

Analisa Permodelan *Periodic VRP with Driver-Consistency* dan *Consistency-VRP with Time-Windows*

Muhammad Reza Riansyah^{1*}, Arief Setyanto², Eko Pramono³

Magister Teknik Informatika, Universitas Amikom, Yogyakarta, Indonesia
 Jl. Ring Road Utara, Ngringin, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

*Email Corresponding Author: muhammad.1252@students.amikom.ac.id

Abstrak

Sistem distribusi merupakan bagian penting dalam aktivitas pemasaran untuk mempermudah penyampaian barang dan jasa kepada konsumen. Dalam sistem distribusi terdapat komponen-komponen berupa Pelanggan, Kendaraan, Pengemudi, Rute dan Depot yang menjadi tujuan pendistribusian. Dalam menentukan rute terdapat berbagai masalah yang dapat ditemukan yaitu dengan *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP digunakan untuk menentukan beberapa rute dimana dalam setiap rute dilalui oleh suatu kendaraan yang memulai perjalanan dari depot awal sampai depot akhir dengan permintaan pasti maupun tidak pasti. Penelitian ini di buat untuk membanding model *Periodic VRP with Driver-Consistency* (PVRP-DC) dan *Consistency-VRP with Time-Windows* (ConVRP-TW). Hasil penelitian ini menemukan perbedaan yang dihasilkan pada kedua model tersebut yaitu PVRP-DC dan ConVRP-TW dan VRP lainnya memiliki persamaan untuk mencari solusi rute yang optimal dengan batasan-batasan tertentu. Dengan permodelan PVRP-DC dapat menghemat jarak sebesar 25% dan ConVRP-TW dapat menghemat jarak 26%.

Kata kunci: Permodelan; Sistem distribusi; *Periodic VRP with Driver-Consistency*; *Consistency-VRP with Time-Windows*

Abstract

The distribution system is an important part of marketing activities to facilitate the delivery of goods and services to consumers. In the distribution system there are components in the form of Customers, Vehicles, Drivers, Routes and Depots which are the purpose of distribution. In determining the route, there are various problems that can be found, namely the Vehicle Routing Problem (VRP). VRP is used to determine several routes in which each route is traversed by a vehicle starting from the initial depot to the final depot with definite or uncertain requests. This study was made to compare the Periodic VRP with Driver-Consistency (PVRP-DC) and Consistency-VRP with Time-Windows (ConVRP-TW) models. The results of this study found the differences between the two models, namely PVRP-DC and ConVRP-TW and other VRPs have similarities to find the optimal route solution with certain limitations. By modeling PVRP-DC can save distance by 25% and ConVRP-TW can save distance by 26%.

Keywords: Modeling; Distribution system; *Periodic VRP with Driver-Consistency*; *Consistency-VRP with Time-Windows*

1. Pendahuluan

Distribusi merupakan salah satu bagian penting dalam bisnis berupa kegiatan yang tidak terlepas dengan aktifitas pemasaran yang berusaha mempermudah atau memperlancar penyampaian barang dan jasa kepada konsumen [1]. Proses distribusi ini berjuan untuk produk yang dihasilkan oleh perusahaan dapat disebar dan dipasarkan sampai ke konsumen akhir ataupun reseller [2]. Dalam pendistribusian produk diperlukan adanya distributor, Distributor ini menjadi perantara untuk menyalurkan produk atau barang dari perusahaan ataupun pabrik [3].

Saluran distribusi adalah suatu struktur bisnis yang terdiri dari organisasi yang saling terkait dimulai dari tempat asal mula produk di buat sampai ke penjual terakhir atau pemakai terakhir yaitu konsumen maupun pengguna bisnis [2]. Fungsi saluran distribusi dibagi menjadi 3 kelompok yaitu: Fungsi Pertukaran artinya fungsi pertukaran ini untuk melakukan transaksi pembelian dan penjualan. kedua Fungsi penyediaan fisik dimana penyediaan fisik ini lebih

menentukan bagaimana pengumpulan produk, penyimpanan produk, pemilihan produk dan pengangkutan atau transportasi untuk membawa produk. Yang ketiga yaitu fungsi penunjang untuk menunjang saluran distribusi perlu adanya pelayanan ketika pembelian, adanya pendanaan yang sesuai, adanya penyebaran informasi, koordinasi saluran dan pembayaran. Dalam mengelola pendistribusian penjadwalan merupakan peranan penting bagi perusahaan. Selain penjadwalan proses pengiriman dan pengelolaan logistik juga merupakan peranan penting dalam pendistribusian [4].

Transportasi juga merupakan salah satu pendukung pendistribusian, luasnya wilayah dan banyaknya jalan menjadi sesuatu yang memungkinkan menyusahakan untuk menentukan jalur yang optimum, baik dari segi jarak atau waktu yang diperlukan untuk dapat mencapai lokasi tujuan. Transportasi merupakan komponen yang sangat penting bagi perusahaan terutama untuk hal pendistribusian barang. Umumnya permasalahan yang muncul dan dihadapi oleh perusahaan adalah terlalu panjangnya rute distribusi dengan keterbatasan alat transportasi yang dimiliki, sehingga dalam pendistribusian pun jadi perlu waktu yang lebih lama [2].

