

**PENYELESAIAN *VEHICLE ROUTING PROBLEM*
DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA *TABU SEARCH* UNTUK MENENTUKAN RUTE
DISTRIBUSI YANG OPTIMAL
(STUDI KASUS DI PT. EXPRAVET NASUBA)**

Hanifah Aisyah¹, Faiz Ahyaningsih²
^{1,2}Jurusan Matematika, Universitas Negeri Medan
E-mail : hanifahaisyahh12@gmail.com

ABSTRACT

This research was conducted at PT. Expravet Nasuba which is a livestock and fisheries company one of them is the sale of fish fillet. So far the problems experienced by the company are the high total shipping costs and not optimal travel time. Problems with shipping route arrangements for this company can be classified in the VRP. VRP or called Vehicle Routing Problem is a problem of the distribution of stuff/products. The purpose of VRP is to get maximum possible profit by determining distance, travel time, and transportation costs. VRP is an NP-Hard problem that is difficult to resolve and requires a long computing time. Therefore is used heuristic algorithm design, namely taboo search algorithm to resolve VRP problems. The VRP analysis results show that the product distribution journey of Mitsubishi Colt Diesel 110ps does not exceed the specified vehicle capacity, this serves to avoid product defects due to excess cargo in the vehicle box. By using the tabu search algorithm the fulfillment of the objective function of the VRP results in a route with a minimum delivery time than the current route of the company. There was a decrease in the percentage of 5,1% distance, 4,7% travel time, and 2,2% in transportation costs.

Keywords: Transport, Heuristics, Tabu Search, Vehicle Routing Problem.

Abstrak

Penelitian ini dilakukan di PT. Expravet Nasuba yang merupakan perusahaan di bidang peternakan dan perikanan salah satunya penjualan ikan *fillet*. Selama ini permasalahan yang dialami perusahaan adalah total biaya pengiriman yang tinggi dan waktu tempuh yang belum optimal. Permasalahan pengaturan rute pengiriman pada perusahaan ini dapat digolongkan dalam VRP. VRP atau disebut *Vehicle Routing Problem* merupakan permasalahan pendistribusian barang/produk. Tujuan dari VRP yaitu memperoleh keuntungan semaksimal mungkin dengan menentukan jarak, waktu tempuh, serta biaya transportasi. VRP merupakan permasalahan *NP-*

Hard sehingga sulit untuk diselesaikan dan membutuhkan waktu komputasi yang lama. Oleh karena itu digunakan perancangan algoritma heuristik, yaitu algoritma *tabu search* untuk menyelesaikan permasalahan VRP. Hasil analisis VRP menunjukkan bahwa perjalanan distribusi produk dari kendaraan Mitsubishi Colt Diesel 110ps tidak melebihi kapasitas kendaraan yang telah ditentukan, hal ini berfungsi untuk menghindari kecacatan produk akibat berlebihnya muatan dalam box kendaraan. Dengan menggunakan algoritma *tabu search* terpenuhinya fungsi tujuan dari VRP yang menghasilkan rute dengan waktu dan total biaya pengiriman yang lebih minimum daripada rute perusahaan saat ini. Terjadi persentase penurunan pada jarak tempuh 5,1%, waktu tempuh 4,7%, dan 2,2% pada biaya transportasi.

Kata kunci: Transportasi, Heuristik, *Tabu Search*, *Vehicle Routing Problem*.

Pendahuluan

Proses distribusi tentunya tidak terlepas dari kegiatan transportasi, dan dapat dikatakan bahwa kegiatan transportasi mempunyai peranan penting bagi industri karena produsen mempunyai kepentingan agar barangnya diangkut sampai kepada konsumen tepat waktu, tepat pada tempat yang telah ditentukan, dan barang dalam kondisi yang baik. Transportasi merupakan rangkaian kegiatan memindahkan/mengangkut barang dari produsen sampai kepada konsumen dengan menggunakan salah satu moda transportasi, yang dapat meliputi moda transportasi darat, laut/sungai maupun udara [7].

Dalam pendistribusian barang, kendaraan milik perusahaan mengirimkan barang ke seluruh konsumen yang ada, umumnya dikenal sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP juga disebut usaha yang dilakukan perusahaan untuk mengoptimalkan pendistribusian barang dengan meminimalkan biaya pendistribusian

barang melalui penentuan rute optimal kendaraan. Dalam VRP, perusahaan disebut sebagai depot dan konsumen sebagai *node*. Setiap konsumen hanya boleh dilayani oleh satu kendaraan, dimana kendaraan berangkat dari depot dan diakhiri di depot yang sama.

