

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendistribusian

Pendistribusian berasal dari kata distribusi yaitu suatu proses atau kegiatan memindahkan barang atau jasa dari pihak produsen kepada pelanggan. Distribusi disebut sebagai place (penempatan), artinya suatu kegiatan pengiriman ataupun penempatan barang dari produsen terhadap pelanggan (Windya, Saptadi, 2019). Distributor adalah sebuah subjek atau orang yang berperan menjadi perantara untuk menyalurkan produk dari depot ke agen atau pengecer. Sedangkan saluran distribusi adalah organisasi atau lembaga yang menyalurkan barang atau jasa dari produsen sampai ke konsumen. Dalam melakukan pendistribusian, perusahaan pasti mengalami kendala internal maupun eksternal. Kendala internal yaitu kendala yang terjadi dari dalam perusahaan, yaitu berupa kebijakan yang diambil perusahaan dalam pendistribusian ataupun pelayanan. Kendala eksternal yaitu kendala yang terjadi dari luar perusahaan, yaitu berupa tempat yang dituju mengalami perubahan permintaan atau mengalami kerusakan jalan yang menyulitkan distributor untuk menyalurkan barang (Yulianingrum, 2019).

Distribusi bertujuan untuk menyampaikan hasil produksi ke tangan konsumen dengan baik dan tetap memperhatikan sarana yang tersedia di masyarakat untuk mendukung kegiatan produksi dan konsumsi. Fungsi distribusi dijalankan oleh suatu badan usaha maupun perorangan dimulai dari pengumpulan barang dengan membeli dari produsen dan kemudian di salurkan ke konsumen. Pendistribusian barang ke konsumen sudah pasti tidak luput dengan biaya pendistribusiannya. Secara luas, biaya distribusi dapat diartikan sebagai biaya yang berhubungan dengan segala kegiatan pendistribusian, mulai dari saat barang-barang di produksi sampai barang tersebut tiba ke tangan konsumen atau pelanggan dan merupakan biaya pemasaran atau penjualan. Biaya distribusi memiliki klasifikasi di antaranya yaitu biaya langsung penjualan, biaya periklanan dan promosi penjualan, biaya transportasi, biaya pergudangan dan penyimpanan dan biaya distribusi umum (Muhammad dkk, 2017).

2.1.1 Rute Perjalanan

Rute perjalanan merupakan suatu jarak yang akan ditempuh oleh kendaraan dalam perjalanan dari satu tempat ke tempat lainnya dengan batas waktu tertentu. Masalah penentuan rute merupakan masalah operasional dalam transportasi. Kepala perusahaan harus menentukan urutan konsumen yang harus dikunjungi terlebih dahulu dan memilih jenis kendaraan yang tepat untuk mengirimkan produk ke seluruh konsumen. Muatan atau kapasitas kendaraan juga harus diperhatikan agar pengiriman barang sesuai jadwal waktu yang ditentukan (Ilham, 2021). Dalam suatu perjalanan terdapat beberapa rute yang bisa dipilih pengemudi untuk menghasilkan rute tercepat.

Dalam merencanakan rute perjalanan distribusi, banyak hal yang harus diperhatikan secara detail terhadap semua pilihan rute yang dapat meminimumkan waktu perjalanan dan jarak terpendek dengan kualitas pelayanan yang baik. Selain itu perlu diperhatikan faktor kondisi jalan, daya angkut kendaraan, jumlah kendaraan yang mengoperasikan barang, rambu-rambu lalu lintas, pengalaman kerja, dan informasi mengenai pengetahuan lokasi. Penentuan rute perjalanan dalam distribusi secara umum perlu memperhatikan beberapa faktor sebagai berikut yaitu keseluruhan jarak pendistribusian, keadaan lalu lintas, operator cadangan yang diperlukan kendaraan, daerah pendistribusian, batas kecepatan kendaraan, jarak lokasi pendistribusian dari depot ke konsumen, kapasitas kendaraan, dan juga waktu pendistribusian ke konsumen.

2.2 Graf

2.2.1 Teori Graf (Graph)

Teori Graph adalah suatu cabang ilmu matematika yang mempresentasikan objek diskrit serta hubungan antara objek tersebut. Objek tersebut direpresentasikan sebagai sebuah titik (vertex), dan hubungan antara objek tersebut direpresentasikan sebagai sisi. Teori Graf mempunyai banyak kegunaan untuk memodelkan masalah sistematis, seperti pada ilmu komputer, bioinformatika, desain transportasi, ikatan kimia, aliran fluida, dan banyak kegunaan lainnya. Dalam ilmu komputer, graf dapat untuk

mempresentasikan jaringan komunikasi, pengorganisasian data, dan masalah komputasi (Ramadhani, 2019). Contoh kegunaan graf dalam ilmu komputer yaitu dalam struktur jaringan pada sebuah website dapat di representasikan sebagai graf berarah, *web pages* sebagai *vertex*, dan link yang menghubungkan antara satu *web pages* ke *web pages* lainnya direpresentasikan sebagai *edge*. Dalam desain transportasi, Teori Graf juga mempunyai banyak kegunaan, seperti penentuan jalur tercepat dalam pendistribusian barang untuk meminimumkan biaya distribusi.

