

**Pengembangan Model *Periodic Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickups and Deliveries*
Studi Kasus: Sistem Distribusi di CV. Faromas Timor Distribution Atambua**

Lestiana Chrysilla Haryanto

Jurusan Teknik Industri / Fakultas Teknik
liinngg@hotmail.com

Abstrak - CV. Faromas Timor Distribution Atambua merupakan distributor yang mendistribusikan produk makanan dan minuman dari beberapa pabrik ternama di Indonesia, seperti PT. Sinar Sosro. Aktivitas pengiriman perusahaan terdiri dari pengiriman produk sekaligus mengambil barang yang dikembalikan berupa botol kosong. Produk yang dikirimkan dan diambil terdiri dari beberapa jenis. Strategi distribusi perusahaan adalah kanvas dimana proses distribusi produk berdasarkan pemesanan secara langsung saat melakukan kunjungan. Kunjungan ke konsumen memiliki frekuensi tertentu yaitu setiap satu kali seminggu. Permasalahan pengaturan rute pada perusahaan ini tergolong dalam *Periodic Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickups and Deliveries* (PVRPSPD). PVRPSPD merupakan salah satu variasi dari *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan mempertimbangkan waktu pengiriman yang periodik dan melakukan pengiriman sekaligus pengambilan barang. Terdapat batasan waktu oleh perusahaan dan batasan kapasitas kendaraan. Model PVRPSPD yang diterapkan disesuaikan dengan kondisi pada perusahaan. Selain itu pada penelitian ini dikembangkan prosedur *Genetic Algorithm* untuk mendapatkan solusi yang mendekati optimal dan waktu menghasilkan solusi (*run time*) yang cepat. *Genetic Algorithm* dirancang untuk mendapatkan solusi total biaya pengiriman pada kasus perusahaan. Pada prosedur ini digunakan *crossover* dan mutasi untuk mendapatkan rute alternatif yang baru sehingga dapat dibandingkan dengan rute terbaik saat ini. *Genetic Algorithm* yang diusulkan digunakan untuk menyelesaikan skenario pada kasus perusahaan.

Kata kunci: VRP, PVRPSPD, *Genetic Algorithm*, total biaya pengiriman

Abstract - CV. Faromas Timor Distribution Atambua is distributor who distributes foods and beverages product from several plant in Indonesia, like PT. Sinar Sosro. Delivering activities consist of delivery and pickup product at once. The product consist of some variant. Company's distribution strategy is canvas where distribution process based on direct order when salesman comes. Visits to the consumer has a specific frequency that each one once a week. Routing problem on this company belong to the *Periodic Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickups and Deliveries* (PVRPSPD). PVRPSPD is a variant of the *Vehicle Routing Problem* (VRP) by considering periodic delivery time and perform simultaneous pickup and delivery of goods. There is a time limit by the company and the limits of the vehicle.

PVRPSPD models are applied according to the conditions at the company. Also in this study developed Genetic Algorithm procedure to obtain near optimal solutions and fast run time. Genetic Algorithm is designed to obtain a total cost solution in the case of shipping companies. This procedure use crossover and mutation to obtain a new alternative route that can be compared to the best current route. The proposed Genetic Algorithm is used to complete the scenario in the case of the company.

Keywords: VRP, PVRPSPD, *Genetic Algorithm*, total cost

PENDAHULUAN

Sistem distribusi dan transportasi memiliki peran yang cukup besar dalam sebuah *supply chain*. Proses distribusi dan transportasi tidak terlepas dari semua eselon dalam *supply chain*. Pada awalnya, *supplier* mendistribusikan bahan baku ke semua pabrik yang membutuhkan. Selanjutnya pabrik memproduksi produk jadi dan mendistribusikan ke semua distributornya. Lalu distributor mendistribusikan produk tersebut ke *retailer* dan pada akhirnya sampai pada konsumen akhir. Semua aktivitas tersebut melibatkan distribusi dan transportasi. Demikian juga dalam menjalankan usahanya, CV. Faromas Timor Distribution menerapkan sistem distribusi dan transportasi.

CV. Faromas Timor Distribution merupakan salah satu distributor produk minuman di Atambua yang beralamat di jalan D.C. Saudale No. 10. Produk minuman yang didistribusikan merupakan produk dari PT. Sinar Sosro. Cara pendistribusian produk yang diterapkan oleh distributor ini adalah sistem kanvas. Sistem kanvas ini merupakan kebijakan PT. Sinar Sosro dalam pendistribusian produknya. Kanvas merupakan proses pendistribusian produk dengan membawa barang tanpa menunggu *order*, tetapi *salesman* melakukan *taking order* dan barang langsung diberikan saat itu juga, dalam hal ini *retailer*. Oleh karena itu, permintaan dari konsumen belum diketahui saat kendaraan berangkat. Dalam satu kendaraan terdapat satu orang *salesman* dan satu orang sopir.

