

Penentuan Rute Distribusi CV. IFFA Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dan *Local Search**

ALI MUKHSININ, ARIF IMRAN, SUSY SUSANTY

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

E-mail: alimukhsinin@gmail.com

ABSTRAK

CV. IFFA merupakan distributor produk sanitary. CV. IFFA sering mengalami keterlambatan dalam proses pengiriman barang yang seharusnya berlangsung selama satu hari. Permasalahan distribusi yang dihadapi CV. IFFA merupakan permasalahan Vehicle Routing Problem (VRP). VRP merupakan permasalahan penentuan rute untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dengan terbatasnya kapasitas kendaraan. Metode penyelesaian permasalahan VRP yang digunakan adalah algoritma nearest neighbour dan algoritma local search. Variabel permasalahan VRP yang digunakan adalah time windows, single depot, single trips, dan waktu istirahat. Ruang lingkup penelitian adalah Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) tanpa waktu istirahat dan VRPTW dengan waktu istirahat. Berdasarkan analisis dari perhitungan, total waktu penyelesaian VRPTW tanpa waktu istirahat adalah 2027,826 menit sedangkan total waktu penyelesaian VRPTW dengan waktu istirahat adalah 2006,652 menit. Hal tersebut dikarenakan waktu operasi VRPTW tanpa istirahat terlalu lama dan dengan penambahan waktu istirahat pada VRPTW dengan waktu istirahat dapat mendekati waktu operasi yang optimal.

Kata kunci: *Vehicle Routing Problem with Time Windows, Nearest neighbour, LocalSearch, dan sanitary.*

ABSTRACT

CV. IFFA is a distributor of sanitary products. CV. IFFA has delaying problems to delivery products and process delivery should be finishin one day. Distribution problem faced by CV. IFFA is an issue of Vehicle Routing Problem (VRP). VRP is a problem of determining routes to sufficient customer demands with limited capacity of vehicle. The method to solve VRP problem is using nearest neighbor algorithm method and local search algorithms method. The variables of VRP problem used are time windows, single depot, single trips, and time rest time. The scope of study is Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) without rest time and VRPTW with rest time. Based on analysis, total completion time for VRPTW without rest time is 2027.826 minutes, meanwhile the total completion time of VRPTW with rest time is 2006.652 minutes. That is happen because the operations time of VRPTW without rest time is too long and with the

* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional.

addition of rest time in VRPTW with rest time can approach the optimal of operating time.

Keywords: *Vehicle Routing Problem with Time Windows, Nearest neighbour, LocalSearch, and sanitary.*

1. PENDAHULUAN

CV. IFFA merupakan distributor produk *sanitary* yang menangani pendistribusian pada tiga kabupaten di Provinsi Jawa Barat yaitu Kabupaten Karawang, Kabupaten Purwakarta, dan Kabupaten Subang. CV. IFFA memiliki dua jenis pelanggan yaitu toko aktif dan toko pasif. Proses pengiriman ke tiap daerah sudah dijadwalkan dalam waktu dua minggu. Untuk toko aktif, daerah yang pertama dikerjakan adalah Kabupaten Karawang yang proses pengiriman berlangsung selama satu hari, daerah berikutnya adalah Kabupaten Purwakarta dimana proses pengirimannya dilakukan selama tiga hari, dan daerah yang terakhir Kabupaten Subang yang proses pengirimannya selama tiga hari. Proses pengiriman untuk toko pasif sendiri dilakukan selama tiga hari setelah proses pengiriman toko aktif di daerah Kabupaten Karawang, Kabupaten Purwakarta, dan Kabupaten Subang telah selesai. Perencanaan kendaraan untuk menuju pelanggan yang akan dikunjungi masih mengandalkan pengalaman dari supir dan kernet CV. IFFA.