VRP dapat terselesaikan dengan menggunakan berbagai variasi metode heuristik, salah satunya adalah algoritma *Tabu Search* (TS). Yang mana algoritma *tabu search* merupakan metode optimasi untuk mencari solusi optimal, dengan rute yang memiliki total jarak tempuh minimum dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan [5].

Kajian Pustaka

1. *Vehicle Routing Problem* (VRP)

Vehicle routing problem (VRP) secara umum diartikan sebagai masalah penentuan rute bagi sejumlah kendaraan yang bertujuan untuk meminimasi biaya transportasi dan

memenuhi sejumlah batasan yang mencerminkan karakteristik dari situasi nyata [1]. Dalam masalah rute kendaraan, terdapat pembatasan jumlah simpul yang dikunjungi dengan satu kali perjalanan sehingga melewati semua simpul dengan rute yang berbeda yang dimulai serta berakhir pada titik awal [2]. Permasalahan VRP termasuk pada jenis permasalahan *NP-Hard* (*nondeterministic polynomial-time hard*), yang berarti usaha komputasi yang digunakan akan semakin sulit dan lama seiring dengan meningkatnya ruang lingkup masalah. Untuk masalah seperti ini, biasanya yang dicari adalah aproksimasi solusi yang terdekat, karena solusi tersebut dapat dicari dengan cepat dan cukup akurat [6]. Adapun indeks, parameter dan variabel yang digunakan dalam representasi model VRP ialah :

- $i, j = 1, 2, \dots, n$
- n = jumlah *nodes*
- $v = 1, 2, \dots, l$
- d_i merupakan permintaan konsumen ke- i ,
- Q_v merupakan kapasitas maksimum kendaraan v ,
- $c_{i,j}$ merupakan jarak yang ditempuh dari konsumen i ke konsumen j ,
- $t_{i,j}$ merupakan waktu yang ditempuh dari konsumen i ke konsumen j ,
- l merupakan suatu kendaraan yang telah diketahui kapasitasnya,
- $w_{i,j}$ merupakan bobot kendaraan,

Variabel keputusan ;

$$x_{i,j}^v = \begin{cases} 1, & \text{jika kendaraan } v \text{ mengunjungi} \\ & \text{pelanggan } j \text{ setelah pelanggan } i. \\ 0, & \text{lain-lain.} \end{cases} \quad (2.1)$$

Fungsi tujuannya adalah meminimumkan jarak tempuh dan total biaya perjalanan ;

min

$$Z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \sum_{v=1}^l c_{i,j} t_{i,j} x_{i,j}^v \quad (2.2)$$

Fungsi kendala ;

- Menjamin bahwa satu kendaraan memulai perjalanan distribusi berawal dari depot dan kembali ke depot.

$$\sum_{j=2}^n x_{i,j}^v = 1; \forall v = 1, 2, \dots, l. \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=2}^n x_{i,1}^v = 1; \forall v = 1, 2, \dots, l. \quad (2.4)$$

- Untuk menjamin kontinuitas rute dari setiap kendaraan yang beroperasi , kendaraan yang telah selesai melayani pelanggan ke- i diharuskan segera pergi untuk melayani pelanggan berikutnya.

$$\sum_{i=2}^n x_{i,f}^v = \sum_{j=2}^n x_{f,j}^v;$$

$$\forall v = 1, 2, \dots, l; \forall f = 1, 2, \dots, n.$$

(2.5)

- Memastikan total permintaan pelanggan (d_i) pada satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan (Q_v) yang sedang beroperasi pada rute tersebut.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_i x_{i,j}^v \leq Q_v; \forall v = 1, 2, \dots, l. \quad (2.6)$$

- Untuk memastikan permintaan pada tiap konsumen telah dipenuhi, maka bobot dari permintaan konsumen pada saat kembali ke depot ialah kosong. Pada (2.8) menunjukkan variabel bilangan biner.

$$\sum_{j \in v} \sum_{v=1}^l w_{i,j} x_{i,j}^v = 0; \forall j \in v \setminus \{n, 1\} \quad (2.7)$$

$$x_{i,j}^v \in \{0, 1\}; \forall i, j = 1, 2, \dots, n, \quad \forall v = 1, 2, \dots, l \quad (2.8)$$

