

VEHICLE ROUTING PROBLEM DENGAN APLIKASI METODE NEAREST NEIHBOR

Waluyo Prasetyo^{1)*} dan Muchammad Tamyiz²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo

²⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo

*e-mail: waluyo.tin@unusida.ac.id

Abstract

Transportation problem is just like inventory, this is an activity in logistics area. This activity is possible to make some production in one place and to consume them in another place. The aim of this research were to evaluate the existing network distribution model performance and to provide suggestions to proper the network distribution model used. The applied metode to achieve the goal was Nearest Neighbor Algorithm. The results were: (a) Distance saving was 538,2 Km or 26,59%, (b) Distribution time of product could be reduced to 9,37 hours or 19,07%, (c) Fuel cost could be reduced to 403.650 rupiahs or 26,59%, (d) Driver and assistance cost could be saved to 272.850 rupiahs or 4,5%, and (f) Total of distribution cost could be saved to 676.500 rupiahs or 25,71%..

Keywords: Logistics, Distribution, Nearest Neighborhod, Distance, Cost.

Abstrak

Problematika transportasi seperti halnya persediaan, yaitu merupakan kegiatan dalam ranah logistik. Kegiatan ini memungkinkan untuk membuat produk di satu tempat dan mengkonsumsinya di tempat lain. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengevaluasi performansi dari model awal jaringan distribusi yang digunakan dan memberikan usulan-usulan untuk perbaikan pada model pengiriman produk yang dilakukan. Metode yang digunakan untuk tujuan tersebut adalah menggunakan Algoritma Nearest Neighborhod. Hasil yang diperoleh yaitu: (a) Penghematan jarak sejauh 538,2 Km atau sebesar 26,59%, (b) Waktu pendistribusian produk dapat direduksi selama 9,37 jam atau sebesar 19,07%, (c) Biaya bahan bakar yang digunakan diperoleh penghematan sebesar Rp. 403.650,- atau sebesar 26,59%, (d) Biaya sopir dan pendamping yang dikeluarkan dapat dihemat sebesar Rp. 272.850,- atau sebesar 4,50%, dan (f) Total biaya pendistribusian diperoleh penghematan sebesar Rp. 676.500 atau 25,71%.

Kata kunci: Logistik, Distribusi, Nearest Neighborhod, Jarak, Biaya.

1. PENDAHULUAN

Problematika transportasi seperti halnya persediaan, yaitu merupakan kegiatan dalam ranah logistik. Kegiatan ini memungkinkan untuk membuat

produk di satu tempat dan mengkonsumsinya di tempat lain. Kecepatan dan efisiensi transportasi memberikan banyak penjelasan tentang kota-kota yang berkembang dan apa yang

dilakukan oleh penduduknya. Sekitar \$ 600 miliar dihabiskan setiap tahun untuk kebutuhan transportasi di Amerika Serikat. Lebih dari 5 persen dari produk domestik bruto AS atau lima sen dari setiap dolar yang dihabiskan di Amerika Serikat, hampir 83 persen dihabiskan untuk transportasi dengan kendaraan bermotor (truk), dan sisanya dikonsumsi oleh moda transportasi lainnya (kereta api, laut, udara, dan jaringan perpipaan). (Goldsby, T. & Martichenko R., 2005). Sedangkan *breakdown* dari elemen logistik berdasarkan sebuah survei di Amerika yang dilakukan oleh Davis & Company (2005), mengindikasikan bahwa transportasi adalah elemen yang penting dengan komposisi 45%, *inventory carrying cost* sebesar 23%, *storage/warehousing* sebesar 22%, dan administrasi sebesar 10%.

Sistem transportasi tersebut bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pengiriman produk ke pelanggan dengan pertimbangan faktor kecepatan, ketepatan waktu, keandalan, fleksibilitas, ketersediaan, keamanan, kapasitas, dan biaya efisiensi. Pendistribusian barang dari perusahaan ke pelanggan merupakan masalah dalam keseharian di perindustrian. Sebuah rute diperlukan untuk menentukan tempat tujuan berikutnya dari sebuah kendaraan pengangkut. Jumlah tempat tujuan dan keterbatasan kapasitas kendaraan harus diperhitungkan dalam masalah ini. Rute-rute yang terbentuk memiliki tingkat efisiensi masing-masing, seperti efisiensi jarak, biaya, jumlah kendaraan, dan waktu. Masalah ini kemudian dikenal dengan istilah *Vehicle Routing Problem* (VRP).

