

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori yang akan digunakan pada bab selanjutnya. Materi yang dibahas meliputi sampah, pengelolaan sampah di Kota Balikpapan, *Linear Programming*, *Vehicle Routing Problem* (VRP), dan algoritma *Nearest Neighbour* (NN).

2.1 Sampah

Definisi sampah menurut Badan Standardisasi Nasional adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 menjelaskan bahwa sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Pertambahan jumlah sampah disebabkan oleh beberapa hal yaitu,

1. Pertambahan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat menimbulkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam;
2. Pengelolaan sampah selama ini belum sesuai dengan metode dan teknik pengelolaan sampah yang berwawasan lingkungan sehingga menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan;
3. Sampah telah menjadi permasalahan nasional sehingga pengelolaannya perlu dilakukan secara komprehensif dan terpadu dari hulu ke hilir agar memberikan manfaat secara ekonomi, sehat bagi masyarakat, dan aman bagi lingkungan, serta dapat mengubah perilaku masyarakat;
4. Pengelolaan sampah memerlukan kepastian hukum, kejelasan tanggung jawab dan kewenangan pemerintah, pemerintah daerah, serta peran masyarakat dan dunia usaha sehingga pengelolaan sampah dapat berjalan secara proporsional, efektif, dan efisien.

Jenis sampah yang dikelola dalam UU No 18 Tahun 2008 yaitu pertama, Sampah Rumah Tangga (SRT) yaitu sampah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik. Jenis kedua adalah Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga (SSSRT) yaitu sampah yang berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan/atau fasilitas lainnya. Sedangkan jenis yang ketiga adalah sampah spesifik. Sampah jenis ini merupakan sampah yang mengandung Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dan limbahnya, sampah yang timbul akibat bencana, puing bongkaran bangunan, sampah yang secara teknologi belum dapat diolah, dan/atau sampah yang timbul secara tidak periodik.

Menurut Badan Standardisasi Nasional (2002), teknik operasional sampah terdiri dari kegiatan pewadahan sampai dengan pembuangan akhir. Pola pewadahan yaitu pewadahan sampah dilakukan sesuai dengan jenis sampah terpilah. Jenis sampah yang dimaksud adalah sampah organik, sampah anorganik, dan sampah bahan berbahaya beracun rumah tangga. Setelah dilakukan pewadahan sampah, selanjutnya adalah pengumpulan yang terdiri dari pola individual langsung, pola individual tidak langsung, pola komunal langsung, pola komunal tidak langsung, dan pola penyapuan jalan. Sampah yang telah dikumpulkan kemudian dipindahkan dengan tiga cara pemindahan yaitu pemindahan secara manual, mekanis, dan pemindahan secara gabungan (manual dan mekanis). Selanjutnya dilakukan pengangkutan sampah. Terdapat beberapa jenis pola pengangkutan sampah antara lain:

- a. Pola pengangkutan sampah dengan sistem individual langsung (*door to door*). Pada pola ini truk sampah langsung menuju sumber sampah pertama untuk mengambil sampah, kemudian mengambil sampah pada titik-titik berikutnya sampai truk penuh sesuai kapasitasnya. Selanjutnya sampah tersebut diangkut menuju TPA sampah. Setelah dikosongkan pada TPA, truk menuju sumber sampah berikutnya sampai perjalanan yang telah ditetapkan dipenuhi.
- b. Pola pengangkutan sampah melalui sistem pemindahan di transfer depo tipe I dan II. Kendaraan pengangkut sampah yang keluar dari *pool* langsung menuju lokasi pemindahan di transfer depo untuk mengangkut sampah ke TPA. Setelah

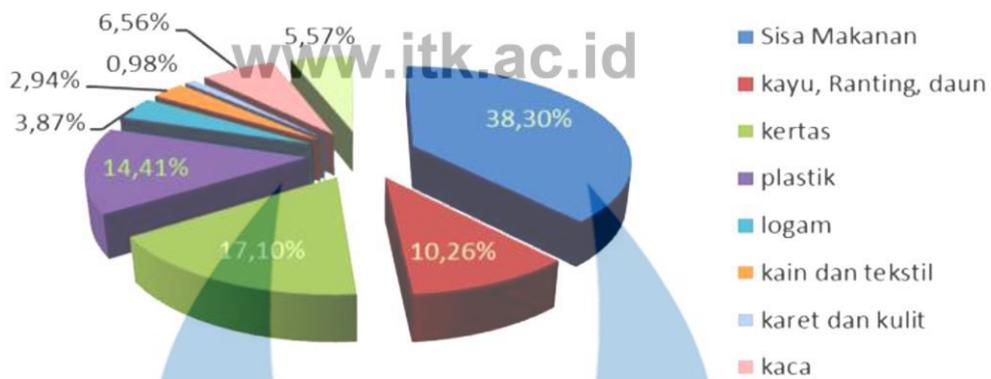
dari TPA kendaraan tersebut kembali ke transfer depo untuk pengambilan pada rit (perjalanan bolak-balik dalam satu trayek) berikutnya.