Konsep teori graf diperkenalkan oleh Leonhard Euler pada tahun 1736 ketika sedang menyelesaikan permasalahan jembatan Königsberg di Rusia. Terdapat tujuh buah jembatan diatas sungai Pregal yang menghubungkan empat daerah. Permasalahan jembatan Königsberg ini yaitu dapatkah seseorang melewati tujuh Jembatan tersebut dalam sekali perjalanan tanpa melewati jembatan yang sama dan kembali ke daerah semula. Euler menyederhanakan permasalahan tersebut dengan mempresentasikan daerah sebagai titik (*vertex*) dan jembatan sebagai sisi (*edge*). Kemudian Euler berhasil memperlihatkan bahwa seseorang tidak dapat menyebrangi semua jembatan tepat satu kali perjalanan dan balik ke daerah semula. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa jembatan Königsberg bukanlah lintasan Euler.

Graf (graph) didefinisikan sebagai suatu himpunan terurut yang dinotasikan sebagai $G = (V(G), E(G))$. $(V(G) = \{V_1, V_2, \dots, V_n\})$ dari G dengan $(V(G) \neq \emptyset)$, maka V dapat dinyatakan sebagai himpunan berhingga tak kosong yang elemennya disebut sebagai titik (*vertex*).

$E(G)$ menyatakan himpunan sisi (*edge*) yaitu $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ sebagai pasangan tak terurut dari $(V(G))$. Banyaknya himpunan titik $(V(G))$ disebut orde dari graf G . Jika u dan v dihubungkan oleh sisi e maka u dan v dinyatakan bertetangga (*adjacent*), sedangkan titik v dan w dikatakan menempel (*incident*) dengan sisi e , demikian juga sebaliknya sisi e dikatakan menempel dengan titik v dan w . Himpunan tetangga (*neighborhood*) dari suatu titik v , dinotasikan

dengan $N(v)$ adalah himpunan titik-titik yang bertetangga dengan v (Asmiati, 2016).

2.2.2 Graf Sebagai Rute

Graf dapat dikatakan berhubungan dengan rute karena dalam mencari rute terpendek digambarkan melalui graf. Graf dapat digunakan sebagai model dari suatu sistem, diantaranya yaitu model rute perjalanan. Rute perjalanan Pencarian rute efektif yaitu mencari rute untuk mengunjungi beberapa tempat tujuan dan kembali lagi ke titik awal. Graf merupakan solusi terbaik dalam menentukan rute dikarenakan pengerjaannya yang mudah dan terdapat pengembangan di dalamnya.

Faktor pengembangan ini disebabkan dari dampak kemajuan teknologi komputer dan penggunaannya di berbagai masalah seperti masalah optimasi, penjadwalan, dan pencarian rute terdekat. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, penelitian menggunakan graf dapat dibantu dengan berbagai metode sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan untuk penelitian. Untuk mempresentasikan sebuah graf dibutuhkan titik (*vertex*) dan sisi (*edge*). Graf dipresentasikan dari data yaitu titik lokasi depot sebagai *vertex* dalam graf dan jalur atau rute sebagai *edge* yang menghubungkan antar *vertex*.

2.2.3 Graf Sebagai Rute Pendistribusian

Dalam perkembangan teknologi saat ini, perusahaan membutuhkan sebuah alternatif untuk mengirimkan produk ke tempat tujuan dengan waktu dan biaya distribusi yang minimal produk tetap dalam kondisi yang baik. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan graf untuk membantu mencari rute terbaik dalam pendistribusian. Graf memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan sehari-hari seperti menentukan penggunaan jalur lalu lintas agar terhindar dari macet dan juga dapat menentukan jarak terpendek dalam perjalanan.

Graf sebagai rute pendistribusian berguna untuk pemilihan rute terbaik dalam menentukan jalur alternatif dan efisien untuk menghemat waktu maupun biaya pendistribusian. Rute pendistribusian dapat di modelkan dengan

graf sesuai rute perjalanan yang ada. Jika rute yang terbentuk digambarkan, maka akan membentuk suatu graf yang berupa sirkuit euler dimana prinsip setiap garis hanya dapat dilalui satu kali untuk setiap kendaraan.