PT Amanah Prima Indonesia (API) merupakan perusahaan penghasil juice berskala Nasional. PT API memiliki pabrik yang berlokasi di Semarang-Jawa Tengah, Jogjakarta, dan Jawa Barat. Perusahaan tersebut memiliki *Distribution Center* (DC) yaitu untuk memasok produknya ke konsumen. PT API membagi daerah pemasaran menurut lokasi dari DC yang dimilikinya, sehingga pendistribusian produk lebih efisien.

Penelitian ini membahas mengenai pendistribusian produk melalui jalan darat yaitu distribusi dengan armada truk. Pendistribusian produk ke pelanggan memerlukan perencanaan yang tepat dan perlu dipertimbangkan rute yang digunakan sehingga diperoleh biaya transportasi dengan waktu yang efisien.

Pada proses pendistribusian produk, perusahaan ini melayani konsumen dengan lokasi yang tersebar. Kapasitas produk yang diangkut terbatas jumlahnya, satu armada angkut memiliki kapasitas sebesar 5.000 liter. Perusahaan menghadapi permasalahan dalam proses pengiriman, terutama rute pendistribusian. Pelanggan yang dilayani adalah pelanggan di area Solo dengan jumlah sebanyak 90 pelanggan. Pengiriman produk ke pelanggan menggunakan urutan rute sesuai pengalaman dari sopir dan pendampingnya, sehingga waktu pendistribusian produk kurang maksimal. Hal tersebut menyebabkan tambahan jam kerja untuk mengirimkan produk sehingga menimbulkan biaya lembur untuk sopir dan pendampingnya.

1.1 *Vehicle Routing Problem*

Vehicle Routing Problema atau VRP merupakan suatu permasalahan yang berfokus pada pendistribusian barang dari

depot (gudang) perusahaan kepada pelanggannya. Pengiriman barang tersebut termasuk mengenai pelayanan yang diberikan oleh perusahaan dalam kurun waktu tertentu kepada sejumlah pelanggan dengan menggunakan kendaraan tertentu. Lokasi depot/obyek pengiriman dapat berada pada satu atau lebih lokasi. Solusi VRP berupa rute-rute yang dapat ditempuh oleh kendaraan untuk mengantarkan seluruh permintaan pelanggan, dimana setiap rute ditempuh oleh satu kendaraan yang berawal dan berakhir di depot.

Vehicle Routing Problem (VRP) pertama kali diutarakan oleh Dantzig dan Ramser. VRP adalah permasalahan kompleks dari optimisasi kombinatorial, yang merupakan gabungan dari dua permasalahan, yaitu *Travelling Salesman Problem (TSP)* dan *Bin Packing Problem (BPP)*. VRP merupakan NP-Hard, sehingga permasalahan ini sulit dipecahkan. VRP berhubungan dengan pengiriman dan/atau pengambilan barang. Masalah kritis VRP adalah rute dan pengaturan kendaraan pengangkut yang ada sehingga dapat melayani permintaan pelanggan seefisien mungkin berdasarkan pada kriteria-kriteria yang ada. Sebuah rute adalah serangkaian lokasi yang harus dikunjungi kendaraan pengangkut untuk menyelesaikan pelayanannya, misalnya pengiriman barang. Penyelesaian VRP menghasilkan rute dan dapat juga menghasilkan penjadwalan kendaraan-kendaraan pengangkut dalam rute yang terbentuk.

Permasalahan dalam *Vehicle Routing* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu permasalahan statis dan dinamis. Pada permasalahan statis, permintaan pelanggan telah diketahui sebelumnya.

Sedangkan pada permasalahan dinamis, sebagian ataupun seluruh permintaan pelanggan diketahui ketika kendaraan pengangkut sudah mulai beroperasi, yaitu ketika rute telah diatur, ataupun ada perubahan di tengah perjalanan.