Produk yang didistribusikan merupakan produk minuman dengan ukuran dan kemasan yang berbeda-beda seperti kotak dan botol plastik yang dikemas di dalam karton, sedangkan untuk botol kaca menggunakan krat. Botol kaca kosong dari produk ini dikembalikan ke pabrik melalui distributor. Botol-botol kosong ini diambil di *retailer* oleh distributor saat *salesman* distributor mengunjungi *retailer* tersebut.

Botol-botol kosong tersebut disimpan di krat. Krat ini harus terisi penuh dengan botol kosong pada saat diambil, jika belum penuh maka krat tersebut diambil pada kunjungan berikutnya.

Kunjungan ke konsumen dilakukan satu kali dalam seminggu. Setiap konsumen dikunjungi pada hari yang sama setiap minggunya. Satu minggu dihitung selama enam hari kerja. Rute yang dilewati dalam satu hari diatur berdasarkan wilayah tertentu. Pada saat pengiriman jika terjadi kekurangan stok maka kendaraan kembali ke *depot* untuk melakukan *reload* produk. Namun *reload* dilakukan jika terdapat minimum empat jenis produk yang akan di-*reload* dan kapasitas kendaraan telah mencapai jumlah tertentu. Setelah melakukan *reload*, kendaraan kembali melanjutkan perjalanan.

Dengan adanya aktivitas *reload* pada saat proses distribusi menyebabkan total jarak yang ditempuh menjadi lebih jauh, waktu yang dibutuhkan menjadi lebih banyak dan biaya yang dikeluarkan juga menjadi lebih besar. Pada kenyataannya, aktivitas ini dapat dihilangkan dengan memaksimalkan muatan pada saat berangkat. Selain itu, dengan permintaan yang baru diketahui pada saat mengunjungi konsumen, jumlah produk yang dibawa pada saat berangkat hanya diperkirakan oleh distributor. Kapasitas kendaraan untuk barang yang dikembalikan juga berdasarkan perkiraan dan pengalaman sebelumnya. Penentuan berdasarkan perkiraan dan pengalaman tergolong tidak akurat sehingga tidak bisa terlalu diandalkan.

Dalam aktivitas distribusi, distributor mempertimbangkan beberapa faktor seperti waktu perjalanan dan waktu pelayanan (*service time*), frekuensi pengiriman dalam periode yang ditentukan, jenis produk dan fluktuasi permintaan konsumen. Faktor-faktor tersebut mempengaruhi dalam penentuan rute yang menjadi masalah utama bagi distributor. Dengan sistem pengiriman kanvas dan bergantung pada faktor-faktor tersebut di atas maka penelitian ini didekati dengan model *Periodic Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickups and Deliveries*.

Model *Periodic Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickups and Deliveries* merupakan pengembangan model dimana model yang dikembangkan oleh Tasan dan Gen (2012) dipilih sebagai model acuan. Tasan dan Gen mengembangkan

model penentuan rute dengan sistem pengiriman produk sekaligus pengambilan barang yang dikembalikan (*Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickups and Deliveries*) dan diselesaikan dengan pendekatan *Genetic Algorithm*. Dalam model Tasan dan Gen (2012) digunakan kendaraan dengan kapasitas tertentu untuk melakukan aktivitas pengiriman dan pengembalian. Produk akan didistribusikan ke konsumen dan juga terdapat barang yang diambil dari konsumen tersebut.

Fungsi tujuan dalam model Tasan dan Gen (2012) adalah meminimumkan total jarak yang ditempuh oleh kendaraan. Sedangkan pada kondisi riil, distributor ingin meminimalkan biaya yang dikeluarkan baik biaya tetap maupun biaya variabel, sehingga dalam pengembangan model *Periodic Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickups and Deliveries* dilakukan penyesuaian fungsi tujuan yaitu meminimumkan total biaya yang dikeluarkan. Model Tasan dan Gen (2012) pada awalnya tidak mempertimbangkan periode waktu kunjungan ke konsumen. Model pengembangan dirancang dengan mempertimbangkan variabel dan indeks yang periodik. Selain itu juga dilakukan peramalan untuk permintaan sehingga perusahaan dapat meramalkan fluktuasi permintaan konsumen di waktu yang akan datang. Pengembangan model mencakup faktor-faktor yang mempengaruhi dalam penentuan rute sehingga pada akhirnya diperoleh total biaya yang minimum.

