar ranking dari savings

No	TPS
1	TPS10
2	TPS2
3	TPS1
4	TPS11
5	TPS13
6	TPS5
7	TPS6
8	TPS4
9	TPS12
10	TPS14
11	TPS3
12	TPS7
13	TPS9
14	TPS8

3.2 Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini adalah pihak dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang. Terdapat dua sumber data yaitu data primer dan data

sekunder. Data primer merupakan data yang diambil oleh peneliti. Dan data sekunder merupakan data yang diambil oleh orang lain.

1. Data Primer : Data yang digunakan adalah data jarak dari setiap TPS ke TPS lain, jarak dari setiap TPS ke TPA, kapasitas sampah yang terangkut setiap harinya, dan waktu yang ditempuh pada saat pengangkutan.
2. Data sekunder : Data yang digunakan adalah bahan literatur dan catatan atau laporan yang telah tersusun dalam arsip (data dokumenter).

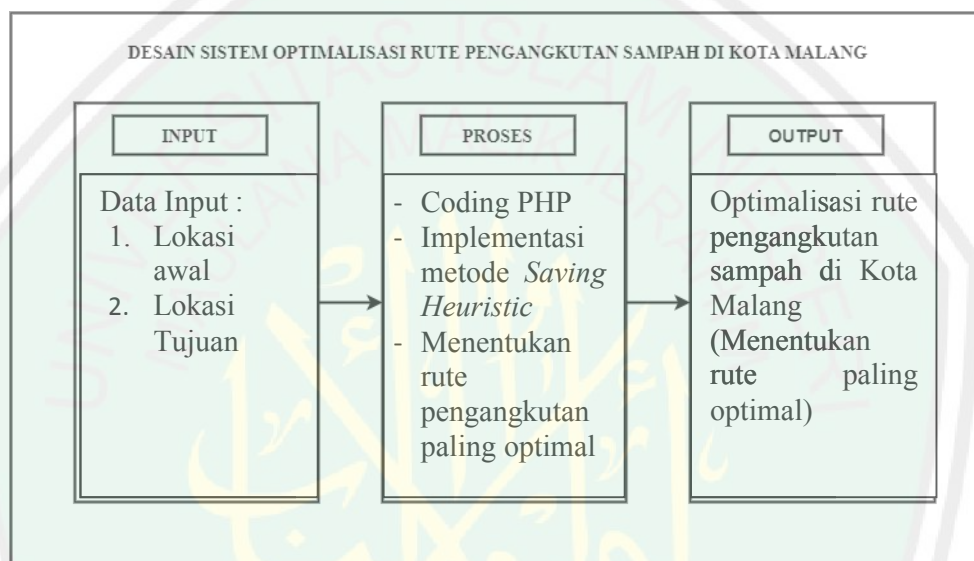
3.3 Skenario Uji Coba

Skenario uji coba dilakukan dengan menggunakan 14 TPS dan 1 TPA yang berasal dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang, dan telah dihitung jarak antar TPA ke TPS atau antar TPS ke TPS. Kemudian dilakukan proses perhitungan menggunakan metode *saving heuristic* untuk pengujian metodenya. Dan untuk pengujian sistemnya menggunakan pengujian *Black Box*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan rute yang sebelumnya digunakan dengan hasil rute yang telah dihitung menggunakan metode *saving heuristic*.

3.4 Desain Sistem

Menurut John Burch dan Garry Grudnitski dalam buku *Analisa dan Desain, Sistem Informasi Pendekatan Terstruktur* bahwa “Desain sistem dapat didefinisikan sebagai penggambaran dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi”. Sistem desain berarti gambaran yang akan kita buat terkait input, proses dan output dari sistem tersebut.

Desain sistem merupakan implementasi sistem yang akan dirancang. Pentingnya desain sistem yaitu untuk mengetahui alur dari sebuah sistem agar dapat dioperasikan secara tepat sesuai dengan kebutuhan pengguna. Data-data dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang yang akan diolah adalah satunya yaitu data pengangkutan sampah. Data tersebut akan diolah dengan menggunakan metode *Saving Heuristic* hingga menghasilkan rute pengangkutan sampah yang paling optimal.



Gambar 3. 3 Desain Sistem

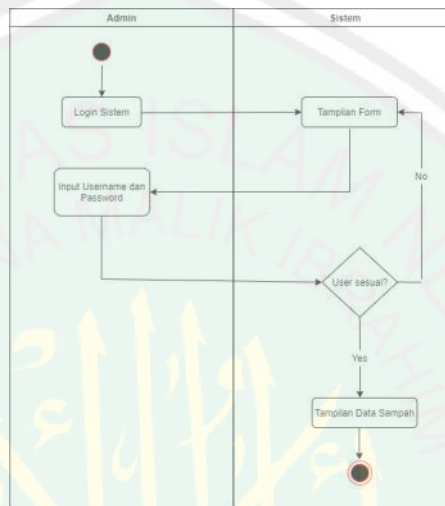
3.4.1 *Unified Modeling Language*

Menurut Mulyani (2016: 48) UML (*Unified Modeling Language*) merupakan “teknik pengembangan sistem yang menggunakan bahasa grafis untuk pendokumentasian dan melakukan spesifikasi pada sistem”. Penelitian ini menggunakan UML berupa *activity diagram* untuk memvisualisasikan interaksi antara admin dengan sistem.

3.4.1.1 Activity Diagram (Admin)

Activity diagram merupakan diagram untuk menggambarkan alur kerja dari sebuah sistem, digunakan untuk mendeskripsikan aktifitas yang dibentuk dalam suatu sistem tersebut.

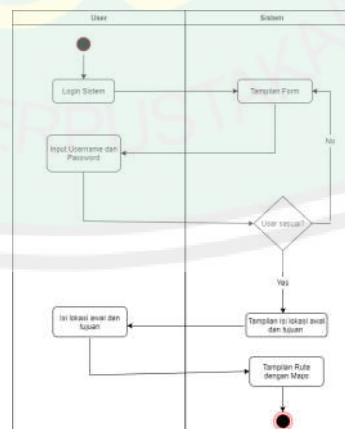
Dibawah ini adalah *activity diagram* pada sistem optimalisasi rute pengangkutan sampah di Kota Malang antara admin dan sistem.



Gambar 3. 4 Activity Diagram (Admin)

3.4.1.2 Activity Diagram (User)

Dibawah ini adalah *activity diagram* pada sistem optimalisasi rute pengangkutan sampah di Kota Malang antara admin dan sistem.



Gambar 3. 5 Activity Daigram (User)

3.5 Desain Database

Desain database merupakan salah satu bagian terpenting dalam membangun sistem informasi untuk menentukan data-data yang diperlukan pada sistem.

Desain database ini dibangun menggunakan software XAMPP.

Berikut ini adalah desain database pada sistem optimalisasi rute pengangkutan sampah di Kota Malang.

1. Desain Database User

Dibutuhkan desain database User agar user dapat berinteraksi dengan sistem, yaitu dengan menginputkan username dan password yang telah tercantum di tabel User.

Field	Type
id_user	int(20)
username	varchar(50)
password	varchar(50)
email	varchar(50)
level	varchar(50)

Gambar 3. 6 Desain database User

2. Tabel Lokasi

Field	Type
id_lokasi	int(5)
namalokasi	varchar(100)
tipe	varchar(10)
alamat	text
lat	varchar(9)
lng	varchar(20)

Gambar 3. 7 Desain database tabel lokasi

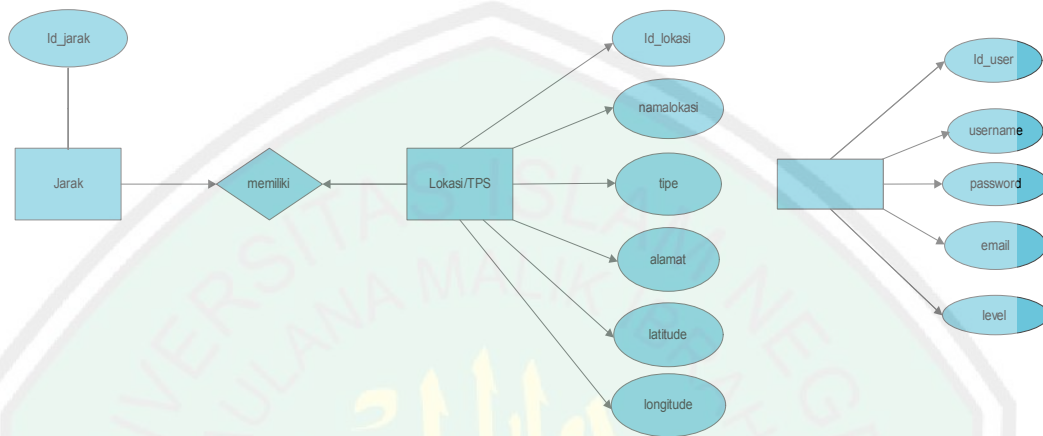
3. Tabel Matriks Jarak

Field	Type
id_jarak	int(10)
1	varchar(10)
2	varchar(10)
3	varchar(10)
4	varchar(10)
5	varchar(10)
6	varchar(10)
7	varchar(10)
8	varchar(10)
9	varchar(10)
10	varchar(10)
11	varchar(10)
12	varchar(10)
13	varchar(10)
14	varchar(10)
15	varchar(10)