Saat ini CV. IFFA dihadapi oleh adanya toko yang jauh dari gudang, banyaknya toko yang harus dikunjungi, dan sarana pengangkut yang jumlah dan kapasitasnya terbatas. Setiap toko memiliki waktu beroperasi yang berbeda dengan toko lainnya. Apabila terjadi keterlambatan pengiriman barang, CV. IFFA akan terkena penalti berupa penambahan jumlah barang yang harus dijual sebesar 10% dari target penjualan. Apabila permasalahan ini tidak tanggap dengan serius maka akan mengakibatkan membengkaknya biaya logistik akibat penetapan rute transportasi yang tidak optimal. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukannya perancangan atau perbaikan pada sektor distribusi khususnya pada masalah transportasi untuk distribusi dari gudang ke pelanggan terkait.

CV. IFFA memiliki sebuah gudang di Cikampek dengan 116 toko aktif untuk Kabupaten Karawang yang tersebar pada 42 titik kunjungan di beberapa tempat seperti pasar dan toko perorangan. Proses pengiriman berawal dan berakhir di depot dan tiap toko harus dapat dikunjungi berdasarkan jam beroperasinya dengan jumlah kunjungan tiap titik pelayanan sebanyak satu kali. Proses pengiriman di daerah Kabupaten Karawang diharapkan selesai dalam satu hari agar tidak terkena penalti. Tiap kendaraan yang digunakan memiliki satu rute selama horison perencanaan (*single trips*). Selama proses pengiriman, kendaraan CV. IFFA akan melakukan istirahat selama satu jam pada pukul 12:00.

Permasalahan pendistribusian CV. IFFA merupakan permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP). Untuk penambahan variabel waktu istirahat pada penggunaan VRP dengan variabel *time windows*, akan dilakukan modifikasi berdasarkan VRP variabel *time windows* dengan kondisi tidak memiliki waktu istirahat. Variabel yang timbul pada penelitian ini adalah *time windows*, *single depot*, *single trips*, dan waktu istirahat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan rute terbaik dalam pendistribusian produk CV. IFFA agar dapat meminimumkan waktu pengiriman barang. Pada penelitian ini ada beberapa batasan dari masalah yang digunakan. Wilayah yang dijadikan objek penelitian adalah wilayah Kabupaten Karawang. Toko yang dijadikan objek penelitian adalah

toko aktif. Penelitian pendistribusian barang dilakukan pada hari kerja. Ruang lingkup penelitian terbagi menjadi dua yaitu VRP *with Time Windows* tidak menggunakan waktu istirahat dan VRP *with Time Windows* menggunakan waktu istirahat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Identifikasi Masalah

CV. IFFA merupakan distributor dari produk *sanitary* untuk wilayah Kabupaten Purwakarta, Kabupaten Subang, dan Kabupaten Karawang. Saat ini CV. IFFA memiliki depot untuk distribusi di Cikampek, Kabupaten Karawang. Titik yang dilayani oleh CV. IFFA adalah toko yang aktif dilayani sekali dalam 2 minggu. CV. IFFA juga melayani toko pasif. Titik pelayanan yang tersebar di beberapa tempat membuat CV. IFFA harus merencanakan rute distribusi yang baik. CV. IFFA menginginkan perencanaan pelayanan untuk distribusi Kabupaten Karawang dapat dilakukan dalam satu hari agar tidak terkena denda sebesar 10% dari target penjualan.

Saat ini CV. IFFA melayani 116 toko aktif yang tersebar dalam 42 titik distribusi di Kabupaten Karawang. Pendistribusian ke titik pelayanan tersebut memiliki karakteristik dengan jarak yang berjauhan antar titik dari depot dan terbatasnya jam pelayanan di tiap titik pelanggan. Hal tersebut membuat perencanaan distribusi yang tepat sangat dibutuhkan agar didapatkan rute yang menghasilkan penyelesaian yang tepat waktu.

2.2 Studi Pustaka

Pada tahap studi literatur akan dilakukan kajian terhadap teori yang digunakan dalam penelitian ini. Teori yang digunakan mengenai *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW), *local search*, dan *nearest neighbor*.