- c. Jenis pola pengangkutan lainnya adalah pola pengangkutan sampah dengan sistem kontainer tetap, biasanya untuk kontainer kecil. Alat angkut yang digunakan berupa truk pemadat, *Dump Truck* atau truk biasa. Pada sistem kontainer tetap ini kendaraan pengangkut yang berasal dari *pool* menuju kontainer pertama, kemudian sampah dituangkan ke dalam truk kompaktor dan selanjutnya kontainer kosong diletakkan kembali. Kendaraan menuju kontainer berikutnya sehingga truk penuh, untuk kemudian langsung ke TPA, hal ini dilakukan seterusnya sampai dengan rit terakhir.

Setelah dilakukan pengangkutan sampah, kemudian dilakukan pengolahan dan pembuangan akhir. Pengolahan yang dilakukan dapat berupa pengomposan, insenerasi yang berwawasan lingkungan, daur ulang, pengurangan volume sampah dengan pencacahan atau pemadatan, dan biogasifikasi (pemanfaatan energi hasil pengolahan sampah). Pembuangan akhir sampah Kota dapat dilakukan dengan beberapa cara, pertama penimbunan terkendali termasuk pengolahan lindi (cairan yang dihasilkan dari pemaparan air hujan pada timbunan sampah) dan gas. Kedua, lahan urug saniter termasuk pengolahan lindi dan gas dan ketiga, metode penimbunan sampah untuk daerah pasang surut dengan sistem kolam.

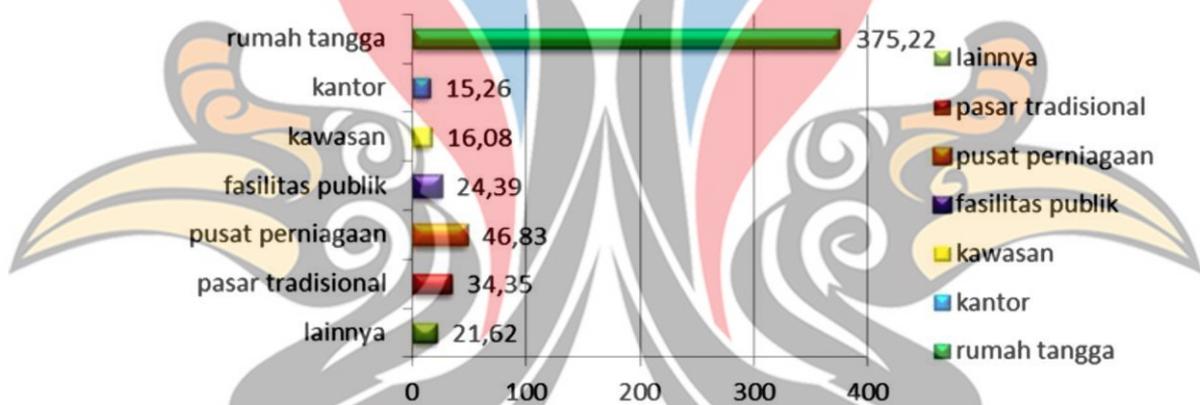
2.2 Pengelolaan Sampah di Kota Balikpapan

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, dalam pengelolaan persampahan, Kota Balikpapan memiliki konsep *Zero Waste to Land Fill* yaitu pengelolaan sampah berbasis 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*). Hal ini sesuai dengan arah Kebijakan dan Strategi Daerah (Jakstrada) dalam pengelolaan SRT dan SSRT. Peningkatan jumlah penduduk merupakan salah satu penyebab bertambahnya jumlah timbulan sampah. Potensi timbulan sampah terbesar menurut Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan adalah sisa makanan sebanyak 375,22 ton/hari atau 38,30%, diikuti sampah kertas sebanyak 17,10%, dan sampah plastik sebanyak 14,41%. Berdasarkan review master plan persampahan dan penyusunan Site Plan TPA Sampah Manggar Tahun 2017, komposisi timbulan sampah Kota Balikpapan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komposisi Timbulan Sampah Kota Balikpapan (*DLH Kota Balikpapan, 2018*)