VRP merupakan generalisasi dari TSP. TSP adalah VRP tanpa batasan seperti depot, pelanggan, dan permintaan. m-TSP adalah VRP dengan sebuah depot dan m kendaraan pengangkut, termasuk bila tidak ada permintaan dari pelanggan. m-TSP adalah transformasi dari TSP dengan memperbanyak jumlah depot.

Tujuan inti dari VRP adalah penentuan strategi penjadwalan kendaraan untuk pengiriman barang. Menurut Toth dan Vigo (2002) tujuan VRP adalah (i) meminimasi biaya transportasi, (ii) meminimasi jumlah kendaraan untuk melayani pelanggan, (iii) menyeimbangkan rute serta muatan kendaraan, serta (iv) meminimasi penalti, yang berhubungan dengan pelayanan kepada pelanggan. VRP digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan *routing* untuk penugasan kendaraan, pengurutan distribusi, maupun penjadwalan. *Routing* tidak hanya menyangkut permasalahan perencanaan operasional, tetapi juga menyangkut perencanaan strategis dan taktis sistem distribusi. Interaksi antara strategi-strategi tersebut akan membangun sistem distribusi yang optimal dan bisa dikembangkan menjadi topik riset menarik bagi akademisi serta praktisi.

Toth dan Vigo (2002) menyatakan bahwa beberapa karakteristik dalam VRP yang perlu diperhatikan, yaitu: Pelanggan, Depot, Pengemudi, dan Rute Kendaraan.

1.2 Metode *Nearest Neighbor*

Metode ini kali pertama diperkenalkan pada tahun 1983 dan merupakan metode yang sangat sederhana. Setiap langkah perhitungannya, dilakukan pencarian pelanggan terdekat dengan pelanggan selanjutnya sampai pelanggan yang terakhir untuk rute yang dilalui. Rute baru dimulai dengan cara yang sama apabila tidak terdapat posisi yang fisibel untuk menempatkan pelanggan baru karena kendala kapasitas atau *time windows* (Braysy & Gendreau, 2005).

Cara kerja metode ini adalah sebagai berikut: pertama-tama, semua rute kendaraan masih kosong. Dimulai dari rute kendaraan pertama, metode ini memasukkan (*insert*) satu persatu *customer* terdekat (*nearest neighbor*) yang belum dikunjungi ke dalam rute, selama memasukkan *customer* tersebut ke dalam rute kendaraan tidak melanggar batasan kapasitas maksimum kendaraan tersebut (atau batasan-batasan yang dijabarkan oleh varian VRP yang lain). Kemudian proses yang sama juga dilakukan untuk kendaraan-kendaraan berikutnya, sampai semua kendaraan telah penuh atau semua customer telah dikunjungi (Gunawan, 2012).

Langkah-langkah yang dilakukan pada aplikasi algoritma *Nearest Neighbor* (Pop, 2011) adalah sebagai berikut:

1. Proses diawali dari gudang, kemudian dilanjutkan dengan mencari lokasi pelanggan yang belum dikunjungi dengan jarak terpendek dari gudang.
2. Proses dilanjutkan ke lokasi lain dengan jarak terdekat dari lokasi yang terpilih sebelumnya dan jumlah

pengiriman tidak melebihi kapasitas kendaraan

- a. Apabila ada lokasi yang terpilih sebagai lokasi berikutnya dan terdapat sisa kapasitas pada kendaraan pengangkut, maka proses kembali ke langkah (2).
 - b. Jika kendaraan tidak memiliki sisa kapasitas, maka proses kembali ke langkah (1).
 - c. Jika tidak ada lokasi yang terpilih karena jumlah pengiriman melebihi kapasitas kendaraan, maka kembali ke langkah (1).
 - d. Proses dimulai kembali dari gudang dan mengunjungi pelanggan yang belum dikunjungi dan memiliki jarak terdekat.
3. Jika semua pelanggan telah dikunjungi tepat satu kali, maka proses algoritma berakhir.