Kallehauge *et al.* (2001) mendefinisikan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) merupakan jaringan dari VRP yang dimana melayani tiap pelanggan pada *time windows* tertentu dan kendaraan harus melayani pelanggan tersebut pada waktu pelayanan pelanggan tersebut. Secara matematis, formulasi VRPTW dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$z_{VRPTW} = \min \sum_{k \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

Dengan pembatas:

$$\sum_{k \in V} \sum_{j \in N} x_{ijk} = 1 \quad \forall i \in C \quad (2)$$

$$a_i \leq s_{ik} \leq b_i \quad \forall i \in N, \forall k \in V \quad (3)$$

Persamaan (1) bermaksud meminimasi waktu, jarak, dan biaya. Persamaan (2) menyatakan bahwa pengunjung hanya dikunjungi satu kali. Persamaan (3) memastikan waktu dari *time windows* pelanggan *i* tidak terlewat.

Penelitian ini menggunakan metode *heuristic* dan metode *metaheuristic*. Metode *heuristic* yang digunakan adalah *nearest neighbor* sebagai pembuat *initial solution*. Metode *nearest neighbor* adalah proses mencari pelanggan yang terdekat. Sedangkan metode *metaheuristic* yang digunakan adalah metode *local search* yang berfungsi untuk mengoptimisasikan *initial solution* dengan cara memindah-mindahkan pelanggan dalam satu rute dan menyisipkan satu atau lebih pelanggan pada salah satu rute.

Pop *et al.* (2011) mendefinisikan algoritma *nearest neighbor* merupakan teknik yang sederhana dan terbuka untuk berbagai macam variasi masalah. Pada algoritma ini, peraturannya hanya pergi ke *node* terdekat yang belum dikunjungi dengan mengikutkan beberapa batasan. Cara penggunaannya dimulai dengan berangkat dari depot, setiap *node* dikunjungi hanya satu kali dan menjumlahkan waktu tur sementara dengan tidak melebihi kapasitas kendaraan Q . Apabila jumlah waktu tur sementara melebihi kapasitas kendaraan, maka kita akan memulai lagi dari depot dan mengunjungi *node* yang belum didatangi. Apabila semua *node* sudah dikunjungi, maka algoritma dihentikan. Berdasarkan hasil data yang dikumpulkan, maka setiap *node* akan dilewati tepat satu kali dan menciptakan konstruksi rute berdasarkan hasil dari algoritma.

Toth dan Vigo (2002) mendefinisikan algoritma *local search* sebagai metode *metaheuristic* yang menggunakan beberapa kombinasi dari teknik optimasi. *Local Search* sendiri berfungsi untuk memperbaiki hasil dari *initial solution*. *Local search* akan bekerja dengan baik apabila merancang beberapa jenis operator. Beberapa jenis operator *local search* adalah *2-opt intra-route* dan *Insertion inter-route* (1-0). *2-opt intra-route* merupakan proses *local search* yang memindahkan *arc* suatu rute ke *arc* lainnya pada rute yang sama. Sedangkan *Insertion inter-route* (1-0) merupakan proses memindahkan satu titik ke titik pelanggan lainnya dari satu rute ke rute lainnya. Proses kombinasi *local search* dilakukan secara mutasi

2.3 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data bertujuan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan pada permasalahan yang dihadapi oleh CV. IFFA. Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah jumlah pelanggan CV. IFFA di Kabupaten Karawang, jarak antar titik pelayanan dan depot, *demand* tiap pelanggan, *time windows*, waktu pelayanan pada tiap pelanggan, dan kecepatan jelajah kendaraan.