Sumber sampah Kota Balikpapan dalam survei yang dilakukan oleh JICA pada tahun 2014 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Sumber Sampah Kota Balikpapan (*DLH Kota Balikpapan, 2018*)

Teknik operasional dalam melakukan pengelolaan sampah perkotaan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-2454-2002 yaitu pewardahan sampah, pengumpulan sampah, pemindahan sampah, pengangkutan sampah, pengolahan dan pembuangan akhir sampah. Proses pengangkutan sampah masih mengandung permasalahan yaitu dalam hal transportasi sampah. Menurut Komala dkk, (2012) sistem transportasi sampah yang umum digunakan adalah wadah angkut dan wadah tetap. Sistem wadah tetap merupakan sistem pengangkutan sistem yang ditujukan untuk melayani daerah pemukiman dan selanjutnya digunakan di Kota Balikpapan. Sistem ini adalah sistem pengumpulan dengan wadah pengumpulan sampah tidak mengalami perpindahan (tetap). Pengolahan sampah dapat berupa pengomposan,

sedangkan pembuangan akhir sampah dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah penimbunan terkendali termasuk pengolahan lindi dan gas.

2.3 Pemrograman Linier

Pemrograman linier merupakan aplikasi dari matematika yang dikembangkan oleh George B. Dantzig pada tahun 1947. Kata “linier” berarti bahwa semua fungsi persamaan atau pertidaksamaan matematis yang disajikan dalam permasalahan haruslah bersifat linier. Sedangkan kata “program” adalah sinonim dari model perencanaan. Definisi sederhana dari program linier adalah suatu cara atau teknik aplikasi matematika untuk menyelesaikan persoalan pengalokasian sumber-sumber terbatas di antara beberapa aktivitas yang bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan biaya yang dibatasi oleh batasan-batasan tertentu, atau dikenal juga dengan teknik optimalisasi (Rafflesia dan Widodo, 2014).

Rafflesia dan Widodo (2014) menjelaskan bahwa beberapa unsur yang biasa digunakan dalam penyusunan program linier yaitu perumusan variabel keputusan, fungsi tujuan, fungsi kendala/pembatas, dan batasan variabel. Unsur program linier tersebut dijelaskan sebagai berikut.

- a. Variabel keputusan adalah variabel yang dapat menentukan keputusan yang akan dibuat dalam pencapaian solusi optimal. Diperlukan pemahaman yang baik dalam penyusunan variabel keputusan agar keputusan yang diambil tidak salah dan solusi yang dicapai akan optimal.
- b. Fungsi tujuan merupakan fungsi yang menggambarkan tujuan atau sasaran dalam permasalahan program linier yang berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya secara optimal dan penggunaan biaya minimum.
- c. Fungsi kendala atau pembatas merupakan bentuk rumusan terhadap kendala yang dihadapi dalam mencapai tujuan. Kendala tersebut biasanya terkait keterbatasan sumber daya yang dimiliki di dalam mencapai tujuan yang telah dirumuskan.
- d. Batasan variabel menggambarkan tentang wilayah variabel jumlah sumber daya yang tersedia untuk persoalan ini tidak boleh bernilai negatif. Seperti $x_{ij} \geq 0$; untuk $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$.

Menurut Bangun dan Yadrifil (2014) dalam pengerjaan pemrograman linier setelah masalah diidentifikasi dan tujuan ditetapkan, langkah selanjutnya adalah formulasi model matematika yang meliputi tiga tahap, yaitu

1. Menentukan variabel yang tidak diketahui (variabel keputusan) dan menyatakan dalam simbol matematika.
2. Membentuk fungsi tujuan yang ditunjukkan sebagai suatu hubungan linier (bukan perkalian) dari variabel keputusan.
3. Menentukan semua kendala masalah tersebut dan mengekspresikan dalam persamaan dan pertidaksamaan yang juga merupakan hubungan linier dari variabel keputusan yang mencerminkan keterbatasan sumberdaya masalah itu.

Bentuk umum program linier menurut Syahputra (2015) secara umum dapat diucapkan sebagai berikut: diberikan m persamaan atau m pertidaksamaan linier dengan r variabel, akan ditentukan nilai tak negatif dari variabel-variabel ini yang memenuhi kendala dan memaksimalkan atau meminimumkan fungsi linier variabel-variabel itu.