Gambar 3. 8 Tabel Matriks Jarak

3.5 Desain *Entity Relationship Diagram* (ERD)

Model *Entity Relationship* berisi komponen-komponen dari suatu himpunan entitas dan himpunan relasi yang masing-masing dilengkapi dengan atribut-atribut yang mempresentasikan seluruh fakta yang ditinjau sehingga dapat diketahui hubungan antara entity-entity yang ada dengan atribut-atributnya. Berikut merupakan relasi antar entity:

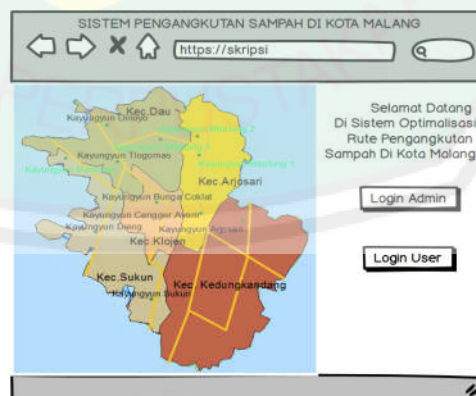


Gambar 3. 9 ERD Database

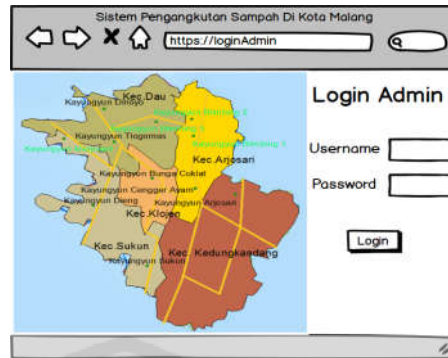
3.6 Desain Interface

Desain interface merupakan sarana antar user dan sistem untuk menunjukkan alur penggunaan suatu sistem.

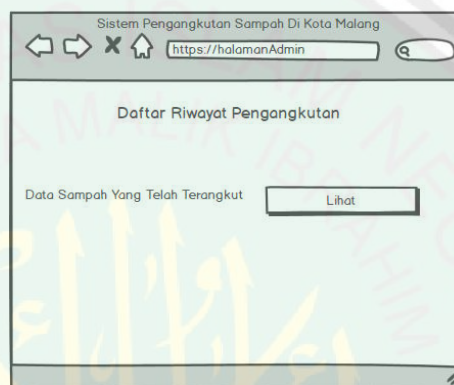
Berikut ini adalah desain interface dari sistem optimalisasi rute pengangkutan sampah di Kota Malang.



Gambar 3. 10 Desain interface tampilan awal

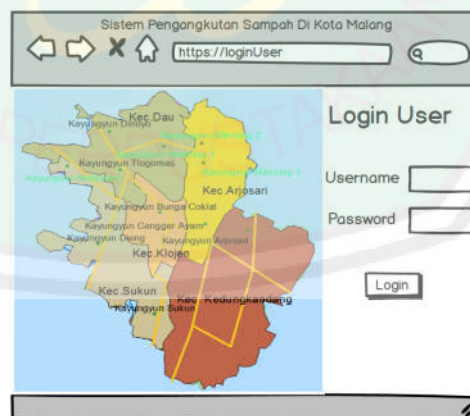


Gambar 3. 11 Desain interface login admin

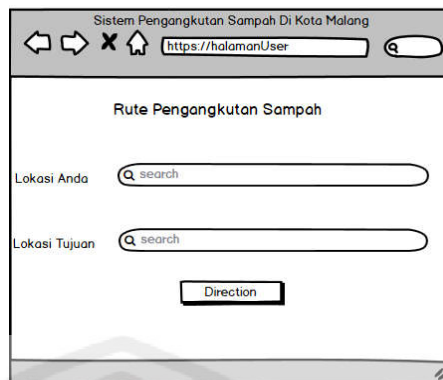


Gambar 3. 12 Desain interface halaman untuk admin

Gambar diatas merupakan gambaran dari sistem optimalisasi rute pengangkutan sampah untuk admin. Pada halaman tersebut admin bisa melihat daftar sampah yang telah terangkut dari TPS.

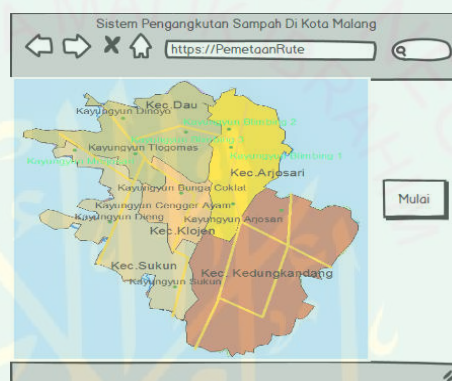


Gambar 3. 13 Desain interface login driver (user)



Gambar 3. 14 Desain interface halaman driver (user)

Gambar diatas merupakan halaman untuk driver (user), pada saat melakukan pengangkutan sampah driver akan mengisi lokasi awal dan lokasi tujuan.



Gambar 3. 15 Desain interface pemetaan rute

Pada gambar diatas, setelah kita klik button mulai, maka rute pengangkutan sampah paling optimal akan muncul.

3.7 Instrumen Penelitian

Zulkifli (2009) menyatakan bahwa instrumen merupakan suatu alat yang dipergunakan untuk mengukur suatu obyek ukur atau mengumpulkan data dari suatu variabel. Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa wawancara dan observasi. Dengan adanya instrument penelitian kita dapat mengetahui penelitian tersebut telah terpecahkan atau sebaliknya.

1. Wawancara

Wawancara diperlukan agar informasi yang didapatkan benar-benar sesuai dari narasumbernya secara langsung. Wawancara dilakukan sebanyak dua kali, yaitu kepada petugas pengangkutan sampah dan di Kota Malang dan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang.

2. Observasi

Menurut Prof. Dr. Bimo Walgito, observasi merupakan suatu penelitian yang dijalankan secara sistematis dan sengaja diadakan dengan menggunakan alat indra (terutama mata) atas kejadian-kejadian yang langsung dapat ditangkap pada waktu kejadian berlangsung. Tujuan melakukan observasi yaitu untuk mengumpulkan data yang tepat dan mengukur validitas dari hasil wawancara.

3.8 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan diperlukan untuk menggambarkan seberapa ideal sistem yang akan dibangun dengan memperhatikan sumber daya yang ada.

Terdapat dua analisis kebutuhan sistem, yaitu analisis kebutuhan fungsional dan non-fungsional.

3.8.1 Analisis Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional yaitu kebutuhan (proses) apa saja yang diperlukan pada saat membangun sistem. Kebutuhan fungsional harus mampu menggambarkan layanan secara detail yang bisa diberikan sistem kepada user.

3.8.2 Analisis Kebutuhan Non-fungsional

Analisis kebutuhan non-fungsional merupakan kebutuhan berupa property yang digunakan pada saat membangun sistem. Secara umum, kebutuhan non-fungsional terdiri dari:

1. *Usability* yaitu kebutuhan yang berkaitan dengan kemudahan dalam penggunaan sistem.

2. *Portability* yaitu kebutuhan untuk mempermudah mengakses sistem.

Diantaranya perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*).

a. Perangkat lunak yang dibutuhkan pada penelitian

1. OS Windows 8.0
2. XAMPP
3. PHP MySQL
4. Balsamiq Mockups 3.5.1.7
5. Sublime Text
6. Google Chrome, Mozilla Firefox

b. Perangkat keras

1. Laptop minimal RAM 2 GB

3. *Reliability*

Kehandalan sistem juga dibutuhkan karena termasuk faktor keamanan dari sebuah sistem.