Definisi 1 sirkuit euler :

Misalkan G merupakan suatu graf, maka sirkuit euler G adalah sirkuit yang setiap titik dalam G muncul paling sedikit sekali dan setiap garis dalam G muncul tepat satu kali (Siang, 2009).

Teorema 1 sirkuit euler:

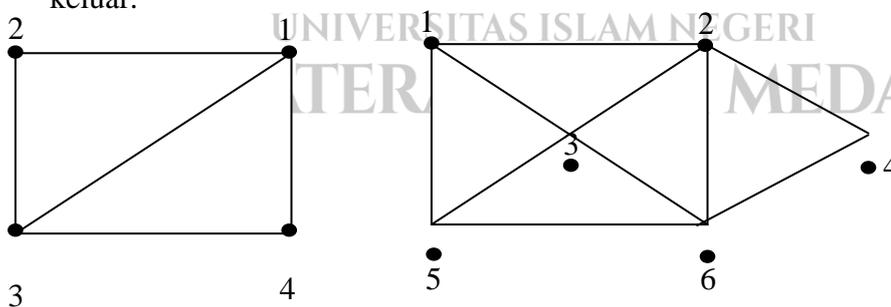
Misalkan G merupakan suatu graf terhubung, maka G adalah sirkuit euler apabila semua titik dalam G memiliki derajat genap. Apabilaterdapat titik dalam G yang berderajat ganjil, maka G bukanlah sirkuit euler(Munir, 2010).

Teorema 2 sirkuit euler:

Graf tak berarah G adalah graf semi euler (memiliki lintasan euler) jika dan hanya jika di dalam graf tersebut terdapat dua simpul berderajat ganjil.

Teorema 3 sirkuit euler:

Graf terhubung berarah G memiliki sirkuit euler jika dan hanya jika G terhubung dan setiap simpul memiliki derajat masuk dan derajat keluar yang sama. G memiliki lintasan euler jika dan hanya jika G terhubung dan setiap simpul memiliki derajat masuk dan derajat keluar yang sama kecuali dua simpul yang pertama memiliki derajat keluar satu lebih besar dari derajat masuk, dan yang kedua memiliki derajat masuk satu lebih besar dari derajat keluar.



Gambar 2.1 Contoh grafeuler dan lintasan euler

Graf (a) adalah lintasan Euler : 3, 1, 2, 4, 1.

Graf (b) adalah lintasan Euler : 1, 2, 4, 6, 2, 3, 6, 5, 1, 3, 5.

Graf terhubung mempunyai satu komponen dan graf tidak terhubung mempunyai lebih dari satu komponen (Munir, 2010).

1. Jalan (*Walk*)

Sebuah perjalanan dengan panjang k pada sebuah graf G adalah rangkaian terurut dari k rusuk pada graf G dengan bentuk uv, vw, wx, \dots, yz ; atau dengan kata lain walk antara u sampai z .

2. Jejak (*trail*)

Jejak adalah *walk* dengan semua rusuk dalam barisan adalah berbeda

3. Lintasan (*path*)

Path adalah lintasan yang melalui sisi (*edge*) dan titik (*vertex*) dalam graf.

4. Cycle

Cycle adalah lintasan yang dimulai dan berakhir pada titik (*vertex*) yang sama. *Cycle* juga biasa disebut dengan circuit.

5. Lintasan Hamilton (*hamilton path*)

Lintasan hamilton adalah lintasan yang melalui setiap titik (*vertex*) tepat satu kali.

6. Sirkuit Hamilton

Sirkuit hamilton adalah sirkuit yang melalui tiap simpul di dalam graf tepat satu kali, kecuali simpul asal (simpul akhir) yang dilalui dua kali.

2.3 VRP

2.3.1 VRP (*Vehicle Routing Problem*)

VRP pertama kali diutarakan oleh Dantzig dan Ramser pada tahun 1959 untuk menentukan rute dan penjadwalan truk. *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah salah satu metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan distribusi dalam menentukan rute kendaraan-kendaraan dengan depot sebagai titik awal untuk melayani masing-masing permintaan pelanggan di berbagai daerah.

VRP bertujuan untuk melayani setiap pelanggan dengan biaya pendistribusian yang minimum. Solusi dari metode VRP yaitu untuk menentukan rute pendistribusian ke pelanggan dengan syarat kendaraan berangkat dari depot menuju pelanggan dan diakhiri kembali ke depot. Jadi, dapat disimpulkan bahwa VRP merupakan suatu metode yang digunakan untuk mencari penentuan rute suatu kendaraan yang dibentuk dari perjalanan barang melalui depot ke konsumen dengan tujuan untuk meminimalkan total jarak tempuh kendaraan dan biaya pendistribusian (Windya & Saptadi, 2019). Formulasi yang dapat digunakan dalam penggunaan metode VRP adalah sebagai berikut:

VRP adalah sebuah problem kombinatorial dengan basisnya adalah sisi dari graf $G(V,E)$. Notasi-notasi yang digunakan dalam rumus VRP yaitu: (Prana, 2007)

- $V = \{v_0, v_1, \dots, v_n\}$

Merupakan sebuah titik dimana sebuah depot ada pada v_0 dan $V' = \frac{V}{\{v_0\}}$

adalah himpunan sejumlah kota.