Tujuan dari penelitian untuk menghasilkan model usulan yang dapat membantu CV. Faromas Timor Distribution dalam menentukan rute kendaraan dengan biaya yang minimum dengan mempertimbangkan batasan-batasan yang ada. Manfaat dari penelitian ini adalah menerapkan teori yang telah dipelajari pada perkuliahan dalam masalah nyata yang terjadi di dunia kerja.

METODE PENELITIAN

Secara umum, penelitian ini jika dibandingkan dengan penelitian pada jurnal acuan adalah penambahan batasan waktu oleh perusahaan, waktu layanan, permintaan probabilistik dan sistem pengiriman yang periodik. Selain itu, dilakukan perubahan *single product* menjadi *multiproduct*. Perubahan fungsi tujuan yang awalnya minimasi jarak tempuh menjadi minimasi total biaya pengiriman.

Objek dalam penelitian ini adalah CV. Faromas Timor Distribution yang melakukan aktivitas pengiriman sekaligus pengambilan barang dari konsumen.

Langkah penelitian yang dilakukan adalah mengidentifikasi masalah, merumuskan masalah, menentukan tujuan penelitian, studi kepustakaan, mengumpulkan data, pengolahan data, dan menyusun kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada model yang diusulkan terdapat beberapa perubahan sehingga model VRPSPD awal menjadi lebih mendekati kasus nyata pada perusahaan. Beberapa perubahan yang dilakukan pada model usulan seperti:

Tabel 1. Perbandingan Model Awal dan Model Usulan

	Model Awal	Model Usulan
Jenis VRP	VRPSPD	PVRPSPD
Batasan yang dipertimbangkan	- Kapasitas kendaraan - <i>Single product</i>	- Kapasitas Kendaraan - <i>Multiproduct</i> - Batasan waktu oleh perusahaan - Waktu layanan - Permintaan probabilistik - Periodik
Kapasitas kendaraan	Homogen	Homogen
Fungsi Tujuan	Minimasi Jarak	Minimasi Biaya

Data yang digunakan untuk menyelesaikan model usulan ini adalah data permintaan dan pengambilan konsumen, kapasitas kendaraan, waktu layanan di setiap konsumen, batasan waktu kendaraan, periode waktu kunjungan dan data biaya variabel dan biaya tetap. Di bawah ini merupakan model matematis dari pengembangan model awal.

Indeks

- J : jumlah *customer node*
- J_o : jumlah semua *node* termasuk *depot*
- V : jumlah kendaraan
- T : jumlah hari (periode)
- A : jumlah produk yang dikirimkan
- B : jumlah produk yang dikembalikan

Parameter

- cap : kapasitas kendaraan
- t_{ij} : waktu antara *node* i dan j $i, j \in J_o, i \neq j$
- d_{jt} : jumlah pengiriman berdasarkan permintaan *customer node* $j \in J$ pada hari t
- p_{jt} : jumlah pengambilan berdasarkan *customer node* $j \in J$ pada hari t
- d_{jta} : produk a yang dikirimkan pada hari t ke konsumen j
- p_{jtb} : produk b yang dikembalikan pada hari t ke konsumen j
- st_{jt} : waktu pelayanan di konsumen j pada hari t
- W_v : batasan waktu kendaraan v
- v_{it} : variabel biner, 1 jika konsumen i dikunjungi pada hari t , 0 lainnya
- n : jumlah *node*
- M : angka yang cukup besar, misalnya

$$M = \max \left\{ \sum_{j \in J} (d_j + p_j), \sum_{i \in J_o} \sum_{j \in J_o, i \neq j} c_{ij} \right\} \quad (1)$$

Variabel keputusan

- l_{tv} : muatan kendaraan v ketika meninggalkan *depot* pada hari t
- l_{jt} : muatan kendaraan setelah melayani *customer node* j pada hari t
- x_{ijtv} : variabel keputusan biner yang mengindikasikan kendaraan v melakukan perjalanan dari i ke j pada hari t
- z_{tv} : variabel untuk memastikan kendaraan v digunakan pada hari t
- s_{jt} : variabel untuk mencegah terjadinya *subtours*