Penyelesaian VRP dalam penelitian ini mengaplikasikan algoritma *Nearest Neighbor*. Algoritma ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan VRP sehingga diperoleh rute distribusi yang optimal, mengurangi total jarak tempuh, waktu tempuh, dan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Permasalahan pendistribusian produk yang dihadapi oleh PT API yaitu permasalahan mencari rute terpendek ke konsumen yang letaknya tersebar dengan jumlah permintaan yang berbeda-beda.

Tujuan penelitian ini adalah untuk evaluasi performansi model jaringan distribusi yang digunakan, memberikan usulan-usulan perbaikan pada model pengiriman produk yang dilakukan, mengembangkan *knowledge experience* dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Kerangka Kerja Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan proses penggambaran model awal pada distribusi produk dan usulan perbaikan pada model distribusi produk yang dilakukan. VRP dalam hal ini dideskripsikan yaitu satu depot akan melayani banyak titik sebagai *customer*. Masing-masing *customer* memiliki jumlah permintaan yang berbeda. Pada penelitian ini juga dilakukan evaluasi pada model jaringan distribusi awal yang digunakan. Usulan perbaikan model distribusi produk direkomendasikan sesuai dengan hasil aplikasi algoritma *Nearest Neighbor*.

2.2 Langkah-Langkah Penelitian

Alur pelaksanaan pada penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut:

a. Literature dan Critical Review

Beberapa literatur yang berhubungan dengan penelitian yaitu:

1. Penelitian dengan judul *A Modelling and Optimization Framework for Real-World Vehicle Routing Problems* yang dilakukan oleh Cari T. dkk (2008). Penelitian ini menunjukkan kerangka kerja pemodelan dan optimasi terintegrasi untuk memecahkan VRP kompleks dan praktis. Struktur modular *framework*, *script* untuk bahasa pemodelan, algoritma VRP, dan GUI memberikan kemudahan dan fleksibilitas tinggi bagi pengguna untuk pembuatan prototipe VRP secara cepat dan kompleks.
2. Selanjutnya yaitu pengembangan konsep VRP, VRP *Simultaneous Delivery Pick-up with Time Windows* (VRPSDPTW). Konsep ini secara nyata dapat diilustrasikan

seperti proses distribusi minuman botol, setelah memenuhi *demand* di *retailer*, truk perlu mengangkut kembali botol kosong untuk diisi kembali. Dethloff (2001) menyatakan bahwa VRPSDPTW merupakan salah satu bentuk persoalan *reverse logistic* yaitu selain mendistribusikan *demand* juga mengangkut kembali sejumlah produk ke depot. Penelitian yang dilakukan Dethloff (2001) menggunakan metode heuristik *Cheapest Insertion* dalam pencarian solusinya dengan fungsi tujuan mencari rute minimum.

3. Penelitian Murata dan Itai (2005).

Pada penelitian tersebut diusulkan masalah dengan dua periode permintaan yang berbeda. Pada setiap periode, VRP diperlakukan sebagai permasalahan multiobyektif. Pada permasalahan multiobyektif, dapat diberikan beberapa tujuan seperti meminimalkan total biaya pengiriman, biaya maksimum, jumlah kendaraan, dan total penundaan dengan tanggal pengiriman.

Pada proses ini dipelajari model-model penelitian sebelumnya, model dasar dan pendukung sebagai materi utama untuk pengembangan model.

b. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari observasi, wawancara, dan dokumentasi. Proses selanjutnya adalah pengolahan data.

c. Aplikasi *Nearest Neighbor*

Aplikasi metode pengolahan data yang digunakan adalah menggunakan Algoritma *Nearest Neighbor*.

d. Analisis Hasil Aplikasi *Nearest Neighbor*

Hasil pengolahan dari aplikasi algoritma ini dianalisis untuk selanjutnya ditarik kesimpulan dan saran.

e. Kesimpulan dan Saran

Proses akhir dari penelitian ini adalah penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Wilayah Distribusi

Total jumlah pelanggan yang dilayani oleh perusahaan untuk wilayah Jawa Tengah sebanyak 90 pelanggan. Penelitian ini menggunakan data pelanggan yang berada di wilayah distribusi Solo dan dibagi menjadi empat rute yang masing-masing dilayani oleh satu armada truk.

