

PROSIDING



IENACO 2013

(Industrial Engineering National Conference)

INOVASI TEKNOLOGI UNTUK KEMANDIRIAN BANGSA



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta



BADAN KERJASAMA
PENYELENGGARA PENDIDIKAN TINGGI
TEKNIK INDUSTRI INDONESIA
Korwil Jawa Tengah

**SEMINAR NASIONAL
INDUSTRIAL ENGINEERING NATIONAL CONFERENCE
(IENACO)
2013**

TEMA

"Inovasi Teknologi Untuk Kemandirian Bangsa"

PELAKSANAAN

Hari, Tanggal : Kamis, 28 Maret 2013

Tempat : Ruang Seminar Lantai 5
Gedung L (Pasca Sarjana)
Kampus II UMS

Pembicara Utama : Drs. Hardono (Ketua Kadin Surakarta - Periode 2007/2012)
Ir. Yunendar Aryo Handoko, Ph.D
(Direktur Produksi dan Teknologi PT. INKA)

ALAMAT SEKRETARIAT

Program Studi Teknik Industri UMS
Gedung H Lantai 2 Kampus II UMS
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan Kartosuro Surakarta
Telp. 0271-717417 ext. 237 Fax. 0271-715448
Email : ienacoums@gmail.com
Website : <http://industri.ums.ac.id/ienaco>

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Kata Pengantar	iii
Susunan Panitia	iv
Daftar Isi	vi

KELOMPOK A - ERGONOMI

IENACO 01 - Hardik Widananto dan Hari Pumomo RANCANGAN MESIN PENGUPAS SABUT KELAPA BERBASIS ERGONOMI PARTISIPATORI	1
IENACO 02 - Nina Agustin dan Hari Pumomo IMPLEMENTASI 5S PADA CV.VALASINDO MENGGUNAKAN PENDEKATAN ERGONOMI PARTISIPATORI	9
IENACO 03 - Achmad Zaki Yamani TINJAUAN ERGONOMI TERHADAP AMBANG DEBU DAN GANGGUAN PERNAFASAN PADA PEKERJA (STUDI KASUS DI INDUSTRI KECIL PENYULINGAN MINYAK ATSIRI CENGKEH SAMIGALUH KULONPROGO)	16
IENACO 04 - Rahmadiyah Dwi Astuti, Taufiq Rochman, Andika Eka Sari PERANCANGAN TROLI MAKANAN UNTUK LANJUT USIA BERDASARKAN PRINSIP ERGONOMI (STUDI KASUS : UPTD PANTI WREDHA “DB” SURAKARTA)	23
IENACO 05 - Qurtubi dan Hari Pumomo RANCANGAN TEMPAT WUDHU DUDUK ERGONOMIS	27
IENACO 06 - Indah Pratiwi, Fathiyatun Nikmah, Hari Purwiyati PEMBUATAN MODEL ANTROPOMETRI PROPORSI TUBUH MAHASISWA TEKNIK INDUSTRI BERDASARKAN VARIABEL TINGGI BADAN DAN JENIS KELAMIN	34
IENACO 07 - Muhammad Yusuf PENGARUH KEBISINGAN TERHADAP WAKTU PENYELESAIAN PEKERJAAN OPERATOR..	40
IENACO 08 - Mery Siska, Yenita Morena, Tarnizi MODIFIKASI STASIUN KERJA PENGISIAN KECAP YANG ERGONOMIS	48
IENACO 09 - Sirajuddin, Putiri Bhuana Katili, Koko Cahyana Jaya PENGUKURAN KINERJA PRODUKTIVITAS PERUSAHAAN DENGAN METODE OBJECTIVE MATRIX (OMAX)	55
IENACO 10 - Novena Ayu Parasti, Chandra Dewi K., DM. Ratna Tungga Dewa ANALISIS POSTUR KERJA PADA INDUSTRI GERABAH	63
IENACO 11 - Etika Muslimah , Ratnanto Fitriadi , Budi Triyanto PERANCANGAN STASIUN KERJA FINISHING BATIK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN POSTUR KERJA	73