Secara matematik dapat ditulis,

Maksimumkan/minimumkan fungsi linier:

$$z = c_1x_1 + \dots + c_rx_r, \quad (2.1)$$

dengan kendala:

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ir}x_r \{ \leq, =, \geq \} b_i, \quad (2.2)$$

$$x_j \geq 0, \quad (2.3)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, r; m$ dan r adalah bilangan bulat; a_{ij}, b_i, c_j adalah konstanta yang diketahui, dalam setiap kendala tanda $\leq, =, \text{ atau } \geq$ hanya dipakai satu saja. Tetapi tanda kendala yang satu dengan kendala yang lain dapat berbeda. Persamaan (2.1) disebut fungsi tujuan atau fungsi objektif, persamaan (2.2) disebut kendala utama, sedangkan persamaan (2.3) disebut kendala pembatas.

Bentuk umum program linier diatas dapat diuraikan sebagai berikut:

Maksimumkan atau minimumkan fungsi linier

$$z = c_1x_1 + \dots + c_rx_r,$$

3. *Multiple Depot VRP* (MDVRP), yaitu distributor memiliki banyak depot untuk menyuplai pelanggan.
4. *VRP with Pick-Up and Delivering* (VRPPD), yaitu pelanggan mungkin mengembalikan barang pada depot asal.
5. *Split Delivery VRP* (SDVRP), yaitu pelanggan dilayani dengan kendaraan berbeda.
6. *Stochastic VRP* (SVRP), yaitu munculnya '*random values*' (seperti jumlah pelanggan, jumlah permintaan, waktu pelayanan atau waktu perjalanan).
7. *Periodic VRP*, yaitu pengantar hanya dilakukan di hari tertentu.

Menurut Prasetyo dan Tamyiz (2017) permasalahan VRP dapat dibedakan menjadi dua, yaitu permasalahan statis dan dinamis. Pada permasalahan statis, permintaan pelanggan telah diketahui sebelumnya, sedangkan pada permasalahan dinamis, sebagian atau seluruh permintaan pelanggan diketahui ketika kendaraan pengangkut sudah mulai beroperasi, yaitu ketika rute telah diatur atau terdapat perubahan di tengah jalan. Menurut Toth dan Vigo (2002) beberapa tujuan VRP adalah:

- Minimalisasi biaya transportasi, yang bergantung pada jarak tempuh atau waktu tempuh.
- Minimalisasi jumlah kendaraan yang digunakan untuk melayani pelanggan.
- Menyeimbangkan rute untuk waktu perjalanan dan beban kendaraan
- Minimalisasi penalti terkait pelayanan pada pelanggan.

Secara matematis VRP dapat dinyatakan sebagai suatu graf $G = (V, A)$ yang merupakan graf lengkap, dimana $V = \{0, \dots, n\}$ adalah himpunan *vertex* dan A adalah himpunan *arc* (jalur). Titik $i = 1, \dots, n$ adalah titik dari setiap pelanggan, sedangkan titik 0 adalah depot. Biaya non negatif, c_{ij} , diasosiasikan dengan setiap *arc* $(i, j) \in A$ merepresentasikan biaya perjalanan dari titik i ke titik j . Model ini adalah sebuah model dengan dua indeks yang menggunakan $O(n^2)$ variabel biner (bernilai 0 atau 1), yaitu variabel x yang mengindikasikan adanya perjalanan sebuah kendaraan pada *arc* di solusi optimal atau jalur dilalui, dengan kata lain variabel x_{ij} memiliki nilai 1 jika $arc(i, j) \in A$ dan $x_{ij} = 0$ jika jalur tidak dilalui.

Formulasi model VRP ditunjukkan sebagai berikut:

$$\min \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij} \quad (2.5)$$

dengan kendala :

$$\sum_{i \in V} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\}, \quad (2.6)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}, \quad (2.7)$$

$$\sum_{i \in V} x_{i0} = K, \quad (2.8)$$

$$\sum_{j \in V} x_{0j} = K, \quad (2.9)$$

$$\sum_{i \notin S} \sum_{j \in S} x_{ij} \geq r(S) \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, S \neq \emptyset, \quad (2.10)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in V, \quad (2.11)$$

Persamaan (2.6) dan (2.7) menandakan bahwa tepat satu kendaraan masuk dan meninggalkan titik yang berasosiasi dengan pelanggan. Kendala (2.8) dan (2.9) menandakan bahwa rute diawali dan di akhiri di depot. Persamaan (2.10) menunjukkan batasan kapasitas atau kendala pengurangan kapasitas.