Fungsi dari VRP dalam penelitian ini untuk mencari solusi permasalahan rute dengan kendaraan yang diperbolehkan untuk melaksanakan perjalanan distribusi. Variabel keputusan dari VRP pada penelitian ini apabila $(x_{i,j})$ yang merupakan perjalanan rute dari kendaraan v mengunjungi pelanggan j setelah pelanggan i , akan bernilai 1 apabila ketetanggaan atau *adjacency*, dan 0 apabila tidak terdapat *adjacency*. Selain itu tujuan dari VRP dalam penelitian ini untuk meminimumkan $(c_{i,j})$ yaitu jarak tempuh, $(t_{i,j})$ yaitu waktu tempuh dari konsumen i ke konsumen j yang mana $i, j = 1, 2, \dots, n$, serta meminimumkan total biaya perjalanan dari satu kendaraan v . Untuk memenuhi tujuan dari VRP, berikut ini diberikan penjelasan singkat langkah-langkah penyelesaian VRP dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Menjamin bahwa satu kendaraan v

memulai perjalanan distribusi yang berawal dari depot dan kembali ke depot yaitu titik 1.

2. Menjamin perjalanan rute $(x_{i,j})$ apabila telah menyelesaikan satu konsumen, maka diharuskan segera pergi untuk melanjutkan titik konsumen lainnya.
3. Memastikan bahwa total permintaan pelanggan (d_i) pada setiap perjalanan rute $(x_{i,j})$ tidak melebihi kapasitas maksimum kendaraan (Q_v) . (Q_v) didapat dari pengurangan max GVW dan berat *chassis*. Dimana *Max Gross Vehicle Weight* merupakan berat total dari kendaraan. Sedangkan berat *chassis* merupakan kerangka yang berfungsi menompang berat kendaraan, mesin serta berat penumpang.
4. Memastikan permintaan tiap pelanggan (d_i) telah terpenuhi, maka didapat bobot akhir kendaraan 0 atau $(w_{i,j}) = 0$.

2. Algoritma Tabu Search

Tabu search (TS) adalah suatu metode optimasi matematis yang termasuk ke dalam kelas *local search*. TS kemudian memperbaiki performansi *local search* dengan memanfaatkan penggunaan struktur *memory*. Sebagian solusi yang pernah dibangkitkan ditandai dengan "tabu" (dalam ejaan lain "taboo" yang berarti sesuatu yang terlarang), sehingga algoritma TS tidak akan mengunjungi solusi tersebut secara berulang. Algoritma TS juga bisa menerima

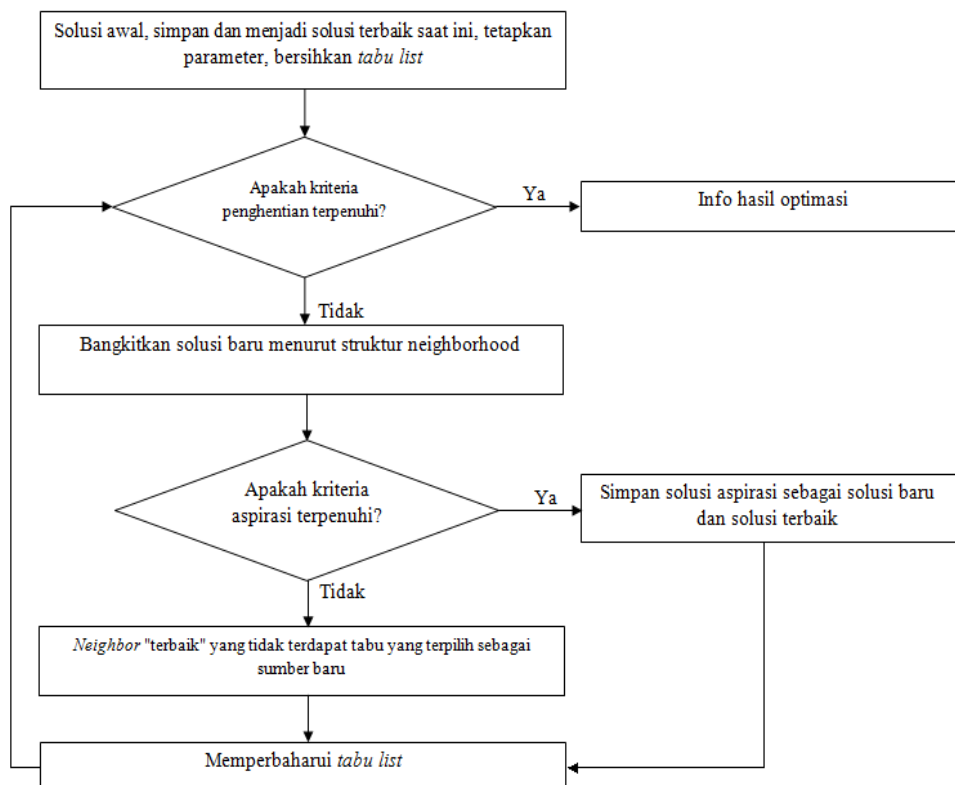
solusi yang lebih buruk daripada solusi saat ini. Untuk menjaga agar solusi terbaik tidak hilang, TS menyimpan solusi terbaik dan terus mencari berdasarkan solusi terakhir. Selain itu, metode ini mengingat sebagian solusi yang pernah ditemui dan melarang untuk menggunakan solusi yang telah ditelusuri untuk menghindari pengulangan yang sia-sia. Hal ini yang membuat TS menjadi lebih efisien dalam hal usaha dan waktu.