Minimasi total biaya yaitu biaya tetap dan biaya variabel

$$\text{Min } c_v \sum_{i \in J_o} \sum_{j \in J_o} \sum_{t \in T} \sum_{v \in V} (t_{ij} + st_{jt}) \cdot x_{ijtv} + c_f \sum_{t \in T} \sum_{v \in V} z_{tv} \quad (2)$$

Setiap hari, setiap konsumen dapat dikunjungi 1 kali

$$\sum_{i \in J_o} \sum_{v \in V} x_{ijtv} = v_{it} \quad \forall t \quad j \in J, i \neq j \quad (3)$$

Setiap hari, setiap kendaraan berangkat dari *depot*

$$\sum_{j \in J} x_{Ijtv} \leq 1 \quad \forall t, v \quad (4)$$

Setiap hari, setiap kendaraan pulang ke *depot*

$$\sum_{i \in I} x_{iLtv} \leq 1 \quad \forall t, v \quad (5)$$

Setiap hari, setiap kendaraan yang sama datang dan meninggalkan konsumen

$$\sum_{i \in I_o} x_{iptv} = \sum_{j \in J_o} x_{pjtv} \quad \forall t, v \quad p \in J \quad (6)$$

Jumlah permintaan setiap konsumen setiap hari merupakan akumulasi permintaan semua jenis produk dari konsumen tersebut

$$d_{jt} = \sum_{a \in A} d_{jta} \quad j \in J \quad \forall t \quad (7)$$

Jumlah pengembalian setiap konsumen setiap hari merupakan akumulasi pengembalian semua jenis produk dari konsumen tersebut

$$p_{jt} = \sum_{b \in B} p_{jtb} \quad j \in J \quad \forall t \quad (8)$$

Setiap hari, muatan awal setiap kendaraan merupakan akumulasi dari semua pengiriman

$$l_{tv} = \sum_{i \in I_o} \sum_{j \in J} d_{jt} x_{ijtv} \quad \forall t, v \quad i \neq j \quad (9)$$

Menyeimbangkan muatan setiap kendaraan setelah mengunjungi konsumen pertama

$$l_{jtv} \geq l_{tv} - d_{jt} + p_{jt} - M(1 - x_{Ijtv}), \quad i \in J, j \in J, i \neq j \quad \forall t, v \quad (10)$$

Menyeimbangkan muatan setiap kendaraan setelah mengunjungi setiap konsumen

$$l_{jtv} \geq l_{itv} - d_{jt} + p_{jt} - M \left(1 - \sum_{v \in V} x_{ijtv} \right), \quad i \in J, j \in J, \forall t, v \quad i \neq j \quad (11)$$

Setiap hari, jumlah muatan setiap kendaraan saat meninggalkan depot tidak melebihi kapasitas

$$l_{tv} \leq cap, \quad \forall t, v \quad (12)$$

Setiap hari, jumlah muatan setiap kendaraan setelah melayani konsumen tidak melebihi kapasitas

$$l_{jtv} \leq cap, \quad j \in J, \forall t, v \quad (13)$$

Mencegah terjadinya *subtour*

$$s_{jt} \geq s_{it} + 1 - n \left(1 - \sum_{v \in V} x_{ijtv} \right), \quad i \in J, j \in J, j \neq i \quad \forall t \quad (14)$$

Variabel *non-negative*

$$s_j \geq 0, \quad j \in J \quad (15)$$

Variabel biner, 1 jika pada hari t kendaraan v melakukan perjalanan dari i ke j

$$x_{ijtv} \in \{0,1\} \quad i \in J_o, j \in J_o \quad \forall t, v \quad (16)$$

Setiap hari, total waktu dari setiap kendaraan tidak melebihi maksimal waktu yang diberikan

$$\sum_{i \in J_o} \sum_{j \in J_o} (t_{ij} + st_{jt}) x_{ijtv} \leq W_v \quad \forall v, t \quad (17)$$

Variabel biner, 1 jika kendaraan digunakan untuk melakukan perjalanan di hari t

$$z_{tv} \in \{0,1\} \quad \forall t, v \quad (18)$$

Memastikan jika kendaraan v melakukan perjalanan dari i ke j pada hari t maka kendaraan v digunakan pada hari t

$$x_{ijtv} \leq z_{tv} \quad \forall i,j,t,v \ (i \neq j) \quad (19)$$

Untuk mendapatkan hasil dari model usulan ini, digunakan dua cara yaitu metode optimasi dan metaheuristik dengan *Genetic Algorithm*. *Genetic Algorithm* (GA) merupakan teknik pencarian yang didasarkan pada mekanisme seleksi alam dan genetika alami. *Genetic Algorithm* ditemukan oleh John H. Holland dari University of Michigan yang memulai penelitiannya pada awal tahun 1960. (Berlianty dan Arifin, 2010, hal 99). Tasan dan Gen (2012) menggunakan GA untuk menyelesaikan model VRPSPD. Terdapat beberapa tahap dalam algoritma genetika ini yaitu asumsi jumlah generasi dan ukuran populasi, inisialisasi populasi, seleksi untuk menemukan individu terbaik, kawin silang dan mutasi.