KELOMPOK B - SISTEM USAHA

IENACO 12 - Editya Satria Utama, Yusuf Priyandari, Roni Zakaria PERANCANGAN ULANG STANDARD OPERATING PROCEDURE PENGELOLAAN MINI Riset DI PROGRAM STUDI BIOLOGI UNIVERSITAS SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA	78
---	-----------

IENACO 28 - Putri Mety Zalynda MEMECAHKAN PERMASALAHAN VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOW MELALUI METODE INSERTION HEURISTIC (STUDI KASUS : PT X WILAYAH BANDUNG)	194
IENACO 29 - Muhammad Adha Ilhami, Evi Febianti, dan Dimas Anggoro W. PENGEMBANGAN MODEL PENJADWALAN MODEL PENJADWALAN FLEXIBLE FLOW SHOP 2- STAGES UNTUK MEMINIMASI WEIGHTED TARDINESS DENGAN SISTEM LELANG	202
IENACO 30 - Hotna Marina Sitorus, Cynthia Juwono, Kevin P. Dwikaragus PENGEMBANGAN ALGORITMA VIRAL SYSTEMS UNTUK MASALAH PENJADWALAN HYBRID FLOW SHOP UNTUK MEMINIMASI MAKESPAN	211
IENACO 31 - Lely Herlina APLIKASI LEAN MANUFACTURING PADA PROSES UNLOADING CARGO IRON ORE DENGAN PENDEKATAN SIMULASI	219
IENACO 32 - M. Imron Rosyidi Moehamad Aman Agus Riyanto RANCANG BANGUN PRES PNEUMATIK PENGEPAK SAMPAH PLASTIK	225
KELOMPOK D - MANAJEMEN KUALITAS	
IENACO 33 - Tri Apri Yudianto dan Hari Pumomo DESAIN TAS SACHEL BERBAHAN LEMBARAN SABUT KELAPA MENGGUNAKAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT	231
IENACO 34 - Esaka Diraga dan Andi Sudiarmo ANALISIS STRATEGI PENINGKATAN KUALITAS PRODUK KERAJINAN PERAK KOTAGEDE MENGGUNAKAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD) DAN FUZZY QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (FQFD)	238
IENACO 35 - Alfian, Yogi Yusuf Wibisono, Sannita Tridewi Senjaya PENGUJIAN HUBUNGAN KUALITAS JASA, PERCEIVED VALUE, DAN IMAGE TERHADAP KEPUASAN KONSUMEN AUTHORIZED APPLE STORE BANDUNG	247
IENACO 36 - Shanti Kirana Anggraeni, Sirajuddin, Prasetyo Nugroho PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN KINERJA LINGKUNGAN DENGAN PENDEKATAN INTEGRATED ENVIROMENTAL PERFORMANCE MEASUREMENT SYSTEM – AHP	255
IENACO 37 - H HARISUPRIYANTO APLIKASI LEAN SIX-SIGMA UNTUK PENINGKATAN KUALITAS PRODUK	262
IENACO 38 - Chevy Herli Sumerli A. ANALISIS PRODUK OBAT PENOLAK NYAMUK YANG AMAN BAGI KESEHATAN MANUSIA MENGGUNAKAN METODA FAST	266
IENACO 39 - Yogi Yusuf Wibisono dan Theresa Suteja IMPLEMENTASI METODE DMAIC-SIX SIGMA DALAM PERBAIKAN MUTU DI INDUSTRI KECIL MENENGAH: STUDI KASUS PERBAIKAN MUTU PRODUK SPRING ADJUSTER DI PT. X	275
IENACO 40 - Hotna Marina Sitorus dan Cathrine Santosa PENERAPAN MODIFIED IMPORTANCE PERFORMANCE ANALYSIS DALAM PENINGKATAN MUTU LAYANAN FAMILY SPA X	283
IENACO 41 - Hanky Fransiscus, Hotna Marina Sitorus dan Yane Siti Nurjanah PERBAIKAN MUTU PELAYANAN DI FOOD MARKET X DENGAN MENGGUNAKAN METODE MODIFIED IMPORTANCE PERFORMANCE ANALYSIS	290
IENACO 42 - Ade Sri Mariawati EVALUASI RUANG IBU MENYUSUI DI RUMAH SAKIT	298
IENACO 43 - Eddy Kurniawan, Rini Dharmastiti, Heri Sunaryo, dan Janu Pardadi ANALISIS ERGONOMI FISIK DAN MENTAL DI AKADEMI “ABC”	306