Hubungan antara VRP dan algoritma *tabu search* salah satunya adalah

kenyataan bahwa VRP merupakan *NP-hard problem*, dan algoritma *tabu search* merupakan cara untuk menyederhanakan *NP-hard problems* sehingga dapat dicari sebuah solusi yang efisien. Solusi yang merujuk pada penelitian ini ialah solusi dari rute pendistribusian, dan biaya transportasi yang termasuk sebuah model dari VRP [8].

2.1 Perancangan Sistem Algoritma *Tabu Search*

Secara umum sistem dirancang mengikuti alur skema berikut ini:



Gambar 1: *Flowchart* Algoritma *Tabu Search* [4]

Langkah-langkah yang harus dikerjakan pada metode *tabu search* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan solusi awal. Solusi awal pada penelitian ini telah

ditentukan yaitu 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-1.

2. Menentukan solusi alternatif yaitu dengan melakukan *swap*

- (menukarkan) dua titik dalam solusi.
3. Mengevaluasi solusi-solusi alternatif dengan *tabu list* untuk melihat apakah kandidat solusi (solusi alternatif) tersebut sudah ada pada *tabu list*. Apabila solusi alternatif sudah ada dalam *tabu list*, maka solusi alternatif tersebut tidak akan dievaluasi lagi. Apabila solusi alternatif belum terdapat dalam *tabu list*, maka solusi alternatif tersebut disimpan dalam *tabu list* sebagai solusi alternatif terbaik.
 4. Memilih solusi terbaik dari semua daftar calon solusi alternatif dan menentukannya sebagai solusi optimum baru.
 5. Memperbarui *tabu list* dengan memasukkan solusi optimum baru.
 6. Apabila kriteria pemberhentian

terpenuhi maka proses berhenti dan diperoleh solusi optimum. Jika tidak, proses kembali berulang dimulai dari langkah kedua [3].

1. Data Masukan

Data masukan merupakan data yang dimasukkan oleh pengguna dimana data masukan tersebut kemudian diproses program untuk menghasilkan sebuah solusi. Data yang digunakan pada penelitian ini ialah data jarak dan waktu produsen-konsumen dan antar konsumen. Keseluruhan titik berjumlah 19, dengan 18 titik merupakan titik konsumen PT. Expravet Nasuba yang tersebar di dalam kota Medan, dan 1 titik produsen yaitu titik PT. Expravet Nasuba yang terletak di Jln. YOS Sudarso Km. 8,8 No.88 Mabar, Medan Deli, Kota Medan.