Langkah-langkah GA secara rinci adalah sebagai berikut:

1. Asumsi jumlah generasi (iterasi), ukuran populasi dan memasukkan parameter yang diperlukan
2. Melakukan inisiasi awal dengan membangkitkan populasi secara *random* sebanyak ukuran populasi yang diasumsikan. Ukuran populasi berupa jumlah kromosom yang pada model ini menggunakan *random* rute
3. Menghitung nilai *fitness* untuk setiap kromosom
4. Mengevaluasi dan menentukan nilai *fitness* terbaik kemudian dimasukkan dalam *bestfitness*
5. Melakukan iterasi berdasarkan jumlah generasi, dimulai dari iterasi = 0
6. Mengambil 2 kromosom terbaik sebagai *parent* di generasi berikutnya
7. Mengacak urutan kromosom kemudian memasangkan kromosom berdasarkan acakan tersebut
8. Melakukan *crossover* dan mengecek fisibilitas
9. Melakukan mutasi dan mengecek fisibilitas
10. Menghitung nilai *fitness* untuk setiap kromosom

11. Mengevaluasi dan menentukan nilai *fitness* terbaik kemudian dimasukkan dalam *bestfitnessanak*
12. Membandingkan nilai *bestfitness* dan *bestfitnessanak*, jika nilai *bestfitness* lebih baik dari nilai *bestfitnessanak* maka nilai *bestfitness* tetap, jika tidak maka nilai *bestfitness* merupakan nilai *bestfitnessanak*
13. Jika hasil *bestfitness* lebih baik maka dilanjutkan ke iterasi berikutnya (iterasi = iterasi + 1) dan kembali ke nomor 6
14. Jika iterasi mencapai jumlah generasi maka iterasi dihentikan. Jika tidak maka kembali ke nomor 6
15. Kromosom terbaik setelah iterasi terakhir merupakan solusi untuk masalah VRPSPD yang diselesaikan

Tahap-tahap dalam *Genetic Algorithm* sebagai berikut:

1. Inisiasi awal

Tahap inisiasi awal merupakan tahap pertama dalam menjalankan prosedur algoritma genetika. Inisiasi awal bertujuan membentuk solusi awal yang belum optimal berdasarkan skenario yang ada. Langkah pertama adalah menentukan hanya melayani konsumen yang memiliki permintaan dan pengembalian. Dalam kasus ini permintaan dan pengembalian merupakan hasil peramalan berdasarkan data masa lalu. Langkah selanjutnya, mengacak urutan konsumen tersebut sehingga didapatkan rute. Kemudian berdasarkan urutan pada rute, konsumen dialokasikan pada kendaraan yang ada dengan mempertimbangkan kapasitas dan batas waktu kendaraan. Jika jumlah muatan sebelumnya dan peramalan permintaan dari konsumen selanjutnya melebihi kapasitas kendaraan, atau jumlah total waktu sebelumnya, waktu tempuh dan waktu pelayanan di konsumen selanjutnya melebihi batas waktu kendaraan, maka konsumen tersebut akan dilayani oleh kendaraan berikutnya. Setelah mendapatkan rute untuk setiap hari untuk satu periode kemudian dihitung total biaya untuk periode tersebut.

2. Prosedur GA

Setelah melakukan inisiasi awal, langkah selanjutnya adalah menjalankan prosedur GA. Langkah pertama dalam menjalankan prosedur GA yaitu memilih kromosom terbaik dari generasi sebelumnya sesuai jumlah yang ditentukan dan dimasukkan dalam *parent*. Kemudian mengacak urutan kromosom yang dipasangkan, memilih kromosom berdasarkan urutan tersebut dan dimasukkan ke dalam *parent*. Langkah berikutnya, melakukan *crossover* dan mengecek fisibilitas. Lalu melakukan mutasi dan mengecek fisibilitas. Selanjutnya, menghitung total biaya untuk kromosom tersebut yang akan menjadi *bestfitnessanak*. Langkah terakhir adalah melakukan perbandingan antara *bestfitnessanak* dan *bestfitness* untuk mendapatkan hasil terbaik.