- $A = \left\{ \begin{matrix} (v_i, v_j) \\ v_i, v_j \end{matrix} \in V \right\}; i \neq j$ adalah sebuah "arc set"

- C adalah sebuah matriks dari biaya atau jarak non-negatif C_{ij} antara pelanggan V_i dan V_j .

- d adalah vektor permintaan konsumen.

- R_i adalah rute untuk kendaraan i .

- m adalah jumlah kendaraan. Yaitu satu rute untuk tipe kendaraan.

Jika $C_{ij} = C_{ji}$ untuk semua $v_i, v_j \in A$ maka dikatakan simetris dan umumnya A digantikan dengan himpunan sisi : $E = \{(v_i, v_j) \mid v_i, v_j \in V; i < j\}$. Dengan tiap titik di dalam V berhubungan dengan jumlah barang yang akan diantar satu kendaraan q_i . Agar perhitungan menjadi mudah, dapat di

definisikan seperti : $b(V) = \left(\sum_{v_i \in V} \frac{d_i}{C} \right)$ untuk menghitung batas minimum

jumlah truk yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan dalam himpunan V .

Hal yang harus diperhatikan berupa perhitungan waktu pelayanan waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan semua barang yang dibutuhkan satu kendaraan untuk menurunkan sejumlah q_i pada v_i . Total waktu untuk rute perjalanan setiap kendaraan meliputi waktu perjalanan ditambah waktu pelayanan yang sampai melewati batas yang ditentukan atau D . Maka, biaya C_{ij} diambil dari waktu perjalanan antar kota.

Solusi yang pas digunakan yaitu :

- 1) Partisi R_1, \dots, R_m dari V .
- 2) Permutasi σ_i dan $R_i UO$ yang menunjukkan urutan pelanggan di rute i .

Perhitungan maupun formulasi diatas dapat dipakai untuk menyelesaikan VRP secara luas. Tetapi, jika ada faktor-faktor sampingan dan kendala yang lain, maka akan ada sedikit perubahan dalam penyelesaian VRP nya. Metode yang dianjurkan dalam mengatasi masalah dalam VRP yang lebih kompleks dan akurat adalah dengan menggunakan Metode *Saving Matrix*. Kelebihan menggunakan *Saving Matrix* terdapat pada kemudahan untuk memodifikasi jika terdapat batasan waktu tertentu, kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan, dan batasan lain untuk mendapatkan solusi rute yang lebih tepat.

Terdapat karakteristik dalam permasalahan metode VRP, yaitu:

- a) Perjalanan kendaraan diawali dari depot dan berakhir di depot.
- b) Proses pengantaran terhadap konsumen harus dikunjungi dan dipenuhi permintaannya hanya satu kali.
- c) Jika kapasitas kendaraan telah habis maka kendaraan dapat kembali ke depot untuk memenuhi kapasitas kendaraan dan kembali melayani ke tempat berikutnya.

Sedangkan karakteristik konsumen dalam VRP yaitu:

- 1) Menempatkan *road graph* di seluruh lokasi konsumen

- 2) Adanya *demand* dalam berbagai tipe dan harus diantarkan ke tempat konsumen.
- 3) *Loading time* atau waktu yang dibutuhkan dalam mengantarkan barang ke lokasi konsumen bergantung dengan jenis kendaraan yang digunakan dalam proses pengantaran.
- 4) Sejumlah kendaraan yang tersedia dan layak digunakan untuk melayani konsumen.

VRP memiliki banyak variasi dalam perkembangannya (Yulianingrum, 2019), yaitu:

- 1) *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), variasi VRP yang menyelesaikan permasalahan dengan kendala setiap kendaraan memiliki kapasitas tertentu.
- 2) *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW), variasi VRP dengan kendala jangka interval waktu pelayanan.
- 3) *Multiple Depot Vehicle Routing Problem* (MDVRP), variasi VRP dengan kendala banyak depot dalam melakukan pelayanan terhadap pelanggan.
- 4) *Vehicle Routing Problem with Pick-Up and Delivering* (VRPPD), variasi VRP dengan kendala pelanggan berpeluang mengembalikan barang kepada distributor.
- 5) *Split Delivery Vehicle Routing Problem* (SDVRP), variasi CVRP dengan kendala pelayanan kepada pelanggan dilakukan menggunakan kendaraan yang berbeda-beda.
- 6) *Periodic Vehicle Routing Problem* (PVRP), variasi VRP dengan kendala pengantaran terhadap pelanggan hanya dilakukan di hari-hari tertentu.
- 7) *Vehicle Routing Problem with Multiple Products* (VRPMP), variasi VRP dengan kendala dari permintaan pelanggan yang lebih dari satu jenis barang.