Jarak Pendistribusian (meter)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0	8200	8200	6700	9600	11700	10700	0	7000	8500	0	8700	9800	12400	9100	0	18000	0	14000
2	8200	0	200	6500	3000	4200	4000	0	1000	260	2000	2000	3000	3300	0	4600	0	3000	4400
3	8200	200	0	7000	3000	4000	3600	0	950	350	1500	1900	3100	3200	0	4300	0	2600	4200
4	6700	6500	7000	0	8900	10700	9800	0	6700	7100	7600	8000	9300	9700	7200	20000	8000	8800	10900
5	9600	3000	3000	8900	0	4700	2100	3600	2500	3600	2000	1700	1600	2200	5500	6600	8300	2500	3800
6	11700	4200	4000	10700	4700	0	3000	0	4700	4100	4100	4300	3700	3300	9400	3800	8800	4100	2500
7	10700	4000	3600	9800	2100	3000	0	0	3700	3600	3200	2900	2100	1700	6700	4800	9100	2400	1900
8	0	0	0	0	3600	0	0	0	1400	2500	3000	3200	3900	4500	4400	6300	7600	3900	6100
9	7000	1000	950	6700	2500	4700	3700	1400	0	0	2000	0	0	0	4000	6400	0	0	4400
10	8500	260	350	7100	3600	4100	3600	2500	0	0	1900	2300	3200	3600	5500	4200	0	3000	4100
11	0	2000	1500	7600	2000	4100	3200	3000	2000	1900	0	1300	2200	3400	5500	4600	0	2100	4300
12	8700	2000	1900	8000	1700	4300	2900	3200	0	0	1300	0	1100	1400	5600	4900	6700	850	3100
13	9800	3000	3100	9300	1600	3700	2100	3900	0	3200	2200	1100	0	1300	6500	5300	7900	2100	2500
14	12400	3300	3200	9700	2200	3300	1700	4500	0	3600	3400	1400	1300	0	7100	4400	7500	0	2800
15	9100	0	0	7200	5500	9400	6700	4400	4000	5500	5500	5600	6500	7100	0	9400	10100	5400	7600
16	0	4600	4300	20000	6600	3800	4800	6300	6400	4200	4600	4900	5300	4400	9400	0	7600	5800	4600
17	18000	0	0	8000	8300	8800	9100	7600	0	0	0	6700	7900	7500	10100	7600	0	8400	8400
18	0	3000	2600	8800	2500	4100	2400	3900	0	3000	2100	850	2100	0	5400	5800	8400	0	3400
19	14000	4400	4200	10900	3800	2500	1900	6100	4400	4100	4300	3100	2500	2800	7600	4600	8400	3400	0

Gambar 2: Jarak Pendistribusian (meter)

Waktu Pendistribusian (menit)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0	20	19	15	23	31	27	0	15	21	0	21	26	29	20	0	30	0	38
2	20	0	10	22	11	14	13	0	6	4	6	10	13	11	0	15	0	12	15
3	19	10	0	22	11	12	11	0	4	2	5	8	12	11	0	14	0	11	14
4	15	22	22	0	29	33	31	0	21	22	23	27	34	31	20	32	27	30	34
5	23	11	11	29	0	11	5	12	9	14	8	6	7	8	15	18	33	9	10
6	31	14	12	33	11	0	7	0	16	15	15	20	12	9	28	12	35	15	6
7	27	13	11	31	5	7	0	0	16	16	14	11	10	5	22	22	38	13	9
8	0	0	0	0	12	0	0	0	5	12	14	14	18	14	13	35	28	18	24
9	15	6	4	21	9	16	16	5	0	0	10	0	0	0	11	29	0	0	18
10	21	4	2	22	14	15	16	12	0	0	12	14	18	12	20	22	0	17	21
11	0	6	5	23	8	15	14	14	10	12	0	8	13	13	18	23	0	11	17
12	21	10	8	27	6	20	11	14	0	14	8	0	6	4	19	20	32	4	10
13	26	13	12	34	7	12	10	18	0	18	13	6	0	6	20	25	39	12	11
14	29	11	11	31	8	9	5	14	0	12	13	4	6	0	19	16	27	0	9
15	20	0	0	20	15	28	22	13	11	20	18	19	20	19	0	33	35	19	25
16	0	15	14	32	18	12	22	35	29	22	23	20	25	16	33	0	31	21	16
17	30	0	0	27	33	35	38	28	0	0	0	32	39	27	35	31	0	38	38
18	0	12	11	30	9	15	13	18	0	17	11	4	12	0	19	21	38	0	13
19	38	15	14	34	10	6	9	24	18	21	17	10	11	9	25	16	38	13	0

Gambar 3 Data Waktu Pendistribusian (menit)

Implementasi Proses Membaca Data

Proses membaca masukan diimplementasikan dengan membaca data jarak yang terdapat pada *text file* dengan ekstensi (.txt). Langkah pertama yaitu memasukkan input ataupun parameter - parameter yang digunakan dalam penelitian VRP. Berikut adalah parameter parameter yang harus ditentukan nilainya terlebih dahulu : *Input* pertama pada Gambar 1 ialah *Iteration*, yang merupakan banyaknya iterasi yang diinginkan dimana iterasi yang digunakan berjumlah 19 iterasi.