Permasalahan-permasalahan dalam pendistribusian barang yaitu *Travelling Salesman Problem* (TSP). TSP adalah suatu bentuk permasalahan yang dapat didefinisikan perjalanan dari titik awal melalui titik-titik tertentu dimana suatu titik harus dilewati satu kali hingga berakhir lalu kembali lagi ke titik awal dengan menentukan jarak terpendek. TSP juga termasuk dalam bentuk permasalahan pada *Vehicle Routing Problem* (VRP) [6].

Vehicle Routing Problem (VRP) berupa suatu model permasalahan yang berkaitan dengan keterbatasan kendaraan dalam pendistribusian kemudian dioptimasi rute tersebut yang direpresentasikan dalam bentuk model graf. Tujuan dari VRP ini adalah menemukan rute transportasi/ kendaraan tempuh agar biaya yang dikeluarkan seminimum mungkin pada proses pengiriman, dimana dalam pengiriman/ pendistribusian tersebut hanya boleh mengunjungi titik satu kali. Apabila dalam rute distribusi barang tidak diatur sebaik mungkin menyebabkan transportasi / kendaraan melewati rute lebih dari satu kali sehingga menyebabkan jarak tempuh yang tinggi dan biaya yang dikeluarkan meningkat.

Consistent Vehicle Routing Problem diperkenalkan oleh [7] VRP yang konsisten ini memiliki karakteristik yaitu masing-masing pelanggan memiliki jadwal kunjungan yang unik (misal: Senin & Rabu, Senin Minggu ke 1 dan Senin Minggu Ke 3) yang mana bertujuan untuk merancang rute kunjungan ke masing-masing pelanggan dilakukan oleh pengemudi yang sama atau konsistensi pengemudi dan konsistensi waktu [8].

Referensi yang digunakan yaitu model *Periodic Vehicle Routing Problem with Driver Consistency* (PVRP-DC) yang merupakan jenis dari PVRP dengan diberlakukannya pengemudi yang konsisten, model ini memiliki karakteristik yaitu, Sebuah depot (titik pusat / awal) dan seperangkat kendaraan operasional yang sama dengan jumlah pelanggan yang sudah ditentukan, satu rute pelanggan perlu dikunjungi terjadwal oleh pengemudi dan kendaraan operasional yang sama, dan setiap pelanggan memiliki jadwal kunjungan yang sama setiap waktunya. Pelanggan merasa nyaman dan menghargai pengemudi atau salesman yang sama setiap kunjungan sehingga salesman juga memahami tugas dan pekerjaan saat mengunjungi pelanggan yang sama berkali-kali. Tujuan dari PVRP-DC adalah untuk menentukan set rute distribusi dengan biaya minimum dalam setiap periode waktu kunjungan, sehingga pelanggan dapat dikunjungi sesuai jadwal dengan kendaraan dan pengemudi yang sama. Algoritma yang digunakan untuk mensolusi model PVRP-DC pada penelitian ini yaitu algoritma Branch and Cut [8].

Referensi yang lain yaitu studi kasus *consistent vehicle routing problem with time windows* (ConVRP-TW), penelitian ini pada perusahaan makanan. ConVRP-TW merupakan perkembangan dari VRP-TW, perbedaannya adalah menugaskan setiap pengemudi yang sama untuk melayani pelanggan sesuai jumlah permintaan. Jumlah pesanan pelanggan sangat tidak teratur hal ini menyebabkan kesulitan dalam perutean harian yang berdampak pada tingkat pelayanan perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan jumlah pengemudi dengan Batasan waktu dan mempertimbangkan konsistensi waktu secara terperinci, penelitian ini membandingkan solusi linear programming dengan model *route elimination heuristic*, hasil dari penelitian ini menunjukkan keefektifan model heuristic. Untuk perusahaan tersebut peneliti memperoleh jumlah kendaraan yang lebih sedikit dan tingkat pesanan yang lebih banyak dikirim dalam jangka waktu yang ditentukan [9].

Permasalahan yang terjadi pada kasus perutean yaitu pada CV. Anra Group sebagai penyalur distribusi barang, kunjungan dilakukan secara terjadwal namun tidak memiliki urutan rute dan hanya berdasarkan alamat tujuan dari pendistribusian. Dikarena jumlah toko sehari lebih dari 20 titik berdampak pada keterlambatan salesman sampai pada titik-titik yang dituju dan mengakibatkan jam kerja salesman yang lebih banyak serta beberapa toko juga memiliki

batasan waktu buka sehingga sangat memungkinkan salesman harus memprioritaskan toko tersebut agar kunjungan dan proses distribusi bisa terjadi yang mana akan memungkinkan mengambil jalan memutar.