2.5 Nearest Neighbour (NN)

Metode *Nearest Neighbour* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1983 dan merupakan metode yang sangat sederhana (Prasetyo & Tamyiz, 2017). Cara kerja metode ini menurut Amri seperti dikutip pada Gunawan (2012) adalah sebagai berikut, pertama-tama semua rute kendaraan masih kosong. Rute dalam hal ini menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah jarak yang harus ditempuh atau dilalui untuk melakukan suatu tur atau perjalanan. Tur adalah perjalanan untuk melakukan rute. Selanjutnya dimulai dari rute kendaraan pertama, metode ini memasukkan (*insert*) satu persatu *customer* terdekat yang belum pernah dikunjungi ke dalam rute. *Insert customer* dilakukan selama tidak melanggar batas kapasitas maksimum. Proses yang sama juga dilakukan untuk kendaraan-kendaraan

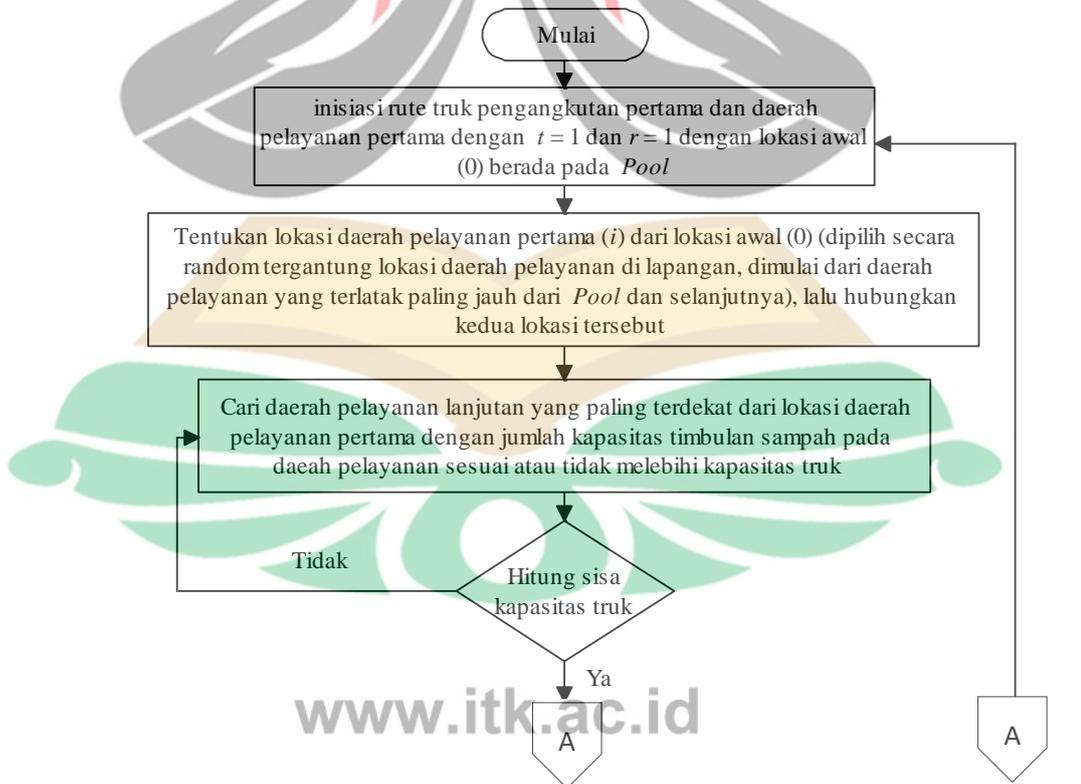
berikutnya, sampai semua kendaraan telah penuh atau semua *customer* telah dikunjungi.