Input kedua ialah *tau* dimana *tau* merupakan pelarangan pasangan *swap* yang dipilih secara acak sebanyak *tau* iterasi.

Input ketiga ialah *tabu matrix* yang merupakan *matrix* dari pasangan *swap* yang dipilih secara acak untuk *tabu* sebanyak *tau* iterasi penggunaan *tabu matrix* sangat berguna untuk menemukan pasangan *swap tabu*.

Input keempat merupakan jumlah titik yang akan dikunjungi bagi kendaraan yaitu titik produsen dan ke-18 titik konsumen.

Input kelima ialah *input* data jarak tempuh kendaraan yaitu jarak antar produsen- konsumen(meter) dan jarak antar konsumen(meter).

Terakhir menginput penentuan titik awal dan titik akhir yang dipilih pada titik PT. Expravet Nasuba. Dimana *input* tersebut merupakan penentuan kriteria penghentian dari jumlah iterasi, tau, *tabu matrix*, titik

dan data yang akan dilakukan pengolahan guna mencapai hasil optimasi. Penelitian ini menggunakan *input* sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.

```

// data dari word yang jadi masalah pokok skripsi
iteration:19
tau:5
tabu_matrix:no
jml_node:19
start_node:1
end_node:1
0, 8200, 8200, 6700, 9600, 11700, 10700, 0, 7000, 8500, 0, 8700, 9800, 12400, 9100, 0, 18000, 0, 14000
8200, 0, 200, 6500, 3000, 4200, 4000, 0, 1000, 260, 2000, 2000, 3000, 3300, 0, 4600, 0, 3000, 4400
8200, 200, 0, 7000, 3000, 4000, 3600, 0, 950, 350, 1500, 1900, 3100, 3200, 0, 4300, 0, 2600, 4200
6700, 6500, 7000, 0, 8900, 10700, 9800, 0, 6700, 7100, 7600, 8000, 9300, 9700, 7200, 20000, 8000, 8800, 10900
9600, 3000, 3000, 8900, 0, 4700, 2100, 3600, 2500, 3600, 2000, 1700, 1600, 2200, 5500, 6600, 8300, 2500, 3800
11700, 4200, 4000, 10700, 4700, 0, 3000, 0, 4700, 4100, 4100, 4300, 3700, 3300, 9400, 3800, 8800, 4100, 2500
10700, 4000, 3600, 9800, 2100, 3000, 0, 0, 3700, 3600, 3200, 2900, 2100, 1700, 6700, 4800, 9100, 2400, 1900
0, 0, 0, 3600, 0, 0, 0, 1400, 2500, 3000, 3200, 3900, 4500, 4400, 6300, 7600, 3900, 6100
7000, 1000, 950, 6700, 2500, 4700, 3700, 1400, 0, 0, 2000, 0, 0, 0, 4000, 6400, 0, 0, 4400
8500, 260, 350, 7100, 3600, 4100, 3600, 2500, 0, 0, 1900, 2300, 3200, 3600, 5500, 4200, 0, 3000, 4100
0, 2000, 1500, 7600, 2000, 4100, 3200, 3000, 2000, 1900, 0, 1300, 2200, 3400, 5500, 4600, 0, 2100, 4300
8700, 2000, 1900, 8000, 1700, 4300, 2900, 3200, 0, 2300, 1300, 0, 1100, 1400, 5600, 4900, 6700, 850, 3100
9800, 3000, 3100, 9300, 1600, 3700, 2100, 3900, 0, 3200, 2200, 1100, 0, 1300, 6500, 5300, 7900, 2100, 2500
12400, 3300, 3200, 9700, 2200, 3300, 1700, 4500, 0, 3600, 3400, 1400, 1300, 0, 7100, 4400, 7500, 0, 2800
9100, 0, 0, 7200, 5500, 9400, 6700, 4400, 4000, 5500, 5500, 5600, 6500, 7100, 0, 9400, 10100, 5400, 7600
0, 4600, 4300, 20000, 6600, 3800, 4800, 6300, 6400, 4200, 4600, 4900, 5300, 4400, 9400, 0, 7600, 5800, 4600
18000, 0, 0, 8000, 8300, 8800, 9100, 7600, 0, 0, 0, 6700, 7900, 7500, 10100, 7600, 0, 8400, 8400
0, 3000, 2600, 8800, 2500, 4100, 2400, 3900, 0, 3000, 2100, 850, 2100, 0, 5400, 5800, 8400, 0, 3400
14000, 4400, 4200, 10900, 3800, 2500, 1900, 6100, 4400, 4100, 4300, 3100, 2500, 2800, 7600, 4600, 8400, 3400, 0
    
```