Tabel 4.1. Data Pelanggan yang Dilayani oleh Truk 1

Kode	Pelanggan
AI	Solo Paragon
AJ	Novotel Solo
AK	The Sunan Solo
AL	Horison Solo
AM	Royal Surakarta
AN	Grand Wahid Salatiga
AO	Aston Imperium PWKT
AP	Horison PWKT
AQ	Santika Purwokerto

Tabel 4.2. Data Pelanggan yang Dilayani oleh Truk 2

Kode	Pelanggan
AR	Horison Ultima Riss
AS	Cavinton
AT	Laras Asri Resort & Spa

Kode	Pelanggan
	Salatiga
AU	All Season (D'Seasen Jepara)
AV	Dafam Fortuna
AW	Ibis Solo
AX	Amarello Hotel
AY	Brother Hotel Solo
AZ	Atrium Purwokerto

Tabel 4.3. Data Pelanggan yang Dilayani oleh Truk 3

Kode	Pelanggan
BA	Dafam Pekalongan
BB	Horison Pekalongan
BC	Riez Palace Tegal
BD	Holiday in Express
BE	Neo Candi Hotel
BF	Gripta Kudus
BG	Dafam Cilacap
BH	Ahom Cilacap
BI	Ahom Kudus

Tabel 4.4. Data Pelanggan yang Dilayani oleh Truk 4

Kode	Pelanggan
BJ	Syariah Solo
BK	Ahom Pandanaran
BL	Tickle
BM	Move Megaland Hotel Solo
BN	Kayu Arum Resort Salatiga
BO	New Siliwangi
BP	Mutiara Garden
BQ	Sarila Solo
BR	Ning Tidar

Data permintaan produk oleh pelanggan yang dikoleksi untuk penelitian ini adalah di Wilayah Solo. Rata-rata permintaan berdasarkan pengiriman per

hari selama satu minggu pada Bulan Juni 2017.

3.2 Armada dan Kapasitasnya

Armada yang difungsikan untuk distribusi produk yaitu truk. Kapasitas muat dari truk yang digunakan adalah sebesar 5.000 liter.

3.3 Waktu Muat dan Bongkar Produk

Waktu proses pemuatan produk di truk membutuhkan waktu rata-rata satu jam dan untuk menurunkan produk dari truk diperlukan waktu rata-rata 15 menit.

3.4 Biaya Variabel untuk Transportasi

Pada proses transportasi untuk distribusi produk ke konsumen pada penelitian menggunakan biaya variabel yaitu berupa biaya bahan bakar yang digunakan oleh truk. Biaya bahan bakar yang dikonsumsi perkilometer sebesar Rp. 750,-.

3.5 Upah Harian

Untuk setiap armada truk dibutuhkan satu sopir dan satu pendamping. Semakin banyak jumlah kebutuhan hari untuk pendistribusian produk, maka semakin banyak pula upah yang dikeluarkan untuk sopir dan pendampingnya. Upah harian untuk sopir Rp 90.000,- dan Rp. 60.000,- untuk pendampingnya. Upah lembur dihitung per jam, yaitu sopir Rp 17.500,- dan Rp. 12.500,- untuk pendampingnya.

3.6 Waktu Distribusi

Total perhitungan waktu yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Waktu *warming up* mesin armada truk rata-rata 30 menit.
2. Waktu *loading* mesin armada truk rata-rata satu jam.

3. Waktu perjalanan = jarak tempuh dibagi dengan kecepatan.

4. Waktu pelayanan pelanggan = jumlah pelanggan x waktu pelayanan (rata-rata 15 menit).

5. Waktu total = (waktu *warming up* + waktu *loading* + waktu perjalanan + waktu pelayanan pelanggan).

3.7 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan adalah penghitungan biaya yang diperlukan, jarak, dan waktu tempuh pada kondisi eksisting distribusi produk. Proses selanjutnya adalah menentukan rute dengan Metode *Nearest Neighbor*. Setelah pengaplikasian Metode *Nearest Neighbor*, langkah selanjutnya adalah dilakukan penghitungan kembali pada biaya, jarak, dan waktu tempuh untuk perbandingan.