Paper ini menyajikan Analisa dari permodelan perutean PVRP-DC dan ConVRP-TW agar dapat dipergunakan sebagai penentuan rute terbaik agar menemukan rute yang efektif serta bisa lebih optimal dalam proses distribusi barang ditoko bukan waktu yang digunakan untuk dijalan.

2. Tinjauan Pustaka

a. *Distribusi*

Distribusi merupakan bagian penting dari aktifitas dalam pemasaran produk secara langsung agar sampai ketangan konsumen atau pelanggan atau dapat diartikan perpindahan suatu barang atau material dari organisasi atau perusahaan terkait untuk sampai dan diterima oleh pelanggan akhir. Salah satu tujuan perusahaan tersebut ialah kepuasan pelanggan yang mana produk tersebut diusahakan sampai ke pelanggan dengan tepat atau sesuai permintaan. Proses distribusi sendiri dilakukan dengan cara mengirimkan produk menggunakan kelompok-kelompok kendaraan melalui rute yang sudah ditentukan, agar proses distribusi berjalan dengan lancar maka perusahaan perlu membuat perencanaan perutean dan penjadwalan dan kendaraan yang tepat. Beberapa masalah yang terjadi pada distribusi karena perutean dan penjadwalan yang kurang tepat dan mengakibatkan keterlambatan serta estimasi waktu tunggu yang lama oleh pelanggan [10].

b. *Transportasi*

Transportasi dapat diartikan sebagai pemindahan barang atau manusia dari suatu tempat ke tempat yang akan dituju. Dengan kegiatan ini terpadat tiga hal yaitu muatan yang diangkut, ketersediaan kendaraan sebagai alat angkut, dan terdapatnya rute atau lajur yang akan dilalui kendaraan [11]. Adapun proses transportasi dimulai dengan adanya pengangkutan ke tempat yang akan dituju lalu perpindahan dengan kendaraan dan melewati lajur untuk sampai ke titik tempat yang akan dituju tersebut. Untuk itu dengan adanya perpindahan barang atau manusia, maka transportasi merupakan salah satu bagian penting dari aktifitas pendistribusian dan menunjang kegiatan ekonomi lainnya. Masalah pengoprasian transportasi yang berhubungan dengan barang yang kompleks, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, jangkauan area, biaya pengangkutan dan waktu yang dibutuhkan dalam proses pengiriman. Unsur dari pengangkutan ini ada 4 yaitu:

- 1) Muatan angkut atau jumlah angkutan yang akan dikirimkan baik berupa barang ataupun penumpang
- 2) Memiliki alat angkut dapat berupa kendaraan maupun alat lainnya yang bisa digunakan untuk mengirim muatan angkut
- 3) Adanya jalanan atau lajur yang dapat dilalui oleh alat angkut
- 4) Ada titik awal merupakan depot dimana muatan akan mulai berangkat dan titik tujuan merupakan destinasi tujuan dari pengiriman muatan tersebut [12].

c. *Vehicle Routing Problem (VRP)*

Vehicle Routing Problem (VRP) berupa suatu model permasalahan yang berkaitan dengan keterbatasan kendaraan dalam pendistribusian kemudian dioptimasi rute tersebut yang direpresentasikan dalam bentuk model graf. tujuan dari VRP ini adalah menemukan rute transportasi/kendaraan tempuh agar biaya yang dikeluarkan seminimum mungkin pada proses pengiriman, dimana dalam pengiriman/ pendistribusian tersebut hanya boleh mengunjungi titik satu kali. Apabila dalam rute distribusi barang tidak diatur sebaik mungkin menyebabkan transportasi/kendaraan melewati rute lebih dari satu kali sehingga menyebabkan jarak tempuh yang tinggi dan biaya yang dikeluarkan meningkat [13].

VRP digunakan untuk menentukan beberapa rute dimana dalam setiap rute dilewati atau dikunjungi oleh suatu kendaraan yang memulai perjalanan dari depot awal hingga berakhir di depot akhir sampai semua depot terpenuhi permintaan dan psanan pelanggan tanpa melanggar batasan yang dapat mengurangi biaya transportasi. Total setiap permintaan dan pesanan pelanggan tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan yang digunakan.