2.4 Pengembangan Model

Pada pengembangan model, akan dilakukan pengembangan formulasi yang digunakan untuk pelaksanaan distribusi pada CV. IFFA. Persamaan yang digunakan untuk menggambarkan waktu Total Waktu Penyelesaian (TWP) adalah :

$$\min TWP = \sum S_1 + \dots + \sum S_k \quad (4)$$

Sedangkan untuk persamaan yang menggambarkan cara mendapatk total waktu kendaraan adalah sebagai berikut:

$$S_k = S_{ik} + t_i \quad (5)$$

$$S_k = S_{ik} + x_{ijk} \quad (6)$$

Adapun konstrain yang digunakan dalam permodelan distribusi yang dibuat adalah sebagai berikut:

$$S_k < a_i \quad \text{Kendaraan tidak dapat melayani pelanggan sebelum jam buka toko.}$$

$S_k \leq b_{n+1}$	Kendaraan tidak melampaui waktu operasi depot.
$S_k \leq b_i$	Kendaraan dapat melayani pelanggan sebelum jam tutup toko
$S_k \geq R_k$	Kendaraan akan istirahat pada waktu istirahat yang telah ditetapkan
$q < d_i$	Berat barang angkut kendaraan harus mencukupi kebutuhan pelanggan.

Keterangan notasi yang digunakan dapat dilihat sebagai berikut:

TWP	=	Total Waktu Penyelesaian.
x_{ijk}	=	Waktu tempuh kendaraan k dari <i>vertex</i> j (i terdahulu) ke <i>vertex</i> i
d_i	=	<i>Demand</i> pelanggan
t_i	=	Waktu pelayanan di toko pelanggan
ai	=	Jam buka pelanggan
bi	=	Jam tutup pelanggan
b_{n+1}	=	Jam tutup depot
S_k	=	Waktu rute kendaraan k
S_{ik}	=	Dimulainya waktu pelayanan pada pelanggan i untuk kendaraan k
R_k	=	Jam istirahat

2.5 Pengolahan Data

Tahap proses pengolahan data bertujuan untuk mendapatkan hasil dari tujuan penelitian ini. Pengolahan data dimulai dengan VRPTW tanpa waktu istirahat yang dimana proses pengolahan data dimulai dengan menggunakan metode *nearest neighbor* sehingga menghasilkan *initial solution*, lalu *initial solution* diperbaiki menggunakan *local search* dengan operator *2-opt intra-route*, dan hasil *2-opt intra-route* diperbaiki menggunakan *local search* dengan operator *insertion inter-route* (1-0). Proses berikutnya yaitu perhitungan VRPTW dengan waktu istirahat. Proses perhitungan VRPTW dengan waktu istirahat sama dengan VRPTW tanpa waktu istirahat.

Proses pembuatan program baik VRPTW tanpa waktu istirahat maupun VRPTW dengan waktu istirahat masing-masing menggunakan bahasa pemrograman yang sama yaitu HMTL5. Proses pembuatan program VRPTW dengan waktu dilakukan dengan cara memodifikasi program dari VRPTW tanpa waktu istirahat dengan cara menambah bata dimulainya waktu istirahat.

2.6 Analisis

Tahap analisis bertujuan menganalisis hasil dari pengolahan data. Analisis yang dilakukan berupa analisis berupa analisis jumlah kendaraan yang diperlukan dan analisis VRPTW tanpa waktu istirahat dengan VRPTW menggunakan waktu istirahat.

2.7 Kesimpulan

Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan. Kesimpulan yang digunakan harus dapat menjawab tujuan penelitian awal dari penelitian ini.

3. PROSES PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Pengumpulan Data

CV. IFFA memiliki sebuah depot di Cikampek yang beroperasi dari pukul 8:00 hingga 16:00 dengan banyaknya pelanggan pada Kabupaten Karawang sebanyak 116 toko aktif yang dikelompokkan berdasarkan kesamaan alamat. Alamat tersebut didapat berdasarkan data

milik CV. IFFA. Setelah toko aktif dikelompokkan berdasarkan alamat, maka didapatkan banyaknya titik pelayanan sebanyak 42 titik pelayanan. Dari 42 titik pelayanan, 15 diantaranya merupakan pasar yang terdapat beberapa toko aktif. Sedangkan 27 titik pelayanan lainnya merupakan milik perorangan yang jumlah toko pada tiap titik pelayanan hanya sebuah toko aktif.