MEMECAHKAN PERMASALAHAN VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOW MELALUI METODE INSERTION HEURISTIC (STUDI KASUS : PT X WILAYAH BANDUNG)

Putri Mety Zalynda

Dosen Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung
Email : m.zalynda@yahoo.com

ABSTRAK

PT X sebuah perusahaan home industry pembuatan roti. Pemasarannya meliputi Bandung, kabupaten Bandung, Cimahi dan Sumedang. Pendistribusian menggunakan moda transportasi sendiri, sehingga menimbulkan ongkos transportasi yang harus ditanggung oleh PTX. Saat ini moda transportasi yang digunakan oleh PTX, sepeda motor dengan kapasitas 400 roti untuk wilayah kota Bandung dan mobil box dengan kapasitas 2000 roti untuk wilayah diluar kota Bandung. Permasalahan masalah yang dihadapi PTX saat ini adalah rute pengiriman ke setiap outletnya. Saat ini rute pengiriman berdasarkan perkiraan saja, karena banyaknya agen yang harus dilayani dengan kapasitas angkut yang terbatas dan setiap agen menentukan jadwal pelayanan yang berbeda-beda mengakibatkan beberapa agen atau outlet bisa dilalui lebih dari sekali sehingga bertambahnya jarak tempuh yang mengakibatkan meningkatnya biaya transportasi. Oleh karena itu penelitian ini akan membahas bagaimana rute pendistribusian roti agar diperoleh jarak tempuh yang minimum dan pengiriman sesuai dengan waktu yang ditetapkan oleh tiap outlet.

Memecahkan permasalahan serangkaian perencanaan set kendaraan (m) yang dimulai dan berakhir pada depot dan terdapat batasan waktu pelayanan/pengiriman yang berbeda dari setiap depot maka digunakanlah *VRP With Time Windows (VRPTW)* dengan metode "Insertion Heuristic". Hasil penelitian, menghasilkan 5 rute, dengan total jarak 149,3km, dimana rute yang terbentuk tidak terjadi waktu menunggu untuk dilayani maupun melewati batas waktu pelayanan di setiap outlet sehingga dapat meminimalkan jarak, waktu tempuh dan biaya transportasi. Dari kelima rute dapat ditempuh dengan 2 unit kendaraan, dimana kendaraan pertama akan menempuh rute 1 dan 3 sedangkan kendaraan kedua akan menempuh rute 2, 4, dan 5.

Kata Kunci : pendistribusian, jarak tempuh terpendek, waktu pengiriman

1. PENDAHULUAN

Pendistribusian produk yang efisien, dan pemanfaatan waktu transportasi yang tepat dalam kegiatan pendistribusian merupakan salah satu kunci untuk memenangkan persaingan dengan kompetitor dalam kecepatan penyediaan.

Permasalahan yang sering muncul dalam pendistribusian adalah permasalahan transportasi, terutama di kota – kota besar yang memiliki jalan yang sangat banyak. Hal ini membuat pihak perusahaan harus merencanakan rute untuk kendaraan atau orang dalam melakukan perjalanan dari tempat asal (*supply*) ke tujuan (*demand*) sehingga dapat meminimumkan jarak tempuh dan kebutuhan konsumen dapat terpenuhi tepat pada waktunya.