Beberapa komponen atau karakteristik dari VRP yang perlu diperhatikan, berikut komponen yang terpadat dari VRP:

- 1). Rute Perjalanan: setiap jalan yang tersedia yang digunakan pada transportasi merupakan jaringan kerja (link) dan setiap tempat lokasi merupakan setiap titik atau node. link dapat diartikan dalam satu arah atau dua arah yang berkaitan dengan panjang atau waktu perjalanan.
- 2). Pelanggan: adapun karakteristik dari pelanggan adalah sebagai berikut:
 - Jumlah permintaan dari pelanggan berbeda-beda, ada pelanggan yang jumlah permintaannya sudah diketahui secara pasti (kasus deterministik) ada juga yang jumlah permintaannya tidak pasti diketahui (kasus stokastik)
 - Ada Pelanggan yang mempunyai time windows yaitu periode waktu yang menunjukkan waktu pelanggan dapat dilayani yang dikarenakan waktu khusus dari pelanggan tersebut, misalnya toko tersebut buka sore hari dari pukul 15.00 – 20.00 jadi pelanggan tersebut harus dikunjungi pada jam tersebut.
- 3). Depot: Adapun setiap depot memiliki titik awal dan titik akhir yang mana depot tersebut ditempatkan dalam waktu perjalanan agar terkirim ke pelanggan, setiap depot memiliki ciri dengan berbagai tipe dan banyak kendaraan yang berkaitan dengan depot tersebut serta banyaknya barang yang tersedia disana.
- 4). Kendaraan: adapun karakteristik dari kendaraan atau vehicle adalah sebagai berikut:
 - Mempunyai kapasitas kendaraan baik berat dan volumenya maksimum dalam mengangkut barang.
 - Mempunyai total waktu kerja dari depot awal keberangkatan sampai ke titik depot yang akan jadi tujuan dan kembali lagi ke depot awal, sesuai aturan oleh perusahaan untuk jam kerja pengemudi atau karyawan dengan memperhatikan waktu loading dan waktu non-loading misalnya waktu istirahat.
 - Memerlukan biaya perjalanan untuk pengiriman, biaya penggunaan kendaraan biasanya dapat dihitung berdasarkan per unit jarak, per unit waktu dan per rute.
- 5). Pengemudi: Pengemudi (driver) atau karyawan yang mengoperasikan kendaraan harus memenuhi semua kendala yang ditetapkan dalam kontrak kerja dan aturan dari perusahaan agar tujuan-tujuan perusahaan dapat tercapai.(11)

d. Periodic Vehicle Routing Problem With Driver Consistency (PVRP-DC)

Permodelan PVRP-DC ini diperkenalkan oleh Rodrigue Martin Et Al (2019) (8) , merupakan perkembangan dari Consistent VRP yang diperkenalkan oleh (7). Consistent VRP dibatasi dengan dimana setiap pelanggan harus dikunjungi dengan kendaraan yang sama dan sekitar waktu yang sama pada hari itu, sedangkan PVRP-DC merupakan pengembangan dari PVRP yang memberlakukan bahwa setiap pelanggan harus dikunjungi dengan kendaraan yang sama di semua kunjungan secara rutin, jumlah kunjungan pelanggan per minggu satu, dua atau tiga tergantung volume penjualan. Semua kunjungan dilakukan oleh karyawan yang sama dan kendaraan yang sama(8)

e. Consistency Vehicle Routing Problem With Time Windows (ConVRP-TW)

Permodelan ConVRP-TW ini diperkenalkan oleh Hernan Lespay dan Karol Suchan (2021) yang mana VRP ini berfokus pada rencana menemukan rute yang minimum. Secara umum ConVRP dapat dikaitkan terhadap kepuasan pelanggan dengan penyedia layanan yang konsisten. Konsistensi ini memiliki beberapa jenis yaitu, a) waktu: mengacu pada waktu kunjungan yang kurang lebih sama, b) orang : mengacu pada pengemudi atau salesman yang sama, c) pengiriman: mengacu pada meminimumkan jumlah kiriman dan kapasitas muatan kendaraan. Dari sudut perusahaan rute yang konsisten meningkatkan kepuasan dan produktivitas pengemudi karena pengemudi memperoleh dan menguasai wilayah tempat mereka berada. Pengembangan pada penelitian ini menggunakan permodelan ConVRP-TW yang mana mempertimbangkan Batasan waktu agar dapat membentuk kepuasan pelanggan dan memastikan keuntungan jangka Panjang Dengan menggunakan permodelan ConVRP-TW mampu menghasilkan rencana perutean yang konsisten lebih baik daripada yang saat digunakan oleh perusahaan menggunakan komputasi yang rendah [9].

f. Travelling Salesman Problem

Travelling Salesman Problem (TSP) adalah bagaimana menentukan rute optimal perjalanan salesman yang harus melalui semua kota tujuan tepat satu kali dan harus kembali ke kota awal. Permasalahan tersebut dapat di modelkan ke dalam bentuk graf berbobot dengan setiap kota tujuan digambarkan sebagai titik dan rusuk jalan, sebagai sisi berbobot mewakili panjang rusuk jalan antara dua kota. Masalah perjalanan salesman dalam graf tersebut untuk mencari jalur terpendek atau terminimum. TSP ini dikenal sebagai masalah yang bersifat Nondeterministic PolynomialHard (NP-Hard). Hal inilah yang menyebabkan penyelesaian permasalahan ini lebih sulit dilakukan [14]