4. *Maintainability*

Maintainability merupakan analisis kebutuhan non-fungsional yang terkait dengan perawatan untuk menemukan kesalahan dalam sistem.

BAB IV

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil uji coba dan pembahasan terhadap hasil pengujian sistem yang telah dibangun, serta pembahasan mengenai integrasi sains dengan Islam. Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi hasil prediksi dari sistem yang dibangun menggunakan metode *Savings Heuristic*.

4.1 Implementasi

Implementasi adalah tahapan penerapan sistem yang dilakukan apabila sistem yang akan dibangun sudah sesuai dengan perancangan sistem yang telah dibuat. Selain itu, tahap ini juga merupakan proses pembuatan dan penerapan sistem secara utuh, baik dari sisi perangkat lunak maupun perangkat keras.

Implementasi sistem bertujuan untuk menerapkan perancangan sistem yang sesuai dengan kebutuhan.

4.1.1 Implementasi Metode Savings Heuristic

Pembuatan sistem sesuai dengan perancangan sistem diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *text editor Sublime Text 2*. Selain itu sistem juga membutuhkan *database* untuk penyimpanan data pada sistem. *Database* yang digunakan yaitu MySQL. Pada implementasi sistem akan dibahas mengenai implementasi metode *Savings Heuristic* dalam sistem sebagai berikut.

1. Definisi Variabel

Sebelum menentukan perhitungan metode, terlebih dahulu melakukan input data yang mana nantinya akan diproses dengan metode *savings heuristic*.

```

<?php
    $query = mysqli_query($conn, "select * from tbl_lokasi");
    if (mysqli_num_rows($query) < 1) { ?>
        //peta tanpa marker-2.5446949,118.3207873,5.29z
        var properti_peta = {
            center: new google.maps.LatLng(-2.5446949,
118.3207873),
            zoom: 4,
            mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP
        };
        Var peta = new
google.maps.Map(document.getElementById("map"), properti_peta);
        //end
    } else {
        while ($data = mysqli_fetch_array($query)) {
            $nama = mystripslashesjs($data['namalokasi']);
            $alamat = mystripslashesjs($data['alamat']);
            $lat = $data['lat'];
            $lng = $data['lng'];
            $alamat = str_replace(array("\r", "\n"), "",
$alamat);
            echo ("addMarker($lat, $lng, '<b>$nama</b><br>$alamat');");
        }
    }
?>

```

2. Perhitungan Metode

Pada tahap ini yaitu melakukan proses perhitungan untuk menentukan jarak dan waktu yang akan ditempuh oleh truk pengangkut sampah.

```

<?php
function distance($lat1, $lon1, $lat2, $lon2, $unit)
{
    if (($lat1 == $lat2) && ($lon1 == $lon2)) {
        return 0;
    } else {
        $theta = $lon1 - $lon2;
        $dist = sin(deg2rad($lat1)) *
sin(deg2rad($lat2)) + cos(deg2rad($lat1)) * cos(deg2rad($lat2)) *
cos(deg2rad($theta));
        $dist = acos($dist);
        $dist = rad2deg($dist);
        $miles = $dist * 60 * 1.1515;
        $unit = strtoupper($unit);
        if ($unit == "K") {
            return ($miles * 1.609344);
        } else if ($unit == "N") {
            return ($miles * 0.8684);
        } else {
            return $miles;
        }
    }
}

```

```

98.53506, "M") . " Miles<br>";
// echo distance(32.9697, -96.80322, 29.46786, -
98.53506, "K") . " Kilometers<br>";
// echo distance(32.9697, -96.80322, 29.46786, -
98.53506, "N") . " Nautical Miles<br>";

//Implementasi Metode
$lat_awal = substr($_POST['start'], 0, 9);
$query = mysqli_query($conn, "select * from tbl_lokasi
where lat='$lat_awal'");
while ($data = mysqli_fetch_array($query)) {
    $id_awal = $data['id_lokasi'];
    $nama_awal = $data['namalokasi'];
    $alamat_awal = $data['alamat'];
    $lat1 = $data['lat'];
    $lon1 = $data['lng'];
}
$lat_akhir = substr($_POST['destination'], 0, 9);
$query = mysqli_query($conn, "select * from tbl_lokasi
where lat='$lat_akhir'");
while ($data = mysqli_fetch_array($query)) {
    $id_akhir = $data['id_lokasi'];
    $nama_akhir = $data['namalokasi'];
    $alamat_akhir = $data['alamat'];
    $lat2 = $data['lat'];
    $lon2 = $data['lng'];
}

$query = mysqli_query($conn, "select * from matriks_jarak where
id_jarak='$id_awal'");
while ($data = mysqli_fetch_array($query)) {
    $matriks_jarak1 = $data['1'];
}
$query = mysqli_query($conn, "select * from
matriks_jarak where id_jarak='$id_akhir'");
while ($data = mysqli_fetch_array($query)) {
    $matriks_jarak2 = $data['1'];
}
$query = mysqli_query($conn, "select * from
matriks_jarak where id_jarak='$id_akhir'");
while ($data = mysqli_fetch_array($query)) {
    $matriks_jarak3 = $data[$id_awal];
}

$saving = $matriks_jarak1 + $matriks_jarak2 -
$matriks_jarak3;
$jarak = substr(distance($lat1, $lon1, $lat2, $lon2,
"K"), 0, 4);
$waktu_tempuh = ($matriks_jarak3 / 25) * 60;
?>

```

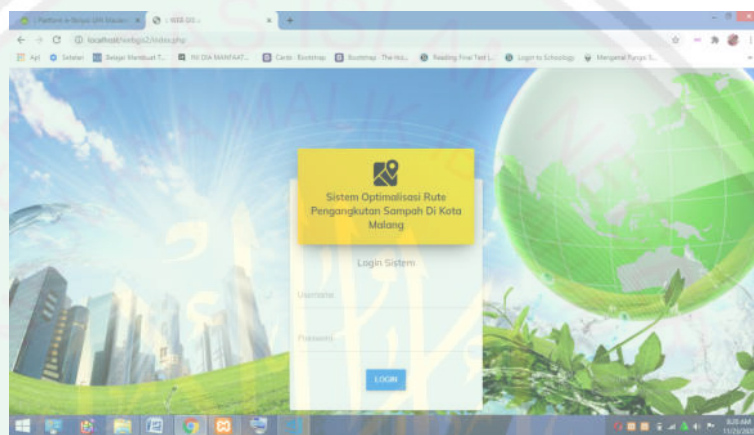
4.1.2 Implementasi Interface

Interface merupakan bagian antarmuka sebagai sarana penghubung antara *user* dan sistem. Sistem yang dibangun dalam penelitian ini yaitu berbasis web

menggunakan bahasa pemrograman PHP (*Hypertext Preprocessor*). Implementasi antarmuka dalam sistem adalah sebagai berikut:

1. Halaman Login

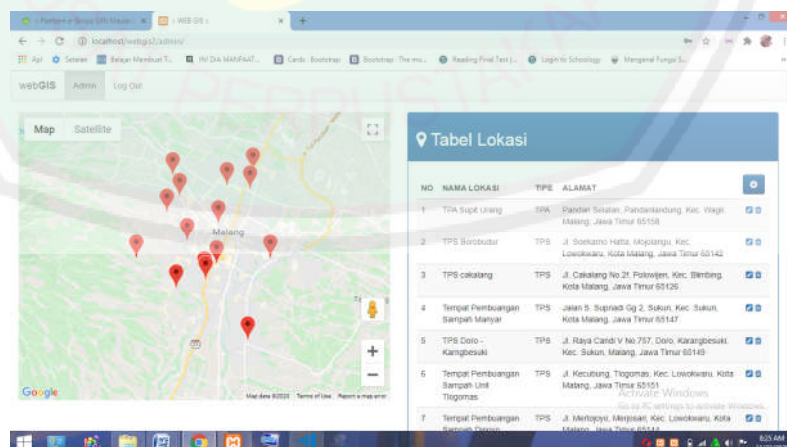
Halaman login merupakan form login untuk admin dan user. Untuk melakukan login admin dan user harus menginputkan *username* dan *password* yang telah tersedia. Form login ini digunakan untuk menjamin keamanan sebuah sistem.