2.3.2 *Saving Matrix*

Metode *saving matrix* adalah metode yang digunakan untuk menentukan rute pengiriman produk dan menjadwalkan sejumlah kendaraan berdasarkan kapasitas yang dimiliki sehingga dapat meminimumkan jarak

yang ditempuh, waktu pengiriman dan juga biaya distribusi. Pengerjaan dengan metode *Saving Matrix* yaitu dengan membuat suatu matriks yang disebut matriks penghematan atau *Saving Matrix* (Fitri, 2018).

Tujuan dari metode *saving* adalah untuk meminimasi total jarak perjalanan semua kendaraan dan untuk meminimasi jumlah kendaraan yang dibutuhkan untuk melayani setiap konsumen dan kembali ke depot. Hal ini menyebabkan jarak yang maksimum dalam masalah penentuan rute. Pendekatan atau biasa disebut *savings*, memperbolehkan berbagai kemungkinan yang penting dalam pembuktian sebenarnya. Sebelum tempat pemberhentian dimasukkan ke dalam sebuah rute, maka kita harus melihat tempat pemberhentian rute berikutnya.

Sejumlah kendala seperti rute melebihi waktu distribusi maksimum pengemudi, waktu istirahat pengemudi yang melebihi waktu diizinkan, dan juga kapasitas dari kendaraan, pelanggaran terhadap kendala tersebut dapat menolak tempat pemberhentian dari keseluruhan rute. Tempat pemberhentian selanjutnya dapat dilihat menurut nilai "*savings*" terbesar dan proses pertimbangan diulangi. Pendekatan ini tidak menjamin solusi yang optimal namun dapat mempertimbangkan masalah kompleks yang ada dan untuk mencari solusi dalam mengatasi permasalahan ini (Fathma, 2018).

Terdapat langkah-langkah dalam pengerjaan menggunakan metode *saving matrix*, yaitu (Kurniawati, 2020):

1) Mengidentifikasi matriks jarak

Sebelum mengidentifikasi matriks jarak, diperlukan data jarak masing-masing lokasi baik depot maupun konsumen. Jarak tersebut diperoleh dengan perhitungan jarak dari titik koordinat masing-masing lokasi. Untuk menentukan titik koordinat masing-masing lokasi baik depot maupun konsumen, dapat menggunakan garis lintang dan garis bujur. Setelah mengetahui letak dan koordinat masing-masing lokasi, maka dilakukan perhitungan jarak dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Jarak Dari Garis Bujur/Lintang

Garis (Bujur/Lintang)	Jarak (km)
1° Bujur/Lintang	111,322 km
1' Bujur/Lintang	1,88537 km
1" Bujur/Lintang	0,0309227 km

Menggunakan rumus:

$$a^{\circ}b'c'' = a(111,322km) + b(1,88537km) + c(0,0309227km)$$

Keterangan:

a° : nilai garis bujur/lintang dalam derajat/jam

b' : nilai garis bujur/lintang dalam menit

c'' : nilai garis bujur/lintang dalam detik

Setelah mengetahui jarak masing-masing lokasi baik depot maupun konsumen, dilakukan perhitungan matriks jarak dengan rumus berikut:

$$J(1,2) = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Yang semula berbentuk seperti persamaan berikut

$$J_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

Dimana:

J_{ij} = jarak Euclid obyek data ke- i dan obyek data ke- j

m = banyaknya peubah/parameter yang digunakan

x_{ik} = obyek data ke- i pada peubah ke- k

x_{jk} = obyek data ke- j pada peubah ke- k

Namun, jika jarak antar kedua lokasi sudah diketahui, maka perhitungan menggunakan rumus tidak diperlukan lagi dengan menggunakan jarak yang sudah ada. Jarak *Euclid* merupakan ukuran kedekatan jarak yang umum digunakan dalam analisis statistik yang mempunyai skala data kontinu (Jannah, 2010).

Dengan syarat:

- Tidak saling berkorelasi
- Mempunyai skala pengukuran yang sama

c) Pengukuran pembakuan mempunyai rata-rata nol dan standar deviasi 1

Jarak *Euclid* mempunyai kelebihan, yaitu dapat digunakan untuk mencerminkan ketidaksamaan dua pola dan memiliki daya tarik intuitif seperti yang digunakan mengevaluasi kedekatan obyek dalam dua dimensi atau lebih. Namun, jarak *Euclid* sangat sensitif terhadap besarnya sampel dan menjadi tidak efektif bila antar peubah terdapat korelasi.