3. Metodologi

3.1 Permodelan PVRP-DC

Adapun permodelan ini dimulai dengan menentukan $V = \{0, 1, \dots, n\}$ menjadi satu set node (titik-titik) dengan node 0 sebagai depot awal dan node lainnya menyesuaikan dengan node pelanggan. Menentukan $E = \{e \subset V : |e| = 2\}$ sebagai himpunan tepi dan C_e menunjukkan biaya transportasi yang terkait dengan tepi $e \in E$ dengan mempertimbangkan perencanaan periode yaitu $T = \{1, \dots, r\}$ dari r periode. Sedangkan P_i akan digunakan sebagai kumpulan jadwal kunjungan sebagai berikut $i \in V \setminus \{0\}$. Sedangkan kendaraan akan di lambangkan dengan $K = \{1, \dots, m\}$ dan m adalah jumlah kendaraan yang tersedia di depot awal. Setiap kendaraan dapat mengunjungi antara 2 dan q pelanggan di setiap periode. Tujuan PVRP-DC untuk menentukan jadwal kunjungan untuk setiap pelanggan dan merancang rute setiap periode guna meminimalkan total biaya transportasi selama jangka waktu perencanaan.

Dengan menggunakan perumusan masalah peneliti mendefinisikan z_{ip}^k bernilai 1 jika jadwal $p \in P$ dimana jadwal tersebut digunakan untuk melayani pelanggan $i \in V \setminus \{0\}$ jika semua kunjungan dalam jadwal itu dilakukan dengan kendaraan $k \in K$ dalam periode $t \in T$ dan 0 sebaliknya. Dan y_i^{tk} bernilai 1.

Peneliti juga menggunakan notasi tambahan untuk $S \subseteq V$, dan membentuk rumus : $\delta(S) = \{e \in E : |S \cap e| = 1\}$. If $S = \{i\}$, peneliti menulis $\delta(i)$ apabila pada range $\delta(\{i\})$. Selain itu, untuk bagian tertentu $E' \subseteq E$ mendefinisikan $x^{tk}(E') = \sum_{e \in E'} x_e^{tk}$

Sehingga didapatkan model PVRP-DC sebagai berikut :

$$\sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{e \in E} C_e x_e^{tk} \quad (1)$$

$$s. t. \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} z_{ip}^k = 1 \quad i \in V \setminus \{0\} \quad (2)$$

$$y_i^{tk} = \sum_{p \in P_i : t \in p} z_{ip}^k \quad i \in V \setminus \{0\}, k \in K, t \in T \quad (3)$$

$$x^{tk}(\delta(i)) = 2y_i^{tk} \quad i \in V, k \in K, t \in T \quad (4)$$

$$x^{tk}(\delta(S)) \geq 2y_i^{tk} \quad S \subseteq V \setminus \{0\}, i \in S, k \in K, t \in T \quad (5)$$

$$\sum_{i \in V} y_i^{tk} \leq qy_0^{tk} \quad k \in K, t \in T \quad (6)$$

$$x_e^{tk} \in \{0, 1\} \quad e \in E, k \in K, t \in T \quad (7)$$

$$y_i^{tk} \in \{0, 1\} \quad i \in V, k \in K, t \in T \quad (8)$$

$$z_{ip}^k \in \{0, 1\} \quad i \in V \setminus \{0\}, k \in K, p \in P_i \quad (9)$$

$$y_i^{tk} \leq qy_0^{tk} \quad i \in V \setminus \{0\}, k \in K, t \in T \quad (10)$$

Dimana :

- 1) Fungsi Tujuan untuk meminimalkan total biaya routing
- 2) Batasan untuk memastikan bahwa setiap kendaraan memiliki satu jadwal kunjungan
- 3) Variabel y dan z terkait melalui kendala ,
- 4) Kendala yaitu berupa derajat untuk depo dan pelanggan
- 5) Batasan kedua memastikan konektivitas jalur kendaraan
- 6) Batasan ketiga berupa kendala kapasitas dan batas maksimal q jumlah pelanggan memiliki kendaraan k dan dapat mengunjungi dalam satu periode t
- 7) Terakhir batasan 7-10 merupakan batasan variabel.

3.2 Permodelan ConVRP-TW

Adapun permodelan ini dimulai dari grafik terarah lengkap $G (N, A)$ dimana $N = \{0, 1, \dots, n\}$. 0 mewakili depot dan bilangan bulat positif mewakili pelanggan. $A = \{(i, j) \mid i, j \in N, i \neq j\}$ adalah himpunan busur. Setiap kendaraan dilambangkan dengan $k \in K$ dengan kapasitas yang diberikan Q terletak di depot, dari mana ia berangkat pada waktunya 0, dan dimana ia harus selesai di waktu T . hari dilambangkan dengan $d \in D$ setiap pelanggan memiliki permintaan q dan waktu pelayanan s .