3. Prosedur *crossover* dan mutasi

Dalam prosedur GA terdapat prosedur *crossover* dan mutasi untuk menghasilkan *childs* dari pasangan *parent* yang telah dihasilkan. Pada tahap ini secara langsung 2 kromosom dengan nilai terbaik menjadi anggota dari populasi berikutnya. Sisanya dihasilkan melalui proses *crossover* dan mutasi. *Crossover* dilakukan dengan mengambil bagian dari kromosom *parent* 1 dan menukar bagian lain dari kromosom *parent* 2. Bagian yang diambil hanya satu gen saja untuk mempermudah dan mempercepat diperolehnya hasil.

Gen dari masing-masing *parent* diambil satu gen secara acak kemudian dilakukan pertukaran. Selanjutnya dicek apakah terdapat gen yang kembar pada setiap kromosom *parent*. Jika ada, gen tersebut harus diganti dengan gen yang tidak ada pada kromosom tersebut. Lalu dilakukan cek fisibilitas dari kromosom baru tersebut. Jika hasil tersebut *feasible* maka dan kemudian dilanjutkan dengan prosedur mutasi.

Prosedur mutasi yang dilakukan hampir sama dengan prosedur *crossover* tetapi pada prosedur ini hanya melibatkan satu kromosom saja. Kromosom yang digunakan merupakan kromosom yang telah melewati *crossover*. Prosedur mutasi dapat dilakukan jika bilangan *random* yang dihasilkan kurang dari probabilitas mutasi yang telah ditentukan. Jika syarat tersebut terpenuhi maka

mutasi dilakukan dengan memilih secara acak satu gen yang akan ditukar. Selanjutnya dicek apakah terdapat gen yang kembar. Jika ada, gen tersebut harus diganti dengan gen yang tidak ada pada kromosom tersebut. Lalu dilakukan cek fisibilitas dari kromosom baru tersebut. Jika hasil tersebut *feasible* maka kromosom tersebut dimasukkan sebagai populasi baru.

4. Cek Fisibilitas

Langkah cek fisibilitas adalah langkah pengecekan rute baru yang terbentuk dari *crossover* dan mutasi pada kromosom. Langkah pengecekan hampir sama seperti pada inisiasi awal tetapi pada langkah ini menggunakan rute baru yang didapatkan dari hasil *crossover* dan mutasi. Pada langkah ini juga dilakukan perhitungan total biaya untuk setiap kromosom sehingga diperoleh nilai *fitness* terbaik. Nilai *fitness* terbaik kemudian dibandingkan dengan nilai *fitness* terbaik pada iterasi sebelumnya.

Perbandingan hasil metode optimasi dan *Genetic Algorithm* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Metode Optimasi dan *Genetic Algorithm*

	Metode Optimasi	Metode GA
Min Biaya	Rp. 381.002	Rp. 381.840
	Rute	
Hari ke-1	Depot – C4 – C5 – C3 – C2 – C1 – Depot	Depot – C4 – C2 – C1 – C5 – C3 – Depot
Hari ke-2	Depot – C18 – C17 – C16 – C15 – C14 – Depot	Depot – C14 – C18 – C17 – C15 – C16 – Depot
Hari ke-3	Depot – C26 – C25 – C24 – C27 – C23 – Depot	Depot – C27 – C25 – C23 – C24 – C26 – Depot
Hari ke-4	Depot – C1 – C2 – C3 – C5 – C4 – Depot	Depot – C3 – C1 – C5 – C2 – C4 – Depot
Hari ke-5	Depot – C17 – C18 – C16 – C15 – C14 – Depot	Depot – C14 – C17 – C16 – C15 – C18 – Depot
Hari ke-6	Depot – C25 – C24 – C27 – C23 – C26 – Depot	Depot – C25 – C27 – C24 – C26 – C23 – Depot
Run Time	28 detik	16,1 detik

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa *Genetic Algorithm* menghasilkan solusi yang mendekati hasil dari metode optimasi. Minimal biaya yang dikeluarkan pada metode optimasi 0,22% lebih rendah dari GA. Dari segi *run time* program, GA mampu menyelesaikan dalam waktu yang lebih singkat yaitu 16,1 detik

sedangkan metode optimasi membutuhkan waktu 28 detik. GA 1,74 kali lebih cepat dibandingkan metode optimasi. Dari hasil analisa ini dapat disimpulkan bahwa metode pendekatan dengan *Genetic Algorithm* telah berjalan dengan baik dan mendekati hasil optimum yang diharapkan dengan waktu yang lebih cepat.