2) Mengidentifikasi matriks penghematan (*saving matrix*)

Pada langkah ini, diasumsikan bahwa setiap lokasi akan dilewati oleh satu kendaraan secara terpisah. Maksudnya, akan ada beberapa rute berbeda yang akan dilewati kendaraan. Maka dari itu, akan terlihat penghematan yang diperoleh apabila dilakukan penggabungan rute yang dinilai satu arah dengan yang lainnya.

Untuk mencari nilai dari matriks penghematan, dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$S(x, y) = J(G, x) + J(G, y) - J(x, y)$$

Dimana:

$S(x, y)$ = penghematan jarak

$J(G, x)$ = jarak dari gudang ke konsumen x

$J(G, y)$ = jarak dari gudang ke konsumen y

$J(x, y)$ = jarak dari konsumen x ke konsumen y

3) Mengalokasikan konsumen ke kendaraan atau rute

Dengan menggunakan tabel matriks penghematan, dilakukan alokasi konsumen ke kendaraan atau rute. Pengalokasian konsumen dilakukan dengan bantuan metode *milk-run* yaitu melalui penggabungan konsumen ke dalam satu rute dengan mempertimbangkan jumlah permintaan konsumen dan kapasitas kendaraan yang digunakan. Penggabungan ini dilakukan sampai jumlah permintaan konsumen dan kapasitas maksimum pada kendaraan yang dimulai dari nilai penghematan terbesar agar mendapatkan penghematan maksimum.

4) Mengurutkan konsumen (tujuan) dalam rute yang sudah terdefinisi

Hasil yang diperoleh menggunakan metode *Saving Matrix* yaitu mengenai penugasan kendaraan sesuai kapasitas muatan pada sejumlah daerah pengiriman berdasarkan penghematan terbesar. Selanjutnya, langkah yang dilakukan adalah menentukan urutan kunjungan untuk menentukan rute pengiriman yang dilakukan melalui perbandingan antara metode *Nearest Insert*, *Nearest Neighbour*, dan *Farthest insert* (Ikfan, Masudin, 2013). Terdapat langkah langkah dalam penentuan urutan pengiriman dalam satu rute, yaitu:

- a) *Nearest insert*, menentukan urutan kunjungan dengan memilih pelanggan yang menghasilkan jarak terpendek jika dimasukkan ke dalam rute.
- b) *Nearest neighbor*, menentukan kunjungan dengan memilih pelanggan yang berada di jarak yang terdekat dengan pelanggan terakhir dikunjungi.
- c) *Farthest insert*, menentukan urutan kunjungan dengan memilih pelanggan yang menghasilkan jarak paling jauh jika dimasukkan ke dalam rute.

Penelitian ini menetapkan *nearest neighbor* sebagai penentuan urutan pengiriman ke pelanggan, dikarenakan metode ini merupakan salah satu metode yang memiliki karakteristik pembentukan rute distribusi sesuai dengan keadaan nyata yang terdapat kondisi di lapangan.

Kelebihan *nearest neighbor*

- a) Dalam menentukan kunjungan, metode *nearest neighbor* membutuhkan waktu yang relatif lebih singkat dibandingkan metode yang lain.
- b) Probabilitas terjadinya kesalahan dalam metode ini sangatlah kecil.
- c) Proses pengerjaan metode *nearest neighbor* lebih mudah dibandingkan metode yang lain.

Namun, *nearest neighbor* juga memiliki kelemahan yaitu jika dalam kasus penelitian terdapat banyak lokasi yang harus dikunjungi maka akan menimbulkan solusi dan hasil yang tidak optimal.

2.3.3 VRP Dalam Rute Perjalanan

Rute perjalanan dalam VRP diawali dari depot menuju ke semua konsumen yang dilayani oleh depot tersebut dan kembali lagi ke depot semula.

Dalam VRP, titik melambangkan depot atau konsumen, sisi melambangkan adanya keterhubungan antara dua titik, dan bobot sisi melambangkan jarak perjalanan antar dua titik (Satyananda, 2017). VRP juga dapat berguna untuk menyeimbangkan rute dalam waktu perjalanan.

Terdapat beberapa komponen VRP dalam rute perjalanan, diantaranya yaitu: (Yulianingrum, 2019)

1) Jaringan Jalan

Jaringan jalan biasanya di temukan dalam sebuah graf yang terdiri dari *edge* (sisi) yang menjelaskan bagian jalan yang digunakan dan *vertex* (titik) yang menjelaskan sebagai konsumen dan depot.