Permodelan dapat dituliskan sebagai berikut dengan j adalah waktu layanan d adalah hari :

$$\text{Minimize } \sum_{k \in K} z_k \quad (1)$$

$$\sum_{k \in K} y_{i,k,d} = w_{i,d} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, d \in D \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N \setminus \{0\}} q_{i,d} y_{i,k,d} \leq Q \quad \forall k \in K, d \in D \quad (3)$$

$$z_k \geq y_{i,k,d} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, k \in K, d \in D \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N \setminus \{0\}} x_{i,j,k,d} - \sum_{i \in N \setminus \{0\}} x_{i,j,k,d} = y_{j,k,d} \quad \forall j \in N \setminus \{0\}, k \in K, d \in D \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N \setminus \{0\}} x_{0,j,k,d} - \sum_{i \in N \setminus \{0\}} x_{i,0,k,d} = z_k \quad \forall k \in K, d \in D \quad (6)$$

$$w_{i,\alpha} + w_{i,\beta} - 2 \leq y_{i,k,\alpha} - y_{i,k,\beta} \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, k \in K, \alpha, \beta \in D, \alpha \neq \beta \quad (7)$$

$$\alpha_{i,d} + x_{i,j,k,d} (s_i + t_{i,j} + \theta_{j,d}) - (1 - x_{i,j,k,d})T \leq \alpha_{j,d} \quad \forall i \in N, j \in N \setminus \{0\}, i \neq j, k \in K, d \in D \quad (8)$$

$$\alpha_{i,d} + x_{i,j,k,d} (s_i + t_{i,j} + \theta_{j,d}) - (1 - x_{i,j,k,d})T \leq \alpha_{j,d} \quad \forall i \in N, j \in N \setminus \{0\}, i \neq j, k \in K, d \in D \quad (9)$$

$$\alpha_{i,d} + x_{i,j,k,d} (s_i + t_{i,j} + \theta_{j,d}) - (1 - x_{i,j,k,d})T \geq \alpha_{j,d} \quad \forall i \in N, j \in N \setminus \{0\}, i \neq j, k \in K, d \in D \quad (10)$$

$$\alpha_{i,d} + s_i + t_{i,0} \leq T \quad \forall i \in N \setminus \{0\}, d \in D \quad (11)$$

$$l_i w_{i,d} \leq \alpha_{i,d} \leq T \quad \forall i \in N, d \in D \quad (12)$$

$$z_k \in \{0,1\} \quad \forall k \in K \quad (13)$$

$$x_{i,j,k,d} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N, i \neq j, k \in K, d \in D \quad (14)$$

$$y_{i,j,k,d} \in \{0,1\} \quad \forall i \in N, k \in K, d \in D \quad (15)$$

$$\alpha_{i,d} \geq 0 \quad \forall i \in N, d \in D \quad (16)$$

Dimana :

- 1) Fungsi Tujuan meminimalkan jumlah kendaraan
- 2) Batasan menjamin bahwa setiap pelanggan dilayani pada setiap hari saat mereka membutuhkan layanan (kunjungan)
- 3) Memastikan bahwa kapasitas kendaraan tidak terlampaui
- 4) Batasan 2 memastikan pelanggan dilayani dengan kendaraan k pada hari d lalu kendaraan k harus digunakan pada satu set rute
- 5) Kendala memastikan semua pelanggan ditugaskan memiliki tempat awal dan tempat selanjutnya.
- 6) Persamaan untuk kendala konversi alir depot untuk setiap kendaraan k dan hari d.
- 7) Konsistensi kunjungan, dapat dikatakan jika pelanggan membutuhkan layanan pada hari α dan β .
- 8) Ketidak setaraan formula 8 dan 9 mengatur waktu layanan sesuai kebutuhan pelanggan.
- 9) Formula 10 memaksa kendaraan k kembali ke titik awal tepat waktu
- 10) Formula ke 11 menentukan jendela waktu pelanggan.
- 11) Formula ke 12-ke 16 merupakan batasan variabel

4. Hasil Analisa dan Pembahasan

Dalam pendistribusian jarak dan waktu tempuh merupakan bagian penting untuk proses penyampaian barang ke konsumen. Adapun dataset yang digunakan dalam penelitian ini yaitu; data titik kunjungan, data jarak, dan data waktu. Berikut data yang akan digunakan yang sudah dibuat matriks dengan rumus sebagai berikut:

$$j(1,2) = \sqrt{(x1-x2)^2 - (y1-y2)^2}$$

Jika jarak antara kedua koordinat ini telah diketahui sebelumnya, maka perhitungan hanya menggunakan jarak yang sudah ada saja tanpa menggunakan persamaan.

Berikut perhitungan jarak antar titik yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan menggunakan permodelan PVRP-DC dan ConVRP-TW kemudian dicari perbandingan antara rute manual dan perhitungan sistem.