Gambar 4: Implementasi *text file* dengan ekstensi (.txt) pada Input Jarak Optimal (2.9)

Hasil dan Analisis

1 Pembentukan Kandidat

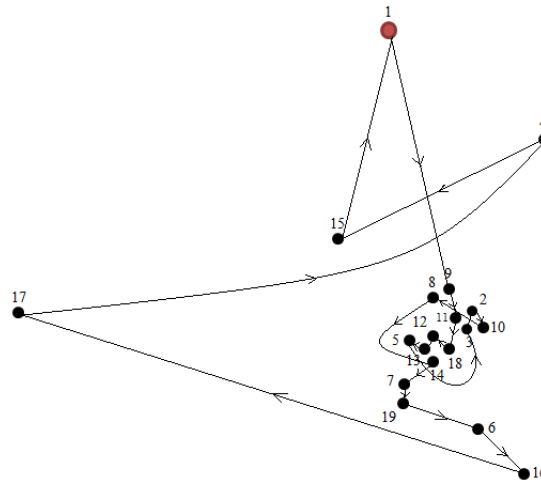
Pertukaran (*Candidate Swap*).

Representasi solusi akan dimulai dan diakhiri pada titik 1 sehingga titik 1 tidak termasuk dalam keadaan *swap*, sehingga proses dalam 1 iterasi akan menghasilkan 153 *swap*. Berikut rumus peluang kombinasi untuk pemilihan dari *swap*:

$$\begin{aligned}
 C_2^{18} &= \frac{18!}{(18-2)!2!} = \frac{18!}{(16)!(2)!} \\
 &= \frac{18 \times 17 \times 16!}{(16)!(2)!} = \frac{18 \times 17}{2} = 153
 \end{aligned}$$

2 Hasil Pengolahan Data

Didapat solusi optimal dari permasalahan VRP yang ditunjukkan pada Gambar 4 dengan tujuan untuk meminimumkan (c_{ij}) jarak tempuh, (t_{ij}) waktu tempuh, serta meminimumkan biaya transportasi dari konsumen i ke konsumen j yang berawal dari titik 1 kembali ke titik 1 yaitu PT. Expravet Nasuba.



Gambar 5 Graf Sirkuit Untuk Rute Jarak Optimal

Gambar 5 merupakan bentuk dari graf sirkuit pada rute solusi algoritma *tabu search*, yang berawal dari titik 1 - 9 - 11 - 18 - 12 - 13 - 5 - 3 - 2 - 10 - 8 - 14 - 7 - 19 - 6 - 16 - 17 - 4 - 15 - 1. Gambar 5 memperlihatkan bahwa 1 truk dapat melayani ke-18 konsumen yang tersebar di Kota Medan. Solusi yang didapat ialah 1 truk menempuh jarak 66910 m \approx 66,91 km/hari, dan memerlukan waktu 344 menit/hari, serta biaya transportasi Rp. 6.745.216,16/bulan. Sedangkan data rute kebijakan awal pada PT. Expravet sebagai berikut, 1 - 4 - 9 - 8 - 10 - 11 - 3 - 2 - 18 - 12 - 14 - 13 - 16 - 6 - 19 - 7 - 5 - 17 - 15 - 1, dengan menempuh jarak 70550 m \approx 70,55 km/hari, dan memerlukan waktu 251 menit/hari, serta biaya transportasi Rp. 6.900.000.

3 Analisis Hasil Algoritma *Tabu Search*

Tahap analisis merupakan tahap perbandingan dari variabel jarak,

waktu distribusi, serta biaya transportasi yang telah digunakan perusahaan dengan rute yang didapat dari pengolahan data menggunakan algoritma *tabu search* atau disebut rute yang diusulkan dalam penelitian ini. Kemudian untuk kesimpulan dari hasil waktu perjalanan transportasi dalam 2 rute, yaitu rute kebijakan awal, dan rute yang didapat dari solusi algoritma *tabu search* dapat dilihat pada Tabel 1..