3.7.1 Jarak Awal Pendistribusian dan Jumlah Produk

Total jarak awal didapatkan dari dari perhitungan total jarak tempuh pendistribusian produk dari aplikasi di lapangan yang selama ini telah dilakukan, dan jumlah produk yang didistribusikan yaitu:

1. Armada truk I mengirimkan ke sembilan pelanggan. Total jarak pendistribusian yang ditempuh yaitu 508,47 km dengan jumlah produk yang dikirimkan sebanyak 4.965 liter.
2. Armada truk II mengirimkan ke sembilan pelanggan. Total jarak pendistribusian yang ditempuh yaitu 495,7 km dengan jumlah produk yang dikirimkan sebanyak 4.765 liter.
3. Armada truk III mengirimkan ke sembilan pelanggan. Total jarak pendistribusian yang ditempuh yaitu

599,6 km dengan jumlah produk yang dikirimkan sebanyak 4.370 liter.

4. Armada truk IV mengirimkan ke sembilan pelanggan. Total jarak pendistribusian yang ditempuh yaitu 420,1 km dengan jumlah produk yang dikirimkan sebanyak 4.975 liter.

Total jarak yang ditempuh oleh semua armada truk sebelum mengaplikasikan Metode *Nearest Neighbor* adalah 2.023,8 Km.

3.7.2 Waktu Distribusi Awal

Waktu pendistribusian produk untuk setiap rute armada adalah sebagai berikut:

1. Armada 1= 12,22 jam
2. Armada 2= 12,01 jam
3. Armada 3= 14,14 jam
4. Armada 4= 10,75 jam

Waktu total awal pendistribusian produk untuk semua area adalah 49,13 jam.

3.7.3 Biaya Bahan Bakar

Pada proses transportasi sebelum pengaplikasian Metode *Nearest Neighbor* diperoleh hasil perhitungan untuk konsumsi bahan bakar sebagai berikut:

1. Armada 1= 381.300
2. Armada 2= 371.775
3. Armada 3= 449.700
4. Armada 4= 315.075

Total biaya yang dihasilkan adalah sebesar Rp. 1.517.850,-.

3.7.4 Biaya Sopir dan Pendamping

Biaya untuk pendistribusian produk ke konsumen yang dialokasikan untuk sopir dan pendamping sebelum aplikasi Metode *Nearest Neighbor* sebesar Rp. 1.101.900,-, (terdiri dari biaya upah

normal sebesar Rp. 600.000,- dan lembur sebesar Rp. 501.900,-).

Total pengeluaran awal untuk konsumsi bahan bakar kendaraan, sopir, dan pendampingnya adalah sebesar Rp. 2.631.650,-.

3.7.5 Penentuan Rute Menggunakan Metode *Nearest Neighbor*

Proses perhitungan dengan menggunakan Metode *Nearest Neighbor* dilakukan untuk mencari urutan rute baru yang akan ditempuh oleh armada pengiriman dalam mendistribusikan produk. Rute yang baru nantinya diharapkan menjadi rute yang optimal daripada rute sebelumnya. Matriks jarak digunakan sebagai dasar perhitungan. Matriks ini diperoleh dengan menggunakan bantuan *Googlemaps*. Perhitungan dengan menggunakan Metode *Nearest Neighbor* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil Pengaplikasian Rute Baru untuk Armada Truk I

Sesudah Aplikasi NN		
No	Node	Jarak (Km)
1	CP	199
2	AN	47
3	AK	50
4	AL	1
5	AI	0.7
6	AJ	1.2
7	AM	1.6
8	AQ	96
9	AO	1
10	AP	2
Jumlah		399.5

Aplikasi menggunakan Metode *Nearest Neighbor* menghasilkan rute baru yaitu

CP-AN-AK-AL-AI-AJ-AM-AQ-AO-AP dengan jarak 399.5 Km.

CP-BD-BE-BF-BI-BA-BB-BC-BG-BH dengan jarak 469.7 Km.