Gambar 4. 1 Halaman Login

2. Halaman Home Admin

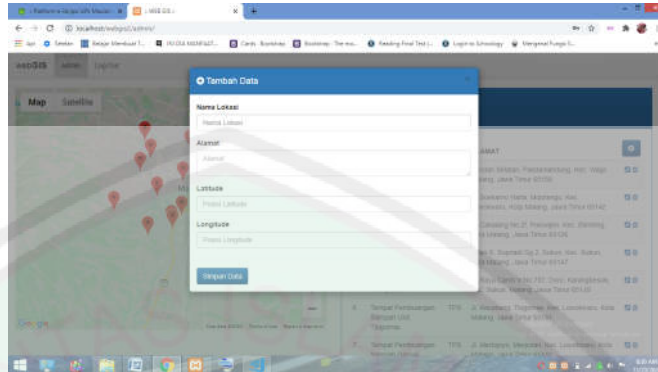
Halaman home admin merupakan halaman yang hanya bisa diakses oleh admin, setelah admin login. Halaman home admin merupakan tampilan beranda sistem yang berisikan informasi mengenai lokasi TPA dan TPS.



Gambar 4. 2 Halaman Home Admin

3. Halaman Form Tambah Data







Halaman ini merupakan halaman untuk menambahkan data TPS oleh admin. Jika sudah ditambahkan data akan masuk ke Tabel Lokasi di halaman home admin.



Gambar 4. 3 Halaman Form Tambah Data

4. Halaman Tabel Lokasi

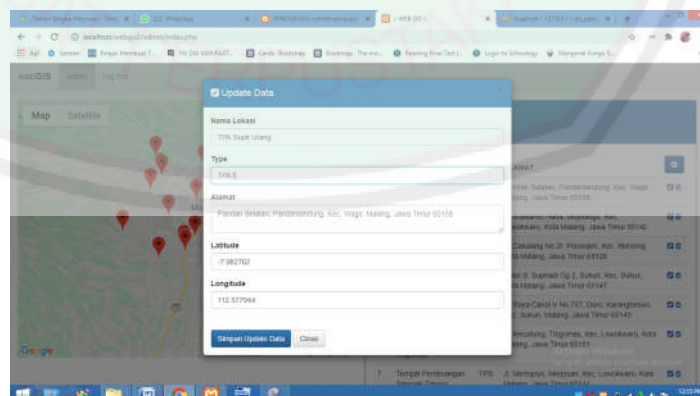
Setelah admin menginputkan data pada form tambah data, maka data tersebut akan tersimpan di Tabel Lokasi.

15	TPS Yulius Usman	TPS	Jl. Yulius Usman Blok 3 No.216, Kasin, Klojen, Kota Malang	 
17	TPS MALANG	TPS	KOTA MALANG JAWA TIMUR	 
18	TPS MALANG	TPS	MALANG JAWA TIMUR	 

Gambar 4. 4 Tabel Lokasi

5. Halaman Update Data

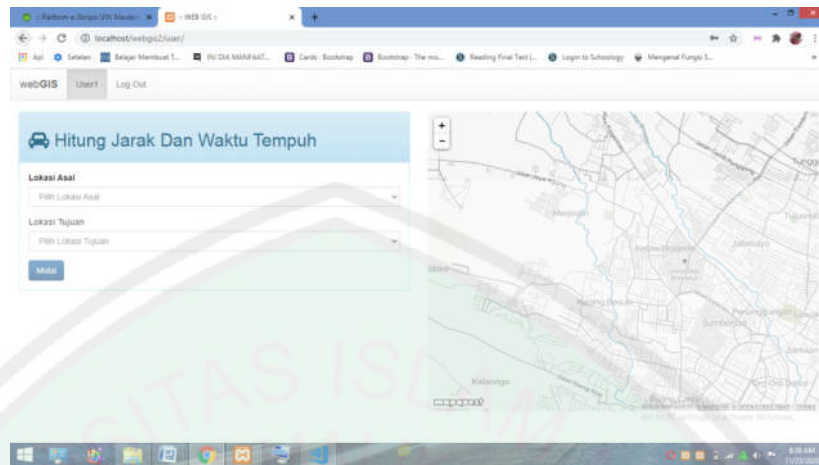
Halaman ini merupakan halaman yang digunakan admin untuk mengupdate data yang ada pada tabel lokasi.



Gambar 4. 5 Halaman Update Data

6. Halaman Home User

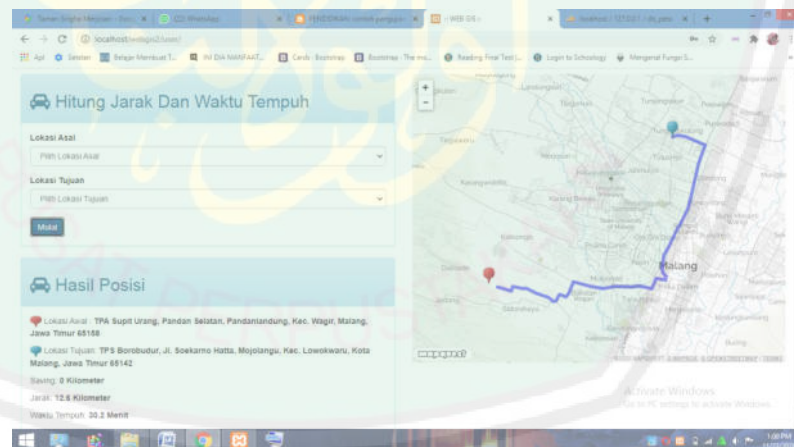
Halaman ini merupakan halaman untuk user, terdapat Maps dan form input untuk lokasi awal dan lokasi tujuan



Gambar 4. 6 Halaman Home User

7. Halaman Hasil

Pada halaman ini jika user ingin menghitung jarak dan waktu yang ditempuh, maka user harus menginput lokasi awal dan lokasi tujuan, seperti gambar dibawah ini. Setelah itu akan muncul hasil posisi dan keterangan mengenai jarak dan waktu yang akan ditempuh, selain itu juga terdapat peta yang menampilkan rute yang akan dilalui oleh truk pengangkut sampah.



Gambar 4. 7 Halaman Hasil

8. Hasil Penerapan Metode

Pada gambar di bawah ini merupakan hasil dari penerapan metode *saving heuristic* yaitu menunjukkan Hasil Posisi, diantaranya lokasi awal dan lokasi tujuan yang kita input, hasil dari *savings*, jarak dan waktu yang ditempuh.



Hasil Posisi

Lokasi Awal : TPS Borobudur, Jl. Soekarno Hatta, Mojolangu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65142

Lokasi Tujuan: Tempat Pembuangan Sampah Dinoyo, Jl. Mertojoyo, Merjosari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65144

Saving: 16.2 Kilometer

Jarak: 6.5 Kilometer

Waktu Tempuh: 15.6 Menit

Gambar 4. 8 Hasil Penerapan Metode

9. *Source Code* Penerapan Metode

Dibawah ini adalah *source code* penerapan metode *saving heuristic*.

```
<?php
function distance($lat1, $lon1, $lat2,
$lon2, $unit)
{
    if (($lat1 == $lat2) && ($lon1 ==
$lon2)) {
        return 0;
    } else {
        $theta = $lon1 - $lon2;
        $dist = sin(deg2rad($lat1)) *
sin(deg2rad($lat2)) + cos(deg2rad($lat1)) *
cos(deg2rad($lat2)) * cos(deg2rad($theta));
        $dist = acos($dist);
        $dist = rad2deg($dist);
        $miles = $dist * 60 * 1.1515;
        $unit = strtoupper($unit);
        if ($unit == "K") {
            return ($miles * 1.609344);
        } else if ($unit == "N") {
            return ($miles * 0.8684);
        } else {
            return $miles;
        }
    }
}
```

```

//      echo      distance(32.9697,    -96.80322,
29.46786, -98.53506, "M") . " Miles<br>";
//      echo      distance(32.9697,    -96.80322,
29.46786, -98.53506, "K") . " Kilometers<br>";
//      echo      distance(32.9697,    -96.80322,
29.46786, -98.53506, "N") . " Nautical Miles<br>";

//Implementasi Metode
$lat_awal = substr($_POST['start'], 0, 9);
$query = mysqli_query($conn, "select * from
tbl_lokasi where lat='$lat_awal'");
while ($data = mysqli_fetch_array($query)) {

    $id_awal = $data['id_lokasi'];
    $nama_awal = $data['namalokasi'];
    $alamat_awal = $data['alamat'];
    $lat1 = $data['lat'];
    $lon1 = $data['lng'];
}
$lat_akhir = substr($_POST['destination'],
0, 9);
$query = mysqli_query($conn, "select * from
tbl_lokasi where lat='$lat_akhir'");
while ($data = mysqli_fetch_array($query)) {
    $id_akhir = $data['id_lokasi'];
    $nama_akhir = $data['namalokasi'];
    $alamat_akhir = $data['alamat'];
    $lat2 = $data['lat'];
    $lon2 = $data['lng'];
}
$query = mysqli_query($conn, "select * from
matriks_jarak where id_jarak='$id_awal'");
while ($data = mysqli_fetch_array($query)) {
    $matriks_jarak1 = $data['1'];
}
$query = mysqli_query($conn, "select * from
matriks_jarak where id_jarak='$id_akhir'");
while ($data = mysqli_fetch_array($query)) {
    $matriks_jarak2 = $data['1'];
}
$query = mysqli_query($conn, "select * from
matriks_jarak where id_jarak='$id_akhir'");
while ($data = mysqli_fetch_array($query)) {
    $matriks_jarak3 = $data[$id_awal];
}

    $savings = $matriks_jarak1 + $matriks_jarak2
- $matriks_jarak3;
    $jarak = substr(distance($lat1, $lon1,
$lat2, $lon2, "K"), 0, 4);
    $waktu_tempuh = ($matriks_jarak3 / 25) * 60;
?>