Tabel 1 Kesimpulan Pengolahan Data

No.	Variabel	Kebijakan Awal	Jarak Optimal <i>Tabu Search</i>
1.	Jarak/hari (km)	1 - 4 - 9 - 8 - 10 - 11 - 3 - 2 - 18 - 12 - 14 - 13 - 16 - 6 - 19 - 7 - 5 - 17 - 15 - 1 = 70,55	1 - 9 - 11 - 18 - 12 - 13 - 5 - 3 - 2 - 10 - 8 - 14 - 7 - 19 - 6 - 16 - 17 - 4 - 15 - 1 = 66,91
2.	Waktu/hari (menit)	361	344
3.	Biaya Transportasi/bulan	Rp. 6.900.000	Rp. 6.745.216,16

Tabel 1 menunjukkan pengoptimalan jarak tempuh untuk rute solusi algoritma *tabu search* yang terdapat pengurangan 3640 m \approx 3,64 km/hari dengan persentase penurunan 5,1%. Kemudian untuk waktu tempuh pada rute solusi algoritma *tabu search* mengalami penurunan 17 menit/hari dengan persentase

penurunan 4,7% dari rute saat ini pada PT. Expravet Nasuba.

Biaya transportasi yang didapat pada rute solusi algoritma *tabu search* terjadi persentase penurunan 2,2% atau sekitar Rp. 154.783,84 dari biaya perbulannya rute yang saat ini digunakan pada PT. Expravet Nasuba. Dari hasil *global solution* yang didapat pada algoritma *tabu search*, terpilih rute distribusi yang optimal pada rute 1 - 9 - 11 - 18 - 12 - 13 - 5 - 3 - 2 - 10 - 8 - 14 - 7 - 19 - 6 - 16 - 17 - 4 - 15 - 1, dengan jarak 66,91 km/hari, waktu tempuh 344 menit/hari, dan biaya transportasi Rp. 6.745.216,16/bulan.

Tabel 2 Hasil Analisis Penghematan

No.	Variabel	Jarak Optimal <i>Tabu Search</i>
1.	Jarak	5,1 %
2.	Waktu	4,7%
3.	Biaya Transportasi	2,2 %

Kesimpulan

Vehicle routing problem pada penelitian ini berperan dalam menentukan rute mana saja yang dapat dilalui kemudian berperan dalam menentukan besarnya biaya transportasi yang telah ditentukan oleh PT. Expravet Nasuba. Sedangkan Algoritma *Tabu Search* dengan memakai bahasa program *java* berperan untuk mencari rute optimal yang didapat dari *global solution*, dimana penelitian ini memberikan 19 iterasi dan menentukan solusi awal atau *initial path* yang ditentukan titik

awal dan titik akhir pada titik 1 yaitu PT. Expravet Nasuba-Produsen. Solusi optimal yang terpilih pada penelitian ini ialah pada rute 1 - 9 - 11 - 18 - 12 - 13 - 5 - 3 - 2 - 10 - 8 - 14 - 7 - 19 - 6 - 16 - 17 - 4 - 15 - 1, dengan jarak 66,91 km/hari, waktu tempuh 344 menit/hari, dan biaya transportasi Rp. 6.745.216,16 /bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arvianto, A., (2014). *Model Vehicle Routing Problem Dengan Karakteristik Rute Majemuk, Multiple Time Windows, Multiple Products dan Heterogeneous Fleet untuk Depot tunggal*, Universitas Diponegoro, 2(16), 85-96.
- [2] Bapsita P., (2009). *Bio-inspired Algorithms for The Vehicle Routing Problem*, Scientific Publishing Services Pvt. Ltd, India.
- [3] Herawati, C., (2015). *Usulan Rute Distribusi Tabung Gas 12 kg Menggunakan Algoritma Nearest Neighbour Dan Algoritma Tabu Search di PT. X Bandung*, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, 3(2), 209-220.
- [4] Jaziri, W., (2008). *Local Search Techniques: Focus on Tabu Search*, I-Tech Education and Publishing, Austria.

- [5] Kusumadewi, S., (2005): *Penyelesaian Masalah Optimasi Dengan Teknik-Teknik Heuristik*, GRAHA ILMU, Yogyakarta.
- [6] Prana, R., (2007). *Aplikasi Kombinatorial pada Vehicle Routing Problem*, Institut Teknologi Bandung, 1-7.
- [7] Salim, H., (2000). *Manajemen Transportasi*, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- [8] Suyanto, (2010). *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik*, GRAHA ILMU, Yogyakarta.