Lamanya proses pelayanan rata-rata dan *demand* rata-rata tiap toko aktif adalah 10,478 menit untuk waktu rata-rata pelayanan dan 6,308 kg untuk *demand* rata-rata tiap toko. Untuk pasar, besarnya waktu pelayanan dan permintaan barang berbanding lurus dengan banyaknya toko terhadap rata-rata waktu pelayanan dan *demand* rata-rata. Proses pengumpulan data untuk waktu pelayanan rata-rata didapat dengan cara mencatat berapa lama tiap pelayanan pada tiap toko termasuk waktu *loading* dan *unloading* barang. Sedangkan *demand* rata-rata didapatkan dengan cara mencatat *demand* tiap toko. Waktu pelayanan rata-rata dan *demand* rata-rata tiap toko dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu Rata-rata dan Demand Rata-rata Toko Aktif

Waktu Pelayanan Rata-rata (menit)	Demand Rata-rata (Kg)
10.478	6.308

Jarak antar titik pelayanan tiap titik pelayanan dan depot didapat menggunakan *google maps*. Untuk kapasitas angkut kendaraan, jumlah barang yang diangkut sebanyak 350 kg. Kapasitas barang tersebut didapat berdasarkan jumlah dus yang diangkut kendaraan sebanyak 14 buah dimana masing-masing dus memiliki berat sebesar 25 kg. Berat dari dus tersebut didapat berdasarkan timbangan barang digital dengan kapasitas 120 kg. Sedangkan kecepatan rata-rata kendaraan di Kabupaten Karawang adalah 48,172 km/jam. Data kecepatan didapat menggunakan perbandingan antara total jarak perjalanan dengan lama perjalanana. Total jarak tempuh kendaraan dan total waktu tempuh kendaraan untuk mendapatkan kecepatan rata-rata dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kecepatan Rata-rata Kendaraan

Total Jarak Tempuh kendaraan (km)	Total Waktu Tempuh Kendaraan (jam)	Kecepatan Rata-rata (Km/jam)
712,95	14,8	48,172

3.2 Pengolahan Data

Untuk VRPTW tanpa waktu istirahat, proses perhitungan pertama adalah membuat *initial solution* dengan menggunakan metode *nearest neighbor*. Nilai TWP dari *nearest neighbor* sebesar 2030,192 menit. Hasil perhitungan *nearest neighbor* untuk VRPTW tanpa waktu istirahat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Nearest Neighbor untuk VRPTW Tanpa Waktu Istirahat

Kendaraan	Rute	Waktu Tempuh (menit)
1	0-19-21-23-17-15-16-24-22-20-11-10-14-2-18-9-3-6-13-43	461.888
2	0-18-1-26-27-28-25-30-31-29-7-12-5-43	461.285
3	0-39-41-35-33-36-42-37-34-40-43	444.33
4	0-32-38-43	356.364
5	0-4-43	306.325
Total Waktu Penyelesaian		2030.192

Setelah itu, hasil *initial solution* hasil *nearest neighbor* perhitungan VRPTW tanpa waktu istirahat diperbaiki menggunakan metode *local search* menggunakan operaor *2-opt intra-route*. Nilai *TWP* yang didapat hasil *2-opt intra-route* sebesar 2027,826 menit. Hasil perhitungan *2-opt intra-route* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil 2-Opt Intra-Route untuk VRPTW Tanpa Waktu Istirahat

Kendaraan	Rute	Waktu Tempuh (menit)
1	0-19-21-23-17-15-16-24-22-20-11-10-2-14-8-9-3-6-13-43	461.285
2	0-18-1-26-27-28-25-30-31-29-7-12-5-43	461.285
3	0-39-41-35-33-36-37-42-34-40-43	442.088
4	0-32-38-43	356.364
5	0-4-43	306.325
Total Waktu Penyelesaian		2027.826