```

4.2 Pengujian

4.2.1 Pengujia Sistem

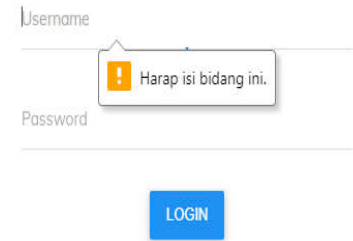
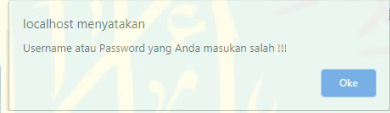
Pengujian Black Box adalah pengujian aspek fundamental sistem tanpa memperhatikan struktur logika internal perangkat lunak. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui apakah perangkat lunak berfungsi dengan benar. Pengujian Black Box merupakan metode perancangan data uji yang didasarkan pada spesifikasi perangkat lunak. Data uji dibangkitkan, dieksekusi pada perangkat lunak dan kemudian keluaran dari perangkat lunak dicek apakah telah sesuai dengan yang diharapkan.

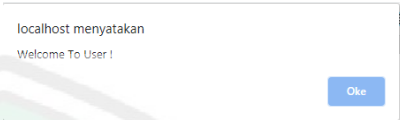
Pengujian dengan metode *Black Box Testing* dilakukan dengan cara memberikan sejumlah *input* pada program. *Input* tersebut kemudian diproses sesuai dengan kebutuhan fungsionalnya untuk melihat apakah program aplikasi dapat menghasilkan *output* yang sesuai dengan yang diinginkan dan sesuai dengan fungsi dasar dari program tersebut. Apabila dari *input* yang diberikan proses dapat menghasilkan *output* yang sesuai dengan kebutuhan fungsionalnya, maka program yang dibuat sudah benar. Akan tetapi apabila *output* yang dihasilkan tidak sesuai dengan kebutuhan fungsionalnya, maka masih terdapat kesalahan pada program tersebut, dan selanjutnya dilakukan penelusuran perbaikan untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi.

1. Pengujian *Black Box* Pada Menu Login

Tabel 4. 1 Pengujian Black Box Pada Menu Login

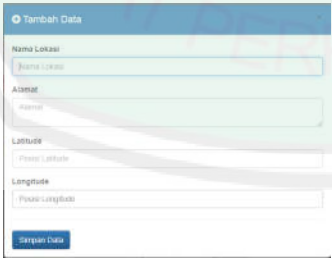
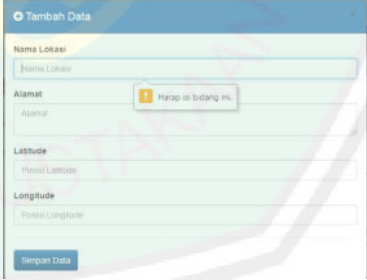
No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
1	Mengosongkan <i>username</i>	Sistem akan menolak akses login,	Valid

	<p>dan <i>password</i>, lalu langsung klik tombol “Login”</p>	<p>seperti gambar dibawah ini</p> 	
2	<p>Mengisi <i>username</i> yang benar dan mengisi <i>password</i> yang salah, lalu kemudian klik tombol “Login”</p>	<p>Sistem akan menolak akses login dan menampilkan pesan “Username atau password yang anda masukkan salah”</p> 	Valid
3	<p>Mengisi <i>username</i> dan <i>password</i> yang benar, lalu kemudian klik tombol “Login”</p>	<p>Sistem akan memberi akses login dan menampilkan pesan “Welcome to administrator”</p> 	Valid

4	<p>Mengisi <i>username</i> dan <i>password</i> yang benar untuk user, lalu kemudian klik tombol “Login”</p> 	<p>Maka sistem akan memberi akses login untuk user, dengan menampilkan pesan sebagai berikut “Welcome to user”</p> 	Valid
---	---	---	-------

2. Pengujian *Black Box* Pada Halaman Admin

Tabel 4. 2 Pengujian Pada Halaman Admin

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Kesimpulan
1	<p>Jika admin ingin menambahkan data, tetapi form tambah data dikosongkan, kemudian klik “Simpan Data”</p> 	<p>Sistem tidak akan menyimpan data tersebut, dan menampilkan pesan “Harap isi bidang ini”</p> 	Valid
2	Ketika form tambah data	Maka sistem akan berhasil	Valid

	<p>diisi dengan benar, lalu kemudian klik “Simpan data”</p>	<p>menginputkan data, dan data akan masuk ke Tabel Lokasi pada halaman admin</p>	
3	<p>Untuk mengupdate data klik icon update pada sisi kanan data, ketika form update data diganti seperti gambar dibawah ini</p>	<p>Maka data yang ada pada Tabel Lokasi akan berhasil diupdate</p>	Valid

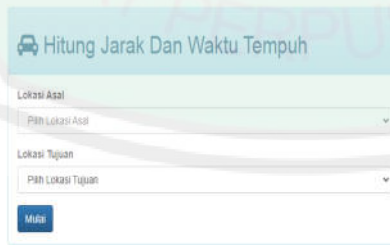

16 TPS MALANG TPS MALANG JATIM Activate Windows
Go to PC settings to activate

15 TPS Yulus Usman TPS Jl. Yulus Usman Blok 3 No 216, Kasin, Kota Malang
17 TPS MALANG TPS KOTA MALANG JAWA TIMUR
18 TPS MALANG TPS MALANG JAWA TIMUR
Activate Windows
Go to PC settings to activate

4	<p>Untuk menghapus data silahkan klik icon hapus pada sisi kanan data</p> 	<p>Maka data akan berhasil terhapus dari Tabel Lokasi, data juga akan terhapus pada maps</p> 	Valid
---	---	---	-------

3. Pengujian *Black Box* Pada Halaman User

Tabel 4. 3 Pengujian Pada Halaman User

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Kesimpulan
1	<p>Pada halaman user, jika user ingin menghitung jarak dan waktu tempuh yang akan dilalui, maka harus isi form dibawah ini, akan tetapi jika form tidak diisi, lalu kemudian klik “Mulai”</p> 	<p>Maka sistem akan menolak dan gagal untuk menghitung jarak dan waktu tempuh yang akan dilalui, dan menampilkan pesan “Maaf, silahkan pilih lokasi”</p> 	Valid

<p>2</p>	<p>Akan tetapi jika form hitung jarak dan waktu tempuh diisi dengan benar, seperti dibawah ini, kemudian langsung klik “Mulai”</p>	<p>Maka sistem akan berhasil menampilkan perhitungan jarak dan waktu yang akan ditempuh</p>	<p>Valid</p>
<p>3</p> <p>Dan jika kita juga mengisi form hitung jarak dan waktu tempuh dengan benar</p>		<p>Maka sistem akan menampilkan sebuah peta dan terdapat rute yang akan dilalui</p>	<p>Valid</p>

4.2.2 Pengujian Metode

Pada pengujian metode yaitu dengan melakukan perhitungan sesuai dengan perhitungan rumus metode *saving heuristic*.