www.itk.ac.id

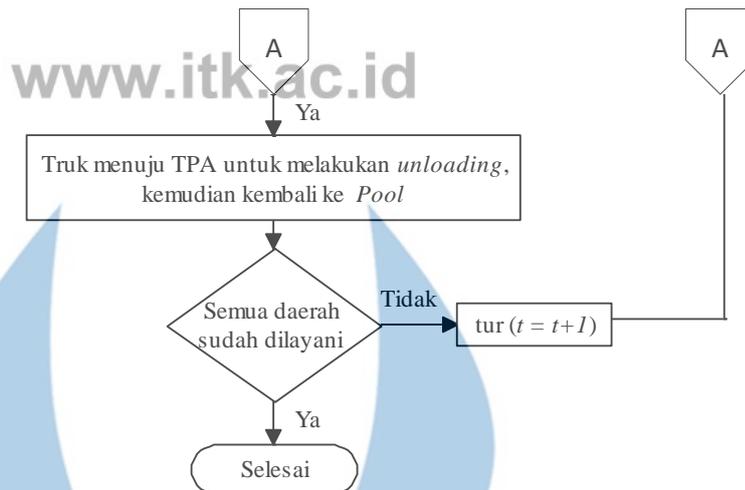
Langkah langkah algoritma *Nearest Neighbour* dalam Pop dkk, (2011) adalah sebagai berikut:

1. Proses diawali dari gudang, kemudian dilanjutkan dengan mencari lokasi pelanggan yang belum pernah dikunjungi dengan jarak terpendek dari gudang.
2. Tahapan selanjutnya adalah ke lokasi lain dengan jarak terdekat dari lokasi yang terpilih sebelumnya dan jumlah kapasitas pengiriman tidak melebihi kapasitas kendaraan. Apabila ada lokasi yang terpilih sebagai lokasi berikutnya dan terdapat sisa kapasitas pada kendaraan proses kembali ke langkah (2). Jika kendaraan tidak memiliki sisa atau jika tidak ada lokasi yang terpilih karena jumlah pengiriman melebihi kapasitas kendaraan, maka proses kembali ke langkah (1). Proses dimulai kembali dari gudang dan mengunjungi pelanggan yang belum memiliki jarak terdekat.
3. Jika semua pelanggan telah dikunjungi tepat satu kali, maka proses algoritma berakhir.

Bagan alir algoritma *Nearest Neighbour* pada Mardiani dkk, (2013) ditunjukkan sebagai berikut,



www.itk.ac.id



Gambar 2.3 Bagan Alir Algoritma *Nearest Neighbour* (Mardiani dkk, 2013)

2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Mardiani dkk, 2013	<p>Metode : <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP) dengan menggunakan Algoritma <i>Nearest Neighbour</i></p> <p>Hasil : Jumlah rute sistem pengangkutan <i>Stationary Container</i> di Kota Padang pada waktu operasional pagi 1 rit adalah 14 rute. Hasil analisis rute rencana truk pengangkutan sampah untuk 1 rit dengan menggunakan algoritma <i>Nearest Neighbour</i> terdiri dari Rute Rencana 1 dan Rute Rencana 2. Hasil efisiensi dengan menggunakan Algoritma <i>Nearest Neighbour</i> didapatkan bahwa rute Rencana 2 memberikan solusi yang paling efisien dari segi jarak, biaya, dan waktu dimana pengurangan yang terjadi rute eksisting untuk jarak adalah 57,352 km/hari, biaya adalah Rp. 45.355.837,-/tahun dan waktu adalah 2,33 jam/hari.</p>
2	Lubis dkk, 2016	<p>Metode : <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP) dengan menggunakan Algoritma <i>Nearest Neighbour</i></p> <p>Hasil : Penelitian dilakukan di wilayah Bandung Timur yang memiliki 38 TPS dan tersebar di kecamatan di Kota</p>

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
3	Susanti, 2018	<p>Bandung. Diperoleh bahwa untuk mempercepat proses pengangkutan sampah dari TPS ke TPA, perlu dilakukan optimasi rute angkutan sampah untuk mendapatkan rangkaian kunjungan TPS, dan rute tercepat yang akan diikuti oleh truk pengangkut dalam setiap operasi. Setelah dilakukan pemeriksaan dan verifikasi jaringan hipotetik ditemukan bahwa kinerja algoritma <i>Nearest Neighbour</i> cukup stabil dalam mencari solusi. Optimasi pengangkutan sampah yang dilakukan juga dapat meningkatkan volume angkut sampah setiap harinya sehingga menyisakan timbulan sampah minimum di semua TPS.</p> <p>Metode : <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP) dengan menggunakan Algoritma <i>Nearest Neighbour</i></p> <p>Hasil : Penelitian dilakukan di wilayah Kota Padang lebih khusus di Kecamatan Padang Selatan. Penyelesaian VRP dengan <i>visual basic.net</i> untuk optimasi dapat digunakan untuk penentuan rute terpendek, sehingga dapat meminimalkan biaya operasional pengangkutan sampah di Kota Padang khususnya Kecamatan Padang Selatan.</p>