Setelah perhitungan *2-opt intra-route* pada VRPTW tanpa waktu istirahat, hasil perhitungan tersebut diperbaiki kembali menggunakan *insertion inter-route* (1-0). Nilai *TWP* yang didapat berdasarkan *insertion inter-route* (1-0) sebesar 2027,826 menit. Hasil perhitungan *insertion inter-route* (1-0) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Insertion Inter-Route (1-0) untuk VRPTW Tanpa Waktu Istirahat

Kendaraan	Rute	Waktu Tempuh (menit)
1	0-19-21-23-17-15-16-24-22-20-11-10-2-14-8-9-3-6-13-43	461.285
2	0-18-1-26-27-28-25-30-31-29-7-12-5-43	461.285
3	0-39-41-35-33-36-37-42-34-40-43	442.088
4	0-32-38-43	356.364
5	0-4-43	306.325
Total Waktu Penyelesaian		2027.826

Untuk VRPTW dengan waktu istirahat, proses perhitungan pertama adalah membuat *initial solution* dengan menggunakan metode *nearest neighbor*. Nilai *TWP* dari *nearest neighbor* sebesar 2309,776 menit. Hasil perhitungan *nearest neighbor* untuk VRPTW dengan waktu istirahat dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Nearest Neighbor untuk VRPTW Dengan Waktu Istirahat

Kendaraan	Rute	Waktu Tempuh (menit)
1	0-18-21-23-17-15-16-24-22-20-11-10-14-2-8-9-6-13-43	448.541
2	0-18-3-7-12-5-33-36-42-35-41-43	466.155
3	0-1-26-27-28-25-30-31-29-43	482.988
4	0-39-34-40-32-37-43	461.422
5	0-38-4-43	490.660
Total Waktu Penyelesaian		2309.776

Setelah itu, hasil *initial solution* hasil *nearest neighbor* perhitungan VRPTW dengan waktu istirahat diperbaiki menggunakan metode *local search* menggunakan operaor *2-opt intra-*

route. Nilai *TWP* yang didapat hasil *2-opt intra-route* sebesar 2306,652 menit. Hasil perhitungan *2-opt intra-route* dapat dilihat pada Tabel 7.

Setelah perhitungan *2-opt intra-route* pada VRPTW dengan waktu istirahat, hasil perhitungan tersebut diperbaiki kembali menggunakan *insertion inter-route* (1-0). Nilai *TWP* yang didapat berdasarkan *insertion inter-route* (1-0) sebesar 2306,652 menit. Hasil perhitungan *insertion inter-route* (1-0) dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Hasil 2-Opt Intra-Route untuk VRPTW Dengan Waktu Istirahat

Kendaraan	Rute	Waktu Tempuh (menit)
1	0-19-21-23-17-15-16-24-22-20-11-10-2-14-8-9-6-13-43	448.417
2	0-18-3-7-12-5-33-36-42-35-41-43	466.155
3	0-1-26-27-28-25-30-31-29-43	442.988
4	0-39-37-34-40-32-43	458.432
5	0-38-4-43	490.660
Total Waktu Penyelesaian		2306.652

Tabel 8. Hasil Insertion Inter-Route (1-0) untuk VRPTW Dengan Waktu Istirahat

Kendaraan	Rute	Waktu Tempuh (menit)
1	0-19-21-23-17-15-16-24-22-20-11-10-2-14-8-9-6-13-43	448.417
2	0-18-3-7-12-5-33-36-42-35-41-43	466.155
3	0-1-26-27-28-25-30-31-29-43	442.988
4	0-39-37-34-40-32-43	458.432
5	0-38-4-43	490.660
Total Waktu Penyelesaian		2306.652

4. ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

4.1 Analisis Kebutuhan Kendaraan

Lama pengiriman pada VRPTW tanpa waktu istirahat yang didapat berdasarkan hasil *Local Search* dengan operator *insertion inter-route* (1-0) yaitu selama 2027,836 menit dengan jumlah kendaraan sebanyak lima buah kendaraan. Rekapitulasi hasil VVRPTW tanpa waktu istirahat dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Total Waktu Tempuh VRPTW Tanpa Waktu Istirahat

kendaraan (k)	1	2	3	4	5	Total Waktu Penyelesaian
menit	461,763	461,285	442,088	356,364	306,325	2027,826

Lama pengiriman pada VRPTW dengan waktu istirahat yang didapat berdasarkan hasil *Local Search* dengan operator *insertion inter-route* (1-0) yaitu selama 2306,652 menit dengan jumlah kendaraan sebanyak lima buah kendaraan. Rekapitulasi VRPTW dengan waktu istirahat dapat dilihat pada Tabel 10.

Untuk analisis jumlah kendaraan, banyaknya kendaraan yang dibutuhkan untuk VRPTW sebanyak 5 kendaraan, sedangkan VRPTW dengan waktu istirahat membutuhkan sebanyak 5 kendaraan juga. Jumlah kendaraan yang dimiliki oleh CV. IFFA adalah 4 kendaraan. Hal

tersebut menandakan baik penggunaan VRPTW tanpa waktu istirahat dan VRPTW dengan waktu istirahat membutuhkan tambahan 1 kendaraan lagi apa bila CV. IFFA ingin menyelesaikan target mengunjungi titik pelayanan dalam waktu satu hari di daerah Kabupaten Karawang.

Tabel 10. Rekapitulasi Total Waktu Tempuh VRPTW Dengan Waktu Istirahat

kendaraan (k)	1	2	3	4	5	Total Waktu Penyelesaian
menit	448.417	466.155	442.988	458.432	490.660	2306,652

4.2 Analisis Perbandingan VRPTW Tanpa Waktu Istirahat Dengan VRPTW Menggunakan Waktu Istirahat

Waktu tur total VRPTW (2027,826 menit) lebih singkat dari pada waktu VRPTW dengan waktu istirahat (2306,652 menit). VRPTW dengan waktu istirahat menghasilkan waktu lebih lama 278,826 menit dari pada VRPTW. Hal tersebut dikarenakan VRPTW dengan waktu istirahat menggunakan waktu istirahat sebesar 60 menit untuk tiap rute kendaraanya. Dari lima rute yang dimiliki VRPTW waktu istirahat, seluruhnya mendapatkan waktu istirahat selama 60 menit. Hal tersebut membuat VRPTW waktu istirahat memiliki waktu tambahan dalam menyelesaikan tur-nya sebesar 300 menit.

VRPTW menggunakan waktu istirahat menambahkan waktu istirahatnya kedalam total waktu penyelesaiannya sehingga menghasilkan waktu yang lebih lama. Apa bila rute VRPTW menggunakan waktu istirahat dengan total waktu penyelesaian sebesar 2306,652 menit tidak menambahkan waktu istirahatnya sebesar 300 menit, maka akan didapatkan total waktu penyelesaian sebesar 2006,652 menit. Total waktu tempuh VRPTW dengan waktu istirahat tanpa menambahkan waktu istirahat sebesar 300 menit dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. VRPTW Dengan Waktu Istirahat

Kendaraan (k)	1	2	3	4	5	Total waktu (menit)
VRPTW dengan waktu istirahat	388.417	406.155	382.988	398.432	430.660	2006.652

Perbedaan yang dihasilkan antara VRPTW dan VRPTW dengan waktu istirahat sebesar 21,174 menit. Hal tersebut dikarenakan adanya pergeseran titik pelayanan (berdasarkan penggunaan VRPTW tanpa waktu istirahat) ke kendaraan lain akibat adanya penambahan waktu istirahat selama 60 menit pada pukul 12:00. Pergeseran titik pelayanan tersebut membuat berubahnya solusi optimal yang dihasilkan.