1. Membuat matriks Jarak Asal-Tujuan

Tabel 4. 4 Matriks Jarak Asal-Tujuan

	TPA	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPA	0														
TPS1	12.6	0													
TPS2	13.3	2.8	0												
TPS3	6.1	8	8.2	0											
TPS4	10.6	7.6	8.8	7.1	0										
TPS5	11.8	6.7	7.9	9.4	4	0									
TPS6	10.1	6.5	7.7	7.7	2.2	1.7	0								
TPS7	6.4	8.1	8.3	0.4	6.1	8.2	6.7	0							
TPS8	4.7	11.3	11.5	3.6	8.8	10.9	9.4	2.9	0						
TPS9	5.8	9.6	11	4.5	3.8	6.2	4.7	3.8	6.8	0					
TPS10	12	2.1	2	9.7	9.3	7.5	7.1	7.4	10.5	7.6	0				
TPS11	14.3	17.8	16.1	9.5	15.2	18.8	15.8	9.1	9.9	12.6	14.6	0			
TPS12	12.3	9.2	9.3	8.8	11	12.2	11.1	7.4	10.5	8.4	7.5	8.4	0		
TPS13	10.3	5	5.2	6.9	7.8	5.9	5.5	5.7	8.8	6	4.3	13.4	6.7	0	
TPS14	6.8	7.1	7.3	3	6.1	8.7	7.4	1.8	4.9	3.9	6.5	10.2	6.5	4.5	0

2. Langkah selanjutnya setelah menentukan matriks jarak menggunakan Google Maps adalah menghitung matriks penghematan menggunakan rumus.

$$S(x,y) = \text{jarak tempuh (TPA, TPS 1)} + \text{jarak tempuh (TPA, TPS 2)} - \text{jarak tempuh (TPS 1, TPS 2)}$$

$$= 12.6 + 13.3 - 2.8 = 23.1$$

Tabel 4. 5 Matriks Penghematan

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

3. Setelah dilakukan perhitungan matriks penghematan ke seluruh matriks jarak, langkah selanjutnya menentukan kelompok rute berdasarkan nilai penghematan yang terbesar sampai yang terkecil dari matriks penghematan.

a. Iterasi 1

Tabel 4. 6 Iterasi 1

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

23.3 antara TPS10 - TPS2. Rute 1 = TPS10 - TPS2

Memilih penghematan terbesar yaitu 23.3 terletak antara TPS10 dan TPS2. Maka terbentuk rute 1 yaitu TPS10 – TPS2.

b. Iterasi 2

Tabel 4. 7 Iterasi 2

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

23.1 antara TPS2 - TPS1. Rute 1 = TPS10 - TPS2 - TPS1

Memilih penghematan terbesar yaitu 23.1 terletak antara TPS2 dan TPS1, maka terbentuk rute 1 yaitu TPS10 – TPS2 – TPS1.

c. Iterasi 3

Tabel 4. 8 Iterasi 3

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

20.3 antara TPS11 - TPS13. Rute 1 = TPS10 - TPS2 - TPS1 - TPS11 - TPS13. Jumlah Muatan = 6.1 Ton

Memilih penghematan terbesar yaitu 20.3 terletak antara TPS11 dan TPS13, maka terbentuk rute 1 yaitu TPS10 – TPS2 – TPS1 – TPS11 – TPS13. Dengan jumlah muatan 6.1 Ton.

d. Iterasi 4

Tabel 4. 9 Iterasi 4

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

20.2 antara TPS5 - TPS6. Rute 2 = TPS5 - TPS6

Memilih penghematan terbesar yaitu 20.2 terletak antara TPS5 dan TPS6. Maka terbentuk rute 2 yaitu TPS5 – TPS6.

e. Iterasi 5

Tabel 4. 10 Iterasi 5

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

18.4 antara TPS4 - TPS5. Rute 2 = TPS5 - TPS6 - TPS4

Memilih penghematan terbesar yaitu 18.4 terletak antara TPS4 dan TPS5. Maka terbentuk rute 2 yaitu TPS5 – TPS6 – TPS4.

f. Iterasi 6

Tabel 4. 11 Iterasi 6

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

16.8 antara TPS10 - TPS12. Rute 2 = TPS5 - TPS6 - TPS4 - TPS12

Memilih penghematan terbesar yaitu 16.8 terletak antara TPS10 dan TPS12. Maka terbentuk rute 2 yaitu TPS5 – TPS6 – TPS4 – TPS12.

g. Iterasi 7

Tabel 4. 12 Iterasi 7

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

12.6 antara TPS12 - TPS14. Rute 2 = TPS5 - TPS6 - TPS4 - TPS12 - TPS14. Jumlah Muatan = 6.5 Ton

Memilih penghematan terbesar yaitu 12.6 terletak antara TPS12 dan TPS14. Maka terbentuk rute 2 yaitu TPS5 – TPS6 – TPS4 – TPS12 – TPS 14. Dengan jumlah muatan 6.5 Ton.

h. Iterasi 8

Tabel 4. 13 Iterasi 8

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

12.1 antara TPS3 - TPS7. Rute 3 = TPS3 - TPS7

Memilih penghematan terbesar yaitu 12.1 terletak antara TPS3 dan TPS7. Maka terbentuk rute 3 yaitu TPS3 – TPS7.

i. Iterasi 9

Tabel 4. 14 Iterasi 9

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

11.6 Sudah masuk terpakai di Rute Lain

Memilih penghematan terbesar yaitu 11.6. Sudah masuk di rute lain.

j. Iterasi 10

Tabel 4. 15 Iterasi 10

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

11.2 antara TPS6 - TPS9. Rute 3 = TPS3 - TPS7 - TPS9

Memilih penghematan terbesar yaitu 11.2 terletak antara TPS6 dan TPS9. Maka terbentuk rute 3 yaitu TPS3 – TPS7 – TPS9.

k. Iterasi 11

Tabel 4. 16 Iterasi 11

	TPS1	TPS2	TPS3	TPS4	TPS5	TPS6	TPS7	TPS8	TPS9	TPS10	TPS11	TPS12	TPS13	TPS14
TPS1														
TPS2	23.1													
TPS3	10.7	11.2												
TPS4	15.6	15.1	9.6											
TPS5	17.7	17.2	8.5	18.4										
TPS6	16.2	15.7	8.5	18.5	20.2									
TPS7	10.9	11.4	12.1	10.9	10	9.8								
TPS8	6	6.5	7.2	6.5	5.6	5.4	8.2							
TPS9	8.8	8.1	7.4	12.6	11.4	11.2	8.4	3.7						
TPS10	22.5	23.3	8.4	13.3	16.3	15	11	6.2	10.2					
TPS11	9.1	11.5	10.9	9.7	7.3	8.6	11.6	9.1	7.5	11.7				
TPS12	15.7	16.3	9.6	11.9	11.9	11.3	11.3	6.5	14.2	16.8	18.2			
TPS13	17.9	18.4	9.5	13.1	16.2	14.9	11	6.2	10.1	18	20.3	15.9		
TPS14	12.3	12.8	9.9	11.3	9.9	9.5	11.4	6.6	8.7	12.3	10.9	12.6	12.6	

8.2 antara TPS7 - TPS8. Rute 3 = TPS3 - TPS7 - TPS9 - TPS8. Jumlah Muatan = 4.7 Ton

Memilih penghematan terbesar yaitu 8.2 terletak antara TPS7 dan TPS8. Maka terbentuk rute 3 yaitu TPS3 – TPS7 – TPS9 – TPS8. Dengan jumlah muatan 4.7 Ton.

4.3 Hasil Uji Coba

Dari pengujian seperti yang telah dilakukan diatas, maka dihasilkan 3 rute pengangkutan sampah. Selanjutnya dilakukan perbandingan jarak antara rute pengangkutan sampah sebelumnya dengan rute pengangkutan sampah menggunakan metode *saving heuristic*. Dapat dilihat bahwa penggunaan metode *saving heuristic* ini memberikan hasil yang efisien, yaitu menghasilkan penghematan total jarak tempuh sebesar 19 Km.