Tabel 1. Matriks Jarak (Satuan meter)

	Awl	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
Awl	0	5908	5912	5904	5882	5894	5875	5884	5690	5708	5666	6364	5880	5558	5774	5883	5835	5882	5966	6081	6044	6049	6233
A	5908	0	4	12	40	58	104	109	346	340	391	468	266	546	394	350	395	385	386	423	423	425	480
B	5912	4	0	12	41	58	104	108	348	341	392	464	265	548	394	349	395	384	384	420	420	423	476
C	5904	12	12	0	29	47	92	97	335	329	380	469	255	536	382	339	384	374	376	414	413	416	474
D	5882	40	41	29	0	30	69	76	307	300	351	488	234	507	356	318	361	354	361	407	403	406	476
E	5894	58	58	47	30	0	46	50	295	287	339	472	208	496	336	292	337	327	332	377	374	376	449
F	5875	104	104	92	69	46	0	12	252	243	296	489	166	453	290	250	292	285	296	351	344	347	437
G	5884	109	108	97	76	50	12	0	255	245	298	480	158	454	287	243	287	278	286	340	333	336	425
H	5690	346	348	335	307	295	252	255	0	19	45	697	191	201	129	207	184	221	295	405	374	379	548
I	5708	340	341	329	300	287	243	245	19	0	53	680	173	210	113	188	167	202	276	386	355	360	529
J	5666	391	392	380	351	339	296	298	45	53	0	730	219	157	123	219	184	227	306	420	386	392	568
K	6364	468	464	469	488	472	489	480	697	680	730	0	512	872	653	545	608	565	493	408	445	441	289
L	5880	266	265	255	234	208	166	158	191	173	219	512	0	361	151	84	133	119	143	232	210	214	362
M	5558	546	548	536	507	496	453	454	201	210	157	872	361	0	223	334	279	327	411	525	487	492	681
N	5774	394	394	382	356	336	290	287	129	113	123	653	151	223	0	111	62	108	191	307	270	276	460
O	5883	350	349	339	318	292	250	243	207	188	219	545	84	334	111	0	63	35	88	201	167	173	350
P	5835	395	395	384	361	337	292	287	184	167	184	608	133	279	62	63	0	48	132	247	209	215	402
Q	5882	385	384	374	354	327	285	278	221	202	227	565	119	327	108	35	48	0	84	199	162	168	354
R	5966	386	384	376	361	332	296	286	295	276	306	493	143	411	191	88	132	84	0	115	80	85	270
S	6081	423	420	414	407	377	351	340	405	386	420	408	232	525	307	201	247	199	115	0	41	36	157
T	6044	423	420	413	403	374	344	333	374	355	386	445	210	487	270	167	209	162	80	41	0	6	197
U	6049	425	423	416	406	376	347	336	379	360	392	441	214	492	276	173	215	168	85	36	6	0	192
V	6233	480	476	474	476	449	437	425	548	529	568	289	362	681	460	350	402	354	270	157	197	192	0

4.1 PVRP-DC

Dengan permodelan PVRP DC dibandingkan dengan data rute manual didapatkan hasil sebagai berikut:

Depot	Awl	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Jarak	5,908	4	12	29	30	46	12	255	19	53	730	512
Depot	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	Awl
Jarak	361	223	111	63	48	84	115	41	6	192	8,854	
Total	17,709											
Titik	22											

Depot	Awl	F	G	E	D	C	A	B	K	V	S	U
Jarak	5,875	12	50	30	29	12	4	464	289	157	36	6
Depot	T	R	L	O	Q	P	N	I	H	J	M	Awl
Jarak	80	143	84	35	48	62	113	19	45	157	5,558	
Total	13,308			Hemat 25%								
Titik	22			Jarak 4,401								

Dengan menggunakan permodelan dari rute Awal sampai Kembali lagi ke awal dibandingkan rute manual dengan menggunakan system dapat lebih hemat sebesar 25% atau 4,401 meter yang awal mula 17,709 menjadi 13,308 meter.

4.2 ConVRP-TW

Dengan permodelan ConVRP TW dibandingkan dengan data rute manual didapatkan hasil sebagai berikut:

Depot	Awl	G	A	B	D	C	E	F	H	I	J	K
Jarak	5,884	109	4	41	29	47	46	252	19	53	730	512
Depot	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	Awl
Jarak	361	223	111	63	48	84	115	41	6	192	8,972	
Total	17,944											
Titik	22											

Depot	Awl	G	F	E	D	C	A	B	K	V	S	U
Jarak	5884	12	46	30	29	12	4	464	289	157	36	6
Depot	T	R	L	O	Q	P	N	I	H	J	M	Awl
Jarak	80	143	84	35	48	62	113	19	45	157	5558	
Total	13,313		Hemat 26%									
Titik	22		Jarak 4,630									

Pada ConVRP TW ada batasan waktu yang harus dipenuhi, yaitu pada depot G dan D, depot G hanya bisa dikunjungi pada Jam 09.00 – 09.15, dan depot D hanya dapat dikunjungi pada jam 09.45 – 10.00 sehingga pada kasus ini depot G diurutan Pertama dan depot D urutan ke empat. Dengan menggunakan permodelan dari rute Awal sampai Kembali lagi ke awal dibandingkan rute manual dengan menggunakan system dapat lebih hemat sebesar 26% atau 4,630 meter yang awal mula 17,944 menjadi 13,313 meter.