Berdasarkan hasil di atas, *Genetic Algorithm* tersebut digunakan untuk menyelesaikan kasus nyata pada CV. Faromas Timor Distribution Atambua. Solusi yang dihasilkan pada *Genetic Algorithm* kemudian dibandingkan dengan rute perusahaan. Perbandingan antara hasil GA dan rute perusahaan dilakukan dilakukan dalam kurun waktu 2 minggu dengan frekuensi kunjungan satu kali seminggu. Pada kasus pengiriman tanggal 15-27 Juli 2013, terdapat perbedaan dari segi biaya dan utilitas kapasitas antara *Genetic Algorithm* dengan rute perusahaan. Hal ini juga dipengaruhi oleh jumlah produk yang dibawa pada saat berangkat sehingga menghasilkan biaya kekurangan dan kelebihan. Jumlah yang dibawa saat berangkat pada metode *Genetic Algorithm* menggunakan data hasil peramalan sebesar 92 unit atau 36,8% sedangkan pada perusahaan sebesar 160 unit atau 64% dari kapasitas kendaraan. Perbedaan utilitas ini terjadi karena pada perusahaan jumlah yang dibawa berdasarkan perkiraan dan pada akhir perjalanan jumlah barang yang tersisa banyak. Sedangkan pada *Genetic Algorithm*, jumlah yang dibawa berdasarkan peramalan dan sisa barang yang dibawa pulang sedikit bahkan habis. Rute perusahaan membutuhkan total biaya Rp. 1.170.005, sedangkan *Genetic Algorithm* membutuhkan biaya Rp. 1.035.300. Berdasarkan perbandingan tersebut, dapat dilihat bahwa *Genetic Algorithm* dapat menghasilkan rute yang lebih baik daripada rute perusahaan. Hal ini dilihat dari total biaya hasil *Genetic Algorithm* yang memiliki selisih sebesar Rp. 134.705 jika dibandingkan dengan rute perusahaan. Dengan demikian dengan menggunakan *Genetic Algorithm* perusahaan dapat menghemat 11,51% biaya yang dikeluarkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Rancangan *Genetic Algorithm* untuk menyelesaikan model PVRPSPD di distributor CV. Faromas Timor Distribution Atambua dapat digunakan untuk menyelesaikan kasus sesuai kondisi perusahaan, untuk menghasilkan solusi yang mendekati optimal. Penelitian ini mengembangkan model PVRPSPD untuk meminimasi total biaya pengiriman dengan mempertimbangkan batasan waktu kendaraan.
2. Pada skenario menggunakan sebagian data perusahaan dengan 15 konsumen selama 6 hari, metode optimasi untuk model PVRPSPD menghasilkan keputusan rute dengan total biaya pengiriman sebesar Rp. 381.002/minggu dengan *run time* selama 28 detik. Menggunakan data yang sama, *Genetic Algorithm* menghasilkan rute dengan total biaya sebesar Rp. 381.840/minggu dengan *run time* selama 16,1 detik. Oleh karena itu, *Genetic Algorithm* layak digunakan pada kasus perusahaan.
3. *Genetic Algorithm* yang dihasilkan kemudian diuji untuk menyelesaikan kasus riil CV. Faromas Timor Distribution Atambua. Solusi yang dihasilkan oleh *Genetic Algorithm* tersebut dibandingkan dengan rute perusahaan saat ini. Dari satu periode pengiriman yaitu selama dua minggu dengan frekuensi pengiriman satu kali seminggu pada hari yang sama, *Genetic Algorithm* dapat menghasilkan total biaya pengiriman yang lebih baik dari perusahaan saat ini. *Genetic Algorithm* menghasilkan total biaya sebesar Rp. 1.035.300 untuk satu periode tersebut. Nilai tersebut lebih rendah 11,51% dibandingkan rute perusahaan.

Terdapat dua saran dalam penelitian ini yaitu saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya dan saran untuk perusahaan. Saran untuk pengembangan selanjutnya yaitu:

1. Model yang dikembangkan menggunakan data waktu permintaan yang sudah ditentukan frekuensi pengirimannya pada hari tertentu. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan untuk merancang model dengan waktu permintaan yang belum diketahui.
2. Dari hasil pengolahan dan perancangan *Genetic Algorithm* dapat dilihat bahwa solusi yang dihasilkan hanya mempertimbangkan batasan waktu dan kapasitas

kendaraan, namun tidak mempertimbangkan batasan waktu setiap konsumen. Oleh karena itu dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan VRPTW (*Vehicle Routing Problem with Time Windows*).