Tabel 4. 17 Optimalisasi Rute Berdasarkan Jarak Tempuh

	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Total
Rute saat ini				
Rute	TPA – TPS1 – TPS11 – TPS13 – TPS5 – TPS4	TPA – TPS8 – TPS10 – TPS3 – TPS14 – TPS2	TPA – TPS6 – TPS9 – TPS7 – TPS12	
Jarak tempuh	51,8 Km	35,1 Km	31,2 Km	118,1 Km
Rute dengan metode <i>saving heuristic</i>				
Rute	TPA – TPS10 – TPS2 – TPS1 – TPS11 – TPS13	TPA – TPS5 – TPS6 – TPS4 – TPS12 – TPS14	TPA – TPS3 – TPS7 – TPS9 – TPS8	
Jarak tempuh	48 Km	33,2 Km	17,9 Km	99,1 Km
Penghematan jarak (Km)				19 Km

Algoritma yang digunakan pada penelitian ini adalah dari rumus metode *saving heuristic*, seperti dibawah ini

$$S_{ij} = D_a - D_b = C_{io} + C_{oj} - C_{ij}$$

4.4 Pembahasan

Peningkatan jumlah penduduk di perkotaan seringkali menimbulkan beberapa permasalahan. Salah satu diantaranya terkait dengan limbah yang dihasilkan dari aktivitas masyarakat itu sendiri. Hal inilah yang juga dialami oleh masyarakat kota Malang. Peningkatan jumlah penduduk diikuti oleh jumlah peningkatan jumlah limbahnya. Kenyataan ini semakin rumit dengan sistem pengangkutan sampah yang tidak mampu menangani permasalahan limbah ini setiap hari sehingga terjadi penumpukan di beberapa wilayah.

Menurut Hadiwiyoto, sampah adalah bahan sisa, baik bahan-bahan yang sudah digunakan lagi (barang bekas) maupun bahan yang sudah diambil bagian utamanya dari segi ekonomis, sampah adalah bahan buangan yang tidak ada harganya dan dari segi lingkungan, sampah adalah bahan buangan yang tidak berguna dan banyak menimbulkan masalah pencemaran dan gangguan pada kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, permasalahan sampah harus mendapat perhatian yang serius.

Pada tahun 1964, Clarke dan Wright mempublikasikan sebuah algoritma sebagai solusi permasalahan dari berbagai rute kendaraan, yang sering disebut sebagai permasalahan klasik dari rute kendaraan. Algoritma ini didasari pada suatu konsep yang disebut konsep *savings* yang akan meminimalkan jarak yang akan ditempuh sesuai dengan kapasitas kendaraan.

Berdasarkan hasil metode *savings heuristic*, dibuat rute yang lebih meminimalkan jarak dan mampu mangangkut lebih banyak sampah setiap hari. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan 3 rute yang akan dilalui oleh truk pengangkut sampah setiap harinya. Dari 1 TPA dan 14 TPS dihasilkan rute sebagai berikut ini:

1. Rute pertama yaitu yang dilalui oleh truk pengangkut 1, truk berangkat dari TPA Supit Urang menuju Rumah PKD Blimbing (TPS 10) - TPS cakalang (TPS 2) - TPS Borobudur (TPS 1) - TPS Wonokoyo (TPS 11) - TPS Tapak Siring (TPS 13) lalu kembali ke TPA Supit Urang. Total sampah yang diangkut dari rute ini sebanyak 6.1 ton dan total jarak yang ditempuh yaitu 48 Km.
2. Rute kedua yaitu yang dilalui oleh truk pengangkut 2, truk berangkat dari TPA Supit Urang menuju Tempat Pembuangan Sampah Unit Tlogomas (TPS 5) - Tempat Pembuangan Sampah Dinoyo (TPS 6) - TPS Doro - Karangbesuki (TPS 4) - TPS Lesanpuro (TPS 12) - TPS Yulius Usman (TPS 14) lalu kembali ke TPA Supit Urang. Total sampah yang diangkut dari rute ini sebanyak 6.5 ton dan total jarak yang ditempuh yaitu 33,2 Km.
3. Rute ketiga yaitu yang dilalui oleh truk pengangkut 3, truk berangkat dari TPA Supit Urang menuju Tempat Pembuangan Sampah Manyar (TPS 3) - Bank Sampah Malang (TPS 7) - Smart Garbage Can (TPS 9) - Unit Bank Sampah Malang "Palem Putri" (TPS 8) lalu kembali ke TPA Supit Urang. Total sampah yang diangkut dari rute ini sebanyak 4,7 ton dan total jarak yang ditempuh yaitu 17,9 Km.

Dari rute yang dibuat ini, berhasil meminimalkan jarak sebesar 19 Km yang akan ditempuh oleh *dump truck* yang beroperasi pada pagi hari. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa metode *savings heuristic* ini efektif untuk memberikan solusi bagi permasalahan rute pola pengangkutan yang kurang efektif.

4.5 Integrasi Islam

Islam adalah agama yang sempurna. Tidak ada satu hal di dalam kehidupan kita selain Islam yang telah memberikan arahan dan petunjuknya. Semua kandungan ajaran dalam Islam bertujuan memberikan arahan dan petunjuknya, serta menjadikan umatnya hidup bahagia dan sejahtera di dunia dan di akhirat.

Salah satu aspek kehidupan yang menjadi perhatian Islam adalah kesucian dan kebersihan. Selain kebersihan diri, kebersihan lingkungan juga penting dalam kelangsungan hidup makhluk Allah di bumi. Kebersihan lingkungan rumah kita sebagai tempat tinggal harus selalu dijaga dan dilestarikan. Karena rumah atau tempat tinggal mencerminkan penghuni rumah itu sendiri. Berdasarkan ajaran Islam, rumah yang suci adalah rumah yang terawat dan bersih. Ketika kita tidak menjaga kebersihan lingkungan sekitar kita, maka sesuatu yang buruk akan terjadi. Penyakit dan wabah merajalela.

Keimanan seseorang tercemar kalau dia dapat menjaga kebersihan. Dengan kata lain orang yang tidak menjaga kebersihan, berarti keimanannya belum sempurna. Dari Aisyah RA, Rasulullah bersabda: “Islam itu agama yang bersih, maka hendaklah kamu menjadi orang yang bersih. Sesungguhnya tidak akan masuk surga, kecuali orang-orang yang bersih.” (HR Thabrani). Pelestarian

alam dan lingkungan tidak lepas dari peran manusia. Namun manusia merupakan agen pertama perusak lingkungan. Dan Tuhanmu tidak sekali-kali membinasakan negeri-negeri secara dzalim sedangkan penduduknya orang-orang yang berbuat kebaikan (QS Hud: 117).

Dalam Islam, kita dianjurkan untuk selalu menjaga kebersihan mulai dari menjaga kebersihan lingkungan, menjaga kebersihan diri, dan menjaga kebersihan hati. Dalam Islam, kebersihan adalah sebagian dari iman. Banyak orang yang tidak peduli akan pentingnya menjaga kebersihan. Salah satunya ialah dalam hal menjaga kebersihan lingkungan. Banyak orang yang membuang sampah di sungai, parit. Jika kita membuang sampah sembarangan, itu akan menyebabkan banjir. Hal ini dapat merugikan kita dan juga masyarakat sekitar kita yang terkena dampak banjir.

Dalam Al-Qur'an dijelaskan bahwa Allah Swt telah menyerukan kepada manusia tentang pentingnya kebersihan, sesuai dengan firman Allah Swt. yang tercantum dalam QS. Al-Baqarah [2]: 222 yang berbunyi:

الْمُتَطَهِّرِينَ وَ يُحِبُّ لَتَوَابِينَ اِيْحِبُّ اللّٰهَ اِنَّ

Artinya: "... *Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertaubat dan orang-orang yang mensucikan diri*" (QS. Al-Baqarah [2]: 222).

Pada ayat tersebut kita diingatkan untuk tetap bersih dan suci karena itu adalah sebagian dari iman. Dengan mensucikan diri berarti kita menunjukkan cinta dan pengabdian kepada Allah Swt.

Dalam Firman yang lain Allah Swt. menegaskan bahwa alam ditundukkan untuk kemaslahatan manusia, memerintahkan untuk berbuat baik dan melarang untuk berbuat kerusakan di bumi, yang berbunyi:

اتَرَوْا أَلَمْ أَنَّ اللَّهَ فِي مَا مَلَكَ سَخَّرَ نِعْمَهُ عَلَيْكُمْ وَأَسْبَغَ لَأَرْضِي فِي وَمَا السَّمَاوَاتِ ظَاهِرَةً

فِي يُجَادِلُ مِنَ النَّاسِ وَمَنْ وَبَاطِنَةً اللَّهُ مُنِيرٌ كِتَابٍ وَلَا يَهْدُ وَلَا عِلْمٍ بِغَيْرِ

Artinya: “*Tidakkah kamu perhatikan sesungguhnya Allah telah menundukkan untuk (kepentingan)mu apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi dan menyempurnakan untukmu nikmat-Nya lahir dan batin. Dan diantara manusia ada yang membantah tentang (keesaan) Allah tanpa ilmu pengetahuan atau petunjuk dan tanpa kitab yang memberi penerangan*” (QS. Luqman [31]: 20).