2) Konsumen

Dalam penyelesaian kasus VRP, dimulai dari menetapkan lokasi konsumen atau agen, kemudian memperhatikan permintaan konsumen.

3) Depot

Letak posisi depot termasuk ke dalam komponen yang penting dikarenakan merupakan tempat awal dan akhir kendaraan dalam perjalanan mendistribusikan barang. Biasanya depot terletak di pusat kota dengan akses yang mudah.

4) Kendaraan

Jumlah dan kapasitas kendaraan yang digunakan menjadi suatu penentu pendistribusian barang dengan cepat. Muatan kendaraan tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan dan dalam satu rute hanya dilayani oleh satu kendaraan untuk menghemat biaya distribusi.

5) Pengemudi

Jam kerja harian, durasi maksimal perjalanan, dan penambahan waktu lembur kerja juga mempengaruhi pengemudi dalam mendistribusikan barang.

6) Rute

Rute menjelaskan urutan kunjungan kendaraan ke konsumen atau agen, dimulai dari depot dan berakhir kembali di depot.

VRP adalah sebuah problem kombinatorial dengan basisnya adalah sisi dari graf $G(V,E)$. Dalam pengerjaanya, VRP memiliki formulasi dan notasi-notasi yang digunakan yaitu: (Prana, 2007)

a) $V = \{v_0, v_1, \dots, v_n\}$

b) Merupakan sebuah titi dimana sebuah depot ada pada v_0 dan $V' = \frac{V}{\{v_0\}}$

adalah himpunan sejumlah kota.

c) $A = \left\{ \frac{(v_i, v_j)}{v_i, v_j} \in V \right\}; i \neq j$ adalah sebuah "arc set"

d) C adalah sebuah matriks dari biaya atau jarak non-negatif C_{ij} antara pelanggan V_i dan V_j .

e) d adalah vektor permintaan konsumen.

f) R_i adalah rute untuk kendaraan i .

g) m adalah jumlah kendaraan. Yaitu satu rute untuk tipe kendaraan.

Jika $C_{ij} = C_{ji}$ untuk semua $v_i, v_j \in A$ maka dikatakan simetris dan umumnya A digantikan dengan himpunan sisi : $E = \{(v_i, v_j) \mid v_i, v_j \in V; i < j\}$. Dengan tiap titik di dalam V berhubungan dengan jumlah barang yang akan diantar satu kendaraan q_i . Agar perhitungan menjadi mudah, dapat di definisikan seperti :

$$b(V) = \left(\sum_{v_i \in V} \frac{d_i}{C} \right)$$

untuk menghitung batas minimum jumlah truk yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan dalam himpunan V .

Kita juga harus memperhitungkan waktu pelayanan (waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan semua barang) yang dibutuhkan satu kendaraan untuk menurunkan sejumlah q_i pada v_i . Diingat juga bahwa total waktu untuk rute kendaraan mana pun (waktu perjalanan ditambah waktu pelayanan) jangan sampai melewati batas yang diberikan atau D . Maka, biaya C_{ij} diambil dari waktu perjalanan antar kota.

Solusi yang pas digunakan yaitu partisi R_1, \dots, R_m dari V dan permutasi σ_i dan $R_i UO$ yang menunjukkan urutan pelanggan di rute i . Sementara itu, biaya untuk rute ($R_i = \{v_0, v_1, \dots, v_{m+1}\}$) dimana $v_i \in V$ dan $v_0 = v_{m+1} = 0$ dengan (0 menunjukkan depot) sehingga dapat dihitung dengan rumus:

$$C(R_i) = \sum_{i=0}^m C_{i,i+1} + \sum_{i=1}^m \delta_i$$

Sebuah rute R_i dianggap layak jika kendaraan berhenti tepat sekali untuk setiap pelanggan dan total waktu yang dibutuhkan tidak melebihi batas yang sudah ditentukan D atau $C(R_i) \leq D$. Dan yang terakhir, biaya untuk solusi masalah S adalah

$$F_{VRP}(S) = \sum_{i=1}^m C(R_i)$$

Perhitungan maupun formulasi diatas dapat dipakai untuk menyelesaikan VRP secara umum. Tetapi, jika ada faktor-faktor sampingan dan kendala yang lain, maka akan ada sedikit perubahan dalam penyelesaian VRP nya. Di antara banyak pendekatan yang disarankan dalam mengatasi masalah dalam VRP yang lebih kompleks dan akurat adalah Metode *Saving Matrix*.