3. Dari hasil pengolahan dan perancangan *Genetic Algorithm* dapat dilihat bahwa solusi yang dihasilkan hanya mempertimbangkan kapasitas kendaraan yang homogen sehingga dapat dikembangkan model dengan batasan kapasitas yang heterogen.
4. Pada penelitian ini, dimensi barang (karton dan krat) diasumsikan seragam untuk semua jenis barang dan karakteristik barang dianggap sama. Sedangkan pada kondisi nyata, dimensi dan karakteristik barang yang berbeda-beda setiap jenisnya. Oleh karena itu terbuka penelitian yang mempertimbangkan dimensi dan karakteristik barang yang berbeda-beda. Selain itu juga dapat ditambahkan tidak semua jenis barang dikembalikan, seperti pada penelitian ini hanya krat botol kosong sedangkan kardus tidak dikembalikan.

Saran dalam penelitian ini untuk perusahaan adalah perusahaan sebaiknya menerapkan *Genetic Algorithm* yang telah dirancang dalam menentukan rute pengiriman perusahaan. Dengan demikian, perusahaan dapat menghemat total biaya yang dikeluarkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ballou, R.H., (2004), *Business Logistic/Supply Chain Management*, Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Baptista, S, Oliveira, R.C., Zuquete, E., (2002), "A Period Venhicle Routing Case Study", *European Jurnal of Operational Research* 139, hal. 220-229.
- Berlianty, I., Arifin,M., (2010), *Teknik-Teknik Optimasi Heuristik*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Blumberg, Donald, F., (2005), *Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes*, CRC Press, Florida.

- Bodin, L., Golden, B., Assad, A., & Ball, M., 1983, *Routing and Scheduling of Vehicles and Crews: The State of The Art*, USA: Pergamon Press.
- Bonzarth, C.C., Handfield, R.B., 2013, *Introduction to Operations and Supply Chain Management: 3rd Edition*, New Jersey: Pearson Education Inc.
- Bowersox, D. J., *et al.*, (2010), *Supply Chain Logistic Management*, Singapore: Mc Graw Hill.
- Catay, B., 2010, "A New Saving-Based Ant Algorithm for The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery", *Expert Systems with Application*, Vol. 37, hal. 6809-6817.
- Chen, J.-F., 2006, "Approaches for The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Deliveries and Pickups", *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, Vol. 23, No. 2, hal. 141-150.
- Chopra, S., Meindl, P., (2013), *Supply Chain Management*, fifth Edition, Pearson Education International, New Jersey.
- Cordeau, J.F., Laporte G., Savelsbergh, M.W.P., dan Vigo, D. (2007), Vehicle Routing, 347-428 *dalam* Barnhart, C. dan Laporte, G., Eds, *Handbook in Operation Research and Management Science: Transportation*, 14, 783p., Elsevier, North Holland
- Erbao, C., Mingyong, L., (2010), "An improved differential evolution algorithm for vehicle routing problem with simultaneous pickups and deliveries and time windows", *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 23, hal. 188-195.
- Kamaluddin, R., 1987, *Ekonomi Transportasi*, Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Makridakis, Wheelwright, McGee., (1999), "Metode dan Aplikasi Peramalan", Jakarta: Bina Rupa Aksara.
- Montane, F., Galvao, R., 2006, "A Tabu Search Algorithm for The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-up and Delivery Service", *Computers & Operations Research*, Vol. 33, hal. 595-619.

- Nagy, G., Salhi, S., 2005, "Heuristic Algorithms for Single and Multiple Depot Vehicle Routing Problems with Pick-ups and Deliveries", *European Journal of Operation Research*, Vol. 162, hal. 126-141.
- Pujawan, I. N., (2005), *Supply Chain Management*, Surabaya: Guna Widya
- Reimann, M., et al., (2003), "Analyzing a Unified Ant System for the VRP and Some of Its Variants", *EvoWorkshops: LNCS 2611*, hal. 300-310.
- Santoso, B., Willy, P., (2011), *Metoda Metaheuristik Konsep dan Implementasi*, Surabaya: Guna Widya.
- Tasan, A.S., Gen, M. (2012). "A genetic algorithm based approach to vehicle routing problem with simultaneous pick-up and deliveries", *Computers & Industrial Engineering* 62, hal. 755-761