Firman Allah dalam QS Al-Isra' [17]: 7, yang berbunyi:

وَإِنْ لَأَنْفُسِكُمْ أَحْسَنْتُمْ أَحْسَنْتُمْ إِنْ أَسَأْتُمْ فَلَهَا

Artinya: “*Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri dan jika kamu berbuat jahat, maka (kejahatan) itu bagi dirimu sendiri...*” (QS. Al-Isra' [17]: 7).

Pada ayat tersebut dijelaskan bahwa apa yang kita lakukan akan berdampak terhadap diri kita sendiri. Misalnya menjaga kebersihan lingkungan dan membuang sampah ke tempat sampah. Maka lingkungan akan bersih dan bebas sampah. Dan jika kita tidak bisa menjaga kebersihan lingkungan dan membuang sampah sembarangan, maka lingkungan akan menjadi kotor dan tercemar. Jika kita membaung sampah sembarangan di sungai maka akan menyebabkan banjir. Hal ini dapat merugikan kita dan berdampak juga bagi orang di sekitar kita.

Ajaran Islam memerintahkan manusia untuk menjaga kebersihan, diantaranya adalah untuk menjaga kebersihan lingkungan hidup. Karena dampak dari rusaknya lingkungan hidup sangat berbahaya bagi ekosistem khususnya bagi kehidupan umat manusia. Sebagaimana Allah Swt. berfirman dalam QS. Ar-Rum [30]: 41.

Penjelasan tentang kata *Al-fasad* yang tertulis dalam Tafsir Al-Mishbah karya Muhammad Quraish Shihab yaitu, “beberapa ulama kontemporer memahaminya dalam arti kerusakan lingkungan, dan diantara penyebab serta akibatnya adalah, semakin banyak perusakan terhadap lingkungan, semakin besar pula dampak buruknya terhadap manusia. Bila terjadi gangguan keharmonisan dan keseimbangan itu, kerusakan terjadi dan ini kecil atau besar, pasti berdampak pada seluruh bagian alam, termasuk manusia, baik yang merusak maupun yang merestui kerusakan itu.” Secara lebih luas, *Al-fasad* adalah kemaksiatan dan kezaliman.

Menurut Tafsir Jalalayn (Telah tampak kerusakan di darat) disebabkan terhentinya hujan dan menipisnya tumbuh-tumbuhan (dan di laut) maksudnya di negeri-negeri yang banyak sungainya menjadi kering (disebabkan perbuatan tangan manusia) berupa perbuatan-perbuatan maksiat (supaya Allah merasakan kepada mereka) dapat dibaca *liyudziiqahum* dan *linudziiqahum*, kalau dibaca *linudziiqahum* artinya supaya kami merasakan kepada mereka (sebagian dari akibat perbuatan mereka) sebagai hukumannya (agar mereka kembali) supaya mereka bertaubat dari perbuatan-perbuatan maksiat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Bersadarkan hasil uji coba yang dilakukan penulis, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penelitian ini terbukti telah mampu mengoptimalkan rute pengangkutan sampah sehingga lebih efisien dan meminimalkan jarak sebesar 19 Km. Dan menghasilkan tiga rute alternatif. Rute pertama yaitu yang dilalui oleh truk pengangkut 1, truk berangkat dari TPA Supit Urang menuju Rumah PKD Blimbing (TPS 10) - TPS cakalang (TPS 2) - TPS Borobudur (TPS 1) - TPS Wonokoyo (TPS 11) - TPS Tapak Siring (TPS 13) lalu kembali ke TPA Supit Urang. Total sampah yang diangkut dari rute ini sebanyak 6.1 ton. Rute kedua yaitu yang dilalui oleh truk pengangkut 2, truk berangkat dari TPA Supit Urang menuju Tempat Pembuangan Sampah Unit Tlogomas (TPS 5) - Tempat Pembuangan Sampah Dinoyo (TPS 6) - TPS Doro - Karangbesuki (TPS 4) - TPS Lesanpuro (TPS 12) - TPS Yulius Usman (TPS 14) lalu kembali ke TPA Supit Urang. Total sampah yang diangkut dari rute ini sebanyak 6.5 ton. Rute ketiga yaitu yang dilalui oleh truk pengangkut 3, truk berangkat dari TPA Supit Urang menuju Tempat Pembuangan Sampah Manyar (TPS 3) - Bank Sampah Malang (TPS 7) - Smart Garbage Can (TPS 9) - Unit Bank Sampah Malang "Palem Putri" (TPS 8) lalu kembali ke TPA Supit Urang. Total sampah yang diangkut dari rute ini sebanyak 4,7 ton. Dan Dari rute yang dibuat ini, berhasil meminimalkan jarak sebesar 19 Km.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan penelitian yang lebih lanjut, maka dibutuhkan beberapa perbaikan untuk menghasilkan penelitian yang lebih baik sebagai berikut:

1. Diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan lagi, tidak hanya implementasi metode *saving heuristic* berbasis web saja, akan tetapi juga dikembangkan dalam bentuk aplikasi *mobile*.
2. Pada penelitian kali ini, perhitungan matriks jarak masih dilakukan secara manual menggunakan *google maps* sehingga memerlukan waktu yang lama, untuk itu perlu diadakan penelitian lebih lanjut yang lebih efektif agar masalah dapat terpecahkan.
3. Perlu diadakan penelitian lanjutan untuk melihat hasil dari metode *saving heuristic* ini sehingga dapat menyelesaikan permasalahan kelemahannya, seperti kendala jalanan macet pada saat proses pengangkutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, W. (2011). Evaluasi Sistem Pengangkutan Sampah Di Kota Malang.
- Ahmad Aliyuddin, P. S. (2017). Model Vehicle Routing Problem (VRP) Dalam Mengoptimalkan Rute Distribusi Air Minum PT. SMU.
- Anton, B. (2014). Studi Pengolahan Sampah Organik Dengan Metode Refuse Derived Fuel (RDF). *Universitas Gadjah Mada* , 1.
- Christian, S. J. (2011). Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Kota Makassar Dengan Metode Penyelesaian VRP. *Universitas Hasanuddin Makassar* .
- Eddy, P. (2002). Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis.
- Erawati, H. R. (2016). Minimalisasi Biaya Distribusi Kayu Dengan Metode Clarke And Wright Saving Heuristik.
- Hadijah, F. R. (2013). Analisis Rute Jalan Pengangkutan Sampah Di Kota Makassar. *Universitas Hasanuddin* .
- Perwitasari, E. W. (2013). Penentuan Rute Pengambilan Sampah Di Kota Merauke Dengan Metode Saving Heuristik.
- Prayogo, D., Gosno, R. A., Evander, R., & Limano, S. (2017). Implementasi Metode Metaheuristik Symbiotic Organism Search dalam Penentuan Tata Letak Fasilitas Proyek Konstruksi Berdasarkan Jarak Tempuh Pekerja. *Jurnal Teknik Industri* .
- Setiady, R. R. (2016). Perancangan Dan Implementasi Metode Heuristic Untuk Vehicle Routing Pada Pengangkutan Sampah. *e-Proceeding of Engineering* , 3.
- Suprayogi, F. L. (2009). Penentuan Rute Truk Pengumpulan Dan Pengangkutan Sampah Di Bandung. *Jurnal Teknik Industri* .
- Tuasamu, A. R. (2017). Rancang Bangun Aplikasi Optimasi Muatan dan Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Clarke-Wright Saving Heuristic pada

PT. Indoberka Investama. *Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya*, 12-16.

Wicaksono, R. (2018). KEBERSIHAN LINGKUNGAN HIDUP DALAM SUDUT PANDANG PENDIDIKAN ISLAM. 31.

Yulia, H. (2016). Perbandingan Sistem Pengelolaan Sampah Di Indonesia Dan Korea Selatan: Kajian 5 Aspek Pengelolaan Sampah.

OCTORA, L., IMRAN, A., & SUSANTY, S. (2014). Pembentukan Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings dan Algoritma Sequential Insertion. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 2.

Pius, N., A., R., & D.B., P. (2016). USULAN PENENTUAN RUTE DALAM PENDISTRIBUSIAN BBM BERSUBSIDI (PREMIUM) PADA PT. PERTAMINA TBBM WAYAME AMBON KE SPBU DI PULAU AMBON DENGAN PENDEKATAN Vehicle Routing Problem. *ARIKA*, 4.

Pratama, R., & Ihsan, I. (2017). Peluang Penguatan Bank Sampah untuk Mengurangi Timbulan Sampah Perkotaan Studi Kasus: Bank Sampah Malang. *Jurnal Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*, 113.