5. Kesimpulan

VRP yang konsisten ini memiliki karakteristik yaitu masing- masing pelanggan memiliki jadwal kunjungan yang unik (misal Senin & Rabu, Senin Minggu ke 1 dan Senin Minggu Ke 3) yang mana bertujuan untuk merancang rute kunjungan ke masing- masing pelanggan dilakukan oleh pengemudi yang sama atau konsistensi pengemudi dan konsistensi waktu. Pada dasarnya perbandingan antara PVRP-DC dan ConVRP-TW dan VRP lainnya memiliki persamaan untuk mencari solusi rute yang optimal dengan batasan-batasan tertentu. Perbedaannya PVRP-DC yaitu pada periode dan kendaraan / pengemudi yang digunakan harus sama untuk mengunjungi titik tersebut, sedangkan pada ConVRP-TW memiliki batasan jendela waktu yang mana harus memperhatikan waktu kunjungan ke titik-titik yang memiliki batasan waktu tersebut. Permodelan PVRP-DC dapat menghemat jarak sebesar 25% dan ConVRP-TW dapat menghemat jarak 26%. Untuk masa depan perbandingan dapat dilakukan dengan model lain dan menggunakan dataset agar dapat menemukan solusi yang optimal dalam permasalahan perutean distribusi.

Daftar Referensi

- [1] M. Agus, E. Wolok, L.H. Lahay. "Optimasi Rute Distribusi Lpg 3 Kg Pt Xyz Menggunakan Metode Nearest Neighbour & Metode Branch And Bound". pp. 269–76, 2019.
- [2] Y.F. Rasyid, Rochmoeljati. "Penentuan Rute Distribusi Produk Sparepart Menggunakan Metode Tabu Search Di Pt. Xyz". *Juminten J Manaj Ind dan Teknol.* vol. 01, no. 03). pp. 1–12, 2020
- [3] Y.H. Kristianto D. Swanjaya, U. Nusantara. "Graph Clustering pada Pengelompokkan Tujuan Distribusi Barang Berdasarkan Matriks Adjacency". pp. 125–30, 2020
- [4] P.P. Pertiwi, I. Iriani, E. Aryanny. "Penentuan Rute Distribusi Produk Untuk Meminimumkan Biaya Distribusi Dengan Metode Algoritma Clark And Wright Saving Heuristic di PT X". *Juminten.* vol. 1, no. 2, pp. 24–32, 2020
- [5] M. Nouredine, M. Ristic. "Route planning for hazardous materials transportation: Multi-criteria decision-making approach." *Decis Mak Appl Manag Eng.* vol. 2, no. 1, pp. 66–84, 2019
- [6] H. Santoso, R. Sanuri. "Implementasi Algoritma Genetika dan Google Maps API Dalam Penyelesaian Traveling Salesman Problem with Time Window (TSP-TW) Pada Penjadwalan Rute Perjalanan Divisi Pemasaran STMIK El Rahma". *Teknika.* vol. 8, no. 2, pp. 110–8, 2019
- [7] C. Groër, B. Golden, E. Wasil. "The consistent vehicle routing problem". *Manuf Serv Oper Manag.* vol. 11, no. 4, pp. 630–43, 2009
- [8] I. Rodríguez-Martín, J.J. Salazar-González, H. Yaman. "The periodic vehicle routing problem with driver consistency". *Eur J Oper Res.* vol. 273, no.2, pp. 575–84, 2019
- [9] H. Lespay, K. Suchan. "A case study of consistent vehicle routing problem with time windows". *Int Trans Oper Res.* vol. 28, no. 3, pp.1135–63, 2021
- [10] Al Akbar, S. fuadi Fahmi. "Penentuan rute distribusi teh botol menggunakan metode". vol. 5, no. 3, pp. 121–31, 2014
- [11] A. Rozalina, S. Uslianti, P. Anggela, J.T. Industri, "Optimasi Rute Distribusi Dengan Penyelesaian Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritma Sweep Pada Pd . Xyz Di Pontianak". pp. 45–50.
- [12] B. Prasetyo. "Impor Pada PT Arindo Jaya Mandiri", Semarang, 2020;
- [13] W.K. Cahyaningsih, E.R. Sari, K. Hernawati. "Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem (Cvrp) Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Optimasi Rute Distribusi Surat Kabar Kedaulatan Rakyat." *Semin Nas Mat Dan Pendidik Mat.* pp. 1–8, 2015
- [14] Z.Z. Hani, W.F. Santi. "Optimasi Rute Pengantaran Paket Menggunakan Metode Genetic Algorithm (Ga)". *Ind Inov J Tek Ind.* vol. 10, no. 1, pp.41–4, 2020