Faktor waktu operasi kendaraan mempengaruhi waktu VRPTW dengan waktu istirahat lebih cepat daripada VRPTW tanpa waktu istirahat. Karena pengerjaan VRPTW menggunakan metode *heuristic*, waktu operasi kendaraan yang optimal tidak dapat diketahui. Dengan menambahkan waktu istirahat, ada kemungkinan waktu operasi kendaraan yang optimal dapat didekati sehingga didapatkan total waktu penyelesaian yang mendekati optimal.

Faktor berikutnya adalah kecepatan kendaraan. Dalam kasus VRPTW dengan waktu istirahat lebih cepat dari pada VRPTW tanpa waktu istirahat, hal tersebut dikarenakan kecepatan rata-rata kendaraan sebesar 48,172 km/jam lebih cocok untuk waktu beroperasi VRPTW dengan waktu istirahat sehingga didapatkan total waktu penyelesaian yang lebih baik daripada

VRPTW tanpa waktu istirahat. Perubahan kecepatan akan mempengaruhi waktu operasi kendaraan sehingga akan mempengaruhi total waktu penyelesaian yang optimal.

5. KESIMPULAN

5.1 Rangkuman

Rangkuman dari hasil analisis adalah jumlah kendaraan yang dimiliki oleh CV. IFFA saat ini adalah empat buah kendaraan. Jumlah kendaraan yang dibutuhkan hasil perhitungan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) dan VRPTW dengan waktu istirahat membutuhkan lima buah kendaraan. Maka dari itu, CV. IFFA perlu menambah satu buah kendaraan lagi apabila ingin menggunakan hasil perhitungan tersebut.

Rangkuman berikutnya adalah total waktu penyelesaian untuk daerah Kabupaten Karawang dengan menggunakan VRPTW adalah 2027,826 menit. Total waktu penyelesaian untuk daerah Kabupaten Karawang dengan menggunakan VRPTW dengan menggunakan waktu istirahat adalah 2306,652 menit. Faktor yang membuat VRPTW dengan waktu istirahat lebih cepat dari VRPTW tanpa waktu istirahat adalah kecepatan kendaraan dan pengurangan waktu operasi kendaraan.

Rangkuman yang terakhir adalah perubahan kecepatan akan mempengaruhi waktu operasi kendaraan sehingga akan mempengaruhi total waktu penyelesaian yang optimal.

5.2 Saran

Saran untuk adalah CV. IFFA lebih baik menggunakan rute hasil permasalahan VRPTW dengan waktu istirahat. Saran berikutnya untuk CV. IFFA adalah sebaiknya CV. IFFA menambah satu buah kendaraan lagi apabila ingin menggunakan rute hasil penelitian ini.

Untuk penelitian selanjutnya, penelitian ini dapat dikembangkan untuk mencakup wilayah Kabupaten Subang dan Kabupaten Purwakarta. Permasalahan VRPTW dapat ditambahkan dengan permasalahan *Periodic* dan *Multiple Products*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ini diperuntukan untuk seluruh kru CV. IFFA yang telah membantu dalam pengambilan dan pencarian informasi yang dibutuhkan pada penelitian ini. Selain itu, ucapan rasa terima kasih ini juga diperuntukan bagi kru CV. Suteki Tech yang telah membantu dalam pembuatan pemrograman metode penyelesaian permasalahan VRP.

REFERENSI

Kallehauge, B., Larsen, J. dan Marsen, O.B.G. (2001), *Lagrangian Duality Applied on Vehicle Routing with Time Windows*, Technical Report, IMM, Technical University of Denmark.

Pop, P. C., Sitar, C. P., Zelina, I., Lypse, V., dan Chira, C. (2011). Heuristic Algorithms for Solving the Generalized Vehicle Routing Problem. *International Journal Computers, Communication & Control*, 11 (1), 158-165.

Toth, P. & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. SIAM: Philadelphia.

www.maps.google.com/maps Diakses pada 27 Juni 2012.