Tabel 4.6 Hasil Pengaplikasian Rute Baru untuk Armada Truk II

Sesudah Aplikasi NN		
No	Node	Jarak (Km)
1	CP	189
2	AT	53
3	AU	29
4	AW	17
5	AX	0.7
6	AY	4
7	AR	13
8	AV	1
9	AS	4
10	AZ	67
Jumlah		377.7

Aplikasi menggunakan Metode *Nearest Neighbor* menghasilkan rute baru yaitu CP-AT-AU-AW-AX-AY-AR-AV-AS-AZ dengan jarak 377.7 Km.

Tabel 4.7 Hasil Pengaplikasian Rute Baru untuk Armada Truk III

Sesudah Aplikasi NN		
No	Node	Jarak (Km)
1	CP	230
2	BD	6.6
3	BE	1.5
4	BF	50
5	BI	4.6
6	BA	45
7	BB	1
8	BC	62
9	BG	64
10	BH	5
Jumlah		469.7

Aplikasi menggunakan Metode *Nearest Neighbor* menghasilkan rute baru yaitu

Tabel 4.8 Hasil Pengaplikasian Rute Baru untuk Armada Truk IV

Sesudah Aplikasi NN		
No	Node	Jarak (Km)
1	CP	119
2	BK	7.4
3	BP	1.5
4	BO	0.7
5	BN	39
6	BR	32
7	BJ	14
8	BQ	5.8
9	BM	6.3
10	BL	13
Jumlah		238.7

Aplikasi menggunakan Metode *Nearest Neighbor* menghasilkan rute baru yaitu CP-BK-BP-BO-BN-BR-BJ-BQ-BM-BL dengan jarak 238.7 Km.

Total jarak yang ditempuh oleh semua armada truk setelah mengaplikasikan Metode *Nearest Neighbor* adalah:

1. Armada 1= 399.5 Km
2. Armada 2= 377.7 Km
3. Armada 3= 469.7 Km
4. Armada 4= 238.7 Km

Total= 1.485,6 Km

3.8 Verifikasi Hasil Perhitungan

Rute yang dihasilkan dengan perhitungan menggunakan Metode *Nearest Neighbor* diverifikasi dengan cara memeriksa kesesuaian hasil perhitungan dengan jumlah pengiriman yang dipersyaratkan, yaitu tidak melebihi batas kapasitas angkut armada yang digunakan

dan melewati semua tempat distribusi tepat satu kali.

Berdasarkan data yang didapatkan, produk yang diangkut tidak melebihi batas kapasitas angkut armada. Data jumlah produk yang diangkut lebih kecil dari kapasitas angkut armada (5.000 liter).

Tabel 4.9. Verifikasi Kapasitas Angkut Armada

No	Armada Truk	Kapasitas Muatan (liter)
1	I	4.965
2	II	4.765
3	III	4.370
4	IV	4.975

Berdasarkan Tabel 4.9, dapat dilihat bahwa kapasitas muatan armada truk I sebesar 4.965 liter, armada truk II sebesar 4.765 liter, armada truk III sebesar 4.370 liter, dan armada truk IV sebesar 4.975 liter. Sehingga total semua muatan untuk setiap armada tidak melebihi kapasitas kendaraan yaitu maksimum 5.000 liter.

3.9 Perhitungan Jarak, Waktu, dan Biaya Setelah Aplikasi Metode *Nearest Neighbor*

Pada proses sebelumnya telah dihitung total jarak tempuh dengan menggunakan rute pendistribusian baru sebagai hasil dari perhitungan dengan menggunakan Metode *Nearest Neighbor*. Total jarak akan dikalikan dengan biaya variabel transportasi dan ditambahkan dengan *Total Fixed Cost*.

Waktu total pendistribusian produk untuk semua area setelah diaplikasikan Metode *Nearest Neighbor* menjadi 39,76 jam.

Pada proses transportasi setelah aplikasi Metode *Nearest Neighbor* diperoleh hasil perhitungan untuk konsumsi bahan bakar sebesar Rp. 1.114.200,-.

Biaya untuk pendistribusian produk ke konsumen yang dialokasikan untuk sopir dan pendamping setelah aplikasi Metode *Nearest Neighbor* diperoleh nilai sebesar Rp. 840.950,- (terdiri dari biaya upah normal sebesar Rp. 600.000,- dan lembur sebesar Rp. 240.950,-)

Total pengeluaran awal sesudah aplikasi Metode *Nearest Neighbor* adalah sebesar Rp. 1.955.150,-.