PT X adalah sebuah perusahaan *home industry* yang bergerak di bidang pembuatan roti. Penjualan produk yang dihasilkan meliputi daerah kota Bandung, kabupaten Bandung, Cimahi dan Sumedang. Dalam memenuhi banyaknya permintaan roti, PT X melakukan pendistribusian sendiri dengan menggunakan moda transportasi berupa sepeda motor dengan kapasitas 400 roti untuk menjangkau wilayah kota Bandung dan mobil box dengan kapasitas 2000 roti untuk menjangkau wilayah diluar kota Bandung. Saat ini rute pengiriman yang terbentuk berdasarkan perkiraan saja tanpa adanya suatu metoda untuk menghitung jarak yang ditempuh. Selain itu, karena banyaknya agen yang harus dilayani dengan kapasitas angkut yang terbatas dan setiap agen menentukan jadwal pelayanan yang berbeda-beda mengakibatkan beberapa agen atau outlet bisa dilalui lebih dari sekali sehingga mengakibatkan bertambahnya jarak tempuh yang mengakibatkan meningkatnya biaya transportasi.

2. METODE PENELITIAN

Pendistribusian dengan menggunakan moda transportasi mengakibatkan timbulnya ongkos transportasi yang harus ditanggung oleh PT X. Karena itu perlu dipikirkan adanya suatu rute pengiriman yang efisien agar perusahaan dapat menekan biaya transportasi.

Sistem distribusi dari pengiriman suatu produk ke pihak konsumen tidak hanya dilihat dari pemenuhan permintaan dari konsumen tetapi juga dilihat dari penentuan rute pengiriman. Banyak metode yang dapat digunakan untuk meminimasi jarak total dari keseluruhan jarak tempuh, salah satunya adalah *Vehicle Routing Problem (VRP)*. Suatu permasalahan TSP akan berubah menjadi permasalahan VRP bila kapasitas pengiriman (kapasitas alat angkut) menjadi pembahasan.

2.1. Model Pemecahan Masalah

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan salah satu persoalan dalam pendistribusian yang menggunakan satu atau lebih kendaraan untuk melayani pelanggan setiap harinya. Dalam VRP terdapat serangkaian perencanaan set kendaraan (m) yang dimulai dan berakhir pada depot dan terdapat batasan waktu pelayanan/pengiriman yang berbeda dari setiap *node* yang disebut dengan *Vehicle Routing Problems With Time Windows* (VRPTW) dengan salah satu metodenya "*Insertion Heuristic-11*". Metode ini merupakan pengembangan dari metode *Saving Heuristic* yang dikembangkan oleh *Clarke and Wright* untuk persoalan VRP klasik dimana pada model VRPTW ini yang harus diselesaikan tidak hanya menentukan rute tetapi juga jadwal keberangkatan setiap kendaraan untuk meminimumkan total ongkos perjalanan dan total waktu menunggu.

Adapun langkah-langkah dalam memecahkan permasalahan dengan menggunakan metode *Insertion Heuristic* adalah sebagai berikut :

- Pilih satu node bebas (tidak termasuk depot) untuk dijadikan node awal dari rute yang akan dibentuk, nyatakan node tersebut sebagai node i . Pemilihan node awal bisa didasarkan pada jarak node terhadap depot atau berdasarkan jadwal waktu pelayanan. Tetapkan rute awal sebagai $R = \{0, i, n+1\}$ dengan 0 dan $n+1$ adalah depot.
- Nyatakan rute saat ini sebagai $R = \{0, i_1, \dots, j\}$ dimana 0 dan j adalah depot. Untuk setiap node bebas u , hitung total tambahan jarak yang terjadi jika node u disisipkan, dengan menggunakan formula :
 $Z_{11}(i, u, j) = d_{iu} + d_{uj} - \mu d_{ij} ; \mu \geq 0$
 Dimana d_{iu} , d_{uj} , d_{ij} masing – masing adalah jarak antara node i dengan node u , node u dengan node j , node i dengan node j .

Lakukan perhitungan untuk menentukan node (u) sisipan kedalam rute utama (C_k) dengan cara menghitung tambahan jarak dan tambahan waktu (f_1) yang dibuat dalam satuan ongkos dengan menggunakan persamaan

$$f_1(i_{p-1}, u, i_p) = \alpha(c_{i_{p-1}u} + c_{ui_p} - \mu c_{i_{p-1}i_p}) + (1-\alpha)(b_{ip}^u - b_{ip}) \quad (1)$$