2.4 Wahdatul 'Ulum (Kaitan Kajian Keislaman dengan Penelitian)

Perkembangan teknologi dan pengetahuan di kehidupan manusia saat ini telah memungkinkan manusia untuk dapat pergi ke berbagai daerah di seluruh penjuru dunia. Jarak antara suatu tempat ke tempat lain, sebelumnya telah di sampaikan melalui firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surah Saba' ayat ke 18, yaitu:

وَجَعَلْنَا بَيْنَهُمْ وَبَيْنَ الْقُرَى الَّتِي بَرَكْنَا فِيهَا قُرَى ظَاهِرَةً وَقَدَّرْنَا فِيهَا اسبَیْرًا سَبِيْرًا وَافِيْهَا لِيَا
وَايَا مَا اٰمَنِيْنَ ﴿١٨﴾

Artinya: “Dan kami jadikan antara mereka dan antara negeri-negeri yang kami limpahkan berkat kepadanya, beberapa negeri yang nampak dan kami tetapkan padanya perjalanan (dekat). Berjalanlah di dalamnya pada malam dan siang hari dengan aman”. (Q.S. Saba’(34): 18)

Penggalan ayat diatas menjelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan jarak antara satu negeri ke negeri yang lainnya, ada yang berdekatan juga adapula yang berjauhan dan memudahkan orang-orang dalam menempuh jarak tersebut. Dapat kita ketahui bahwa terdapat jarak yang berbeda-beda diantara satu negeri ke negeri lainnya, maka kita harus menemukan cara dalam menempuhnya yaitu dengan melakukan pembangunan dan infrastruktur agar dalam menempuh perjalanan yang jauh, kita dapat berhenti atau singgah sejenak di tempat terdekat.

Rasulullah SAW bersabda:

عَنْ جَابِرٍ قَالَ كَانَ النَّبِيُّ – صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ – إِذَا كَانَ يَوْمَ عِيدِ خَالَفَ الطَّرِيقَ

Artinya: Dari Jabir radhiyallahu ‘anhu, ia berkata bahwa Nabi shallallahu ‘alaihi wa sallam ketika pergi solat idul fitri, beliau membedakan jalan antara pergi dan pulang. (HR. Bukhari, no. 986)

Hikmah yang diambil dari hadist diatas yaitu tentang mengapa kenapa Nabi shallallahu ‘alaihi wa sallam membedakan antara jalan pergi dan pulang adalah agar banyak bagian bumi yang menjadi saksi bagi kita ketika beramal. Dan hubungan hadist ini dengan rute ialah agar kita dapat membandingkan jalan yang berbeda untuk kita sampai ditujuan mulai dari titik awal dan titik akhir yang sama.

2.5 Penelitian Terdahulu

- 1) Penelitian Wulan Yulianingrum pada tahun 2019 mengenai penentuan rute pendistribusian tabung gas LPG dan biaya transportasi. Penelitian ini menggunakan metode Algoritma *Nearest Neighbour* dan *Clarkeand Wright Savings* dan untuk menentukan metode diantara keduanya yang cukup efektif untuk menentukan rute pendistribusian dan dapat meminimumkan biaya transportasi. Solusi dengan Algoritma *Nearest neighbour* diperoleh penghematan jarak sebesar 341,4 km/hari dan

penghematan biaya transportasi sebesar Rp 219.776,25/hari. Sedangkan pada solusi algoritma *Clark and Wright Saving* diperoleh penghematan jarak sebesar Rp 113.621,875/hari. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rute yang dibentuk menggunakan Algoritma *Nearest Neighbour* pada kasus ini lebih efektif daripada rute yang dibentuk dengan menggunakan *Clarke and Wright Savings*.

- 2) Penelitian Syarifah Seicha Fathma pada tahun 2018 mengenai optimalisasi penjadwalan pengangkutan sampah zona III kota Banda Aceh. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode VRP (vehicle routing problem) sehingga dapat menghemat bahan bakar dan waktu sebesar Rp. 4.143.000/Tahun dan terendah dalam menghemat biaya terdapat Drump Truck IV dengan penghematan biaya sebesar Rp. 1.963.000/Tahun. Sedangkan penghematan waktu terbesar terdapat pada Dump Truck III dengan kisaran waktu 40 menit lebih cepat dibandingkan rute sebelumnya, serta waktu terkecil dalam penghematan terdapat pada Drump Truck IV dengan penghematan hanya 10 menit setelah rute diubah.
- 3) Penelitian Sri Rahayu Fitri pada tahun 2018 mengenai optimasi Jalur distribusi produk untuk penghematan biaya operasional. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode *saving matrix* dan memperoleh hasil sebagai berikut : rute awal distribusi yang dibuat oleh perusahaan sebesar 2.249 Km per minggu, lebih besar daripada rute awal distribusi 1.733,98 Km per minggu. Maka, diperoleh penghematan jarak sebesar 516 Km per minggu.