3.10 Analisis Hasil

Hasil perhitungan yang diperoleh dengan menggunakan Metode *Nearest Neighbor* kemudian dibandingkan dengan antara rute kondisi awal dan baru.

Berikut ini adalah Tabel Perbandingan Jarak dari sebelum dan sesudah aplikasi Metode *Nearest Neighbor*.

Tabel 4.10. Perbandingan Jarak (Km)

Jarak Awal	Jarak Baru
508,4	399,5
495,7	377,7
599,6	469,7
420,1	238,7
Total= 2.024	Total= 1.486

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa jarak tempuh diperoleh dapat dikurangi sejauh 538,2 Km.

Tabel Perbandingan Waktu dari sebelum dan sesudah aplikasi Metode *Nearest Neighbor* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Perbandingan Waktu (Jam)

Waktu Awal	Waktu Baru
12,22	10,41
12,01	10,05
14,14	11,58
10,75	7,73
Total= 49,13	Total= 39,76

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa waktu yang ditempuh dapat dikurangi selama 9,37 jam.

Tabel Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar dari sebelum dan sesudah aplikasi Metode *Nearest Neighbor* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Perbandingan BBM (Rp)

Rute Awal	Rute Baru
381.300	299.625
371.775	283.275
449.700	352.275
315.075	179.025
Total= 1.517.850	Total= 1.114.200

Berdasarkan Tabel 4.12 diperoleh penghematan untuk bahan bakar sebesar Rp. 403.650,-.

Biaya Sopir dan Pendamping pada rute awal sebesar Rp. 1,113,800,- dan sesudah aplikasi Metode *Nearest Neighbor* yaitu sebesar Rp. 840,950,- sehingga diperoleh penghematan sebesar Rp. 272.850,-.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data di atas, dapat disimpulkan antara lain:

1. Jarak total yang ditempuh oleh armada pengiriman diperoleh penghematan jarak sejauh 538,2 Km atau sebesar 26,59%.

2. Waktu pendistribusian produk dapat direduksi selama 9,37 jam atau sebesar 19,07%.
3. Biaya bahan bakar yang digunakan diperoleh penghematan sebesar Rp. 403.650,- atau sebesar 26,59%.
4. Biaya sopir dan pendamping yang dikeluarkan dapat dihemat sebesar Rp. 272.850,- atau sebesar 4,50%.
5. Total biaya pendistribusian diperoleh penghematan sebesar Rp. 676.500 atau 25,71%.

Hasil analisis di atas dapat dijadikan sebagai acuan atau rekomendasi bagi perusahaan untuk mengadopsi rute baru yang telah diperhitungkan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Braysy, O., B. Gendreau, M. 2005. Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part 1: Route Construction and Local Search Algorithms Inform. System Operation Research, 39:104-118.
- Cari T., Gali A., Fosin J., Gold H. and Reinholz A., (2008). A Modelling and Optimization Framework for Real-World Vehicle Routing Problems.
- Davis H. W. & Company, (2005). Survey of US Logistics Costs, www.establishinc.com.
- Dethloff, J. (2001). Vehicle Routing and Reverse Logistic: The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-up. OR Spektrum (23), 79-96.
- Gunawan, P. 2012. *Enhanced Nearest Neighbors Algorithm for Design of Water Network*. Chemical Engineering Science, 84:197-206.

- Goldsby T., and Martichenko R., (2005). *Lean Six Sigma Logistics*. J. Ross Publishing, Inc. Boca Raton, Florida.
- Murata, T., Itai, R. (2005). Multi-Objective Vehicle Routing Problems Using Two-Fold EMO Algorithms to Enhance Solution Similarity On Non-Dominated Solutions, Proc. of Third International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization, 885-896.
- Pop, Petrica Claudiu, et al. 2011. "Heuristic algorithms for solving the generalized vehicle routing problem." *International Journal of Computers Communications & Control* 6.1: 158-165.
- Toth P. dan Vigo, D., *The Vehicle Routing Problema*, 2002. SIAM. Philadelphia.