Dimana $0 \leq \alpha \leq 1, \mu \geq 0$ dan b_{ip}^u adalah waktu saat pelayanan dimulai pada konsumen i_p dimana konsumen u diletakkan diantara i_{p-1} dan i_p . Sehingga u yang disisipkan adalah u dengan minimal f_1 atau u dengan jarak dan ongkos tempuh terkecil karena ongkos proporsional terhadap waktu dan jarak.

$$f_1(i(u), u, j(u)) = \min_{p=1, \dots, m} f_1(i_{p-1}, u, i_p) \quad (2)$$

Jika kapasitas angkut masih cukup dan jadwal masih dalam batas waktu, maka cari u yang lain yaitu yang memiliki maksimal f_2 dengan perhitungan :

$$f_2(i(u^*), u^*, j(u^*)) = \max_u \{f_2(i(u), u, j(u))\} \quad (3)$$

dimana, f_2 adalah selisih ongkos jika tidak melakukan penyisipan (cou) pada f_1 dengan perhitungan :

$$f_2(i(u), u, j(u)) = \lambda cou - f_1(i(u), u, j(u)) \quad (4)$$

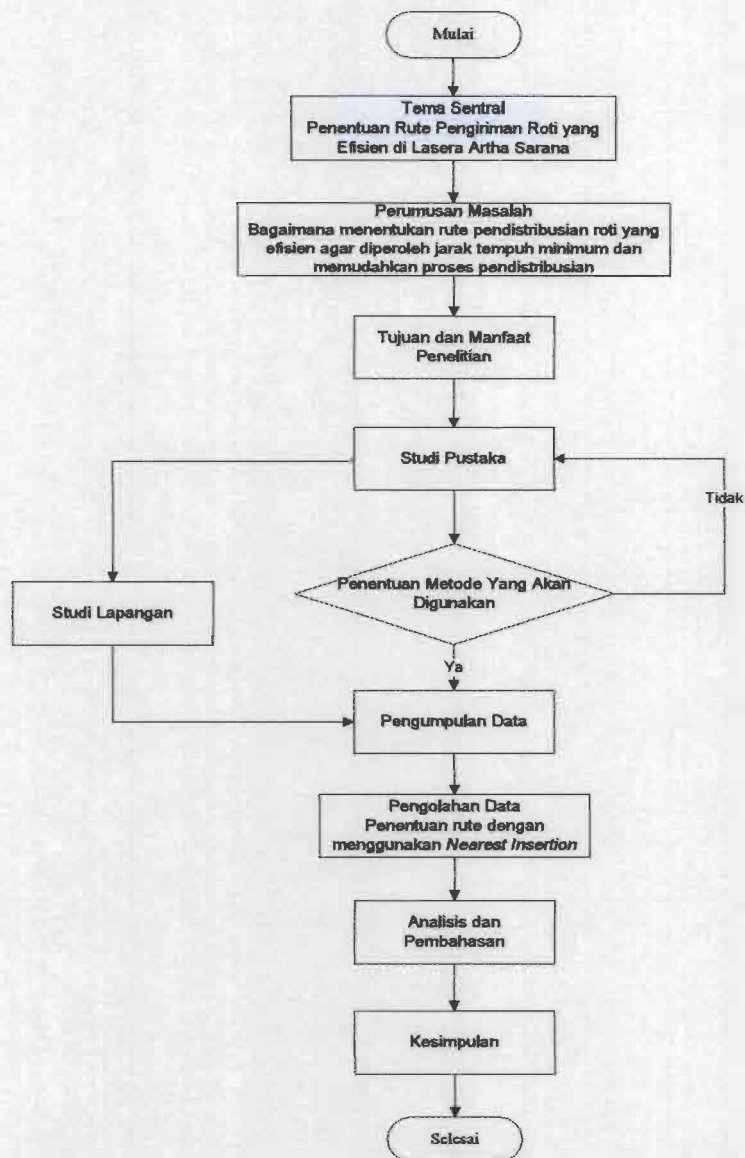
$\lambda \geq 0$. Masukkan konsumen u^* ke rute C_k diantara $i(u^*)$ dan $j(u^*)$ dan kembali ke langkah

- Jika u^* tidak sesuai tetapi masih ada konsumen yang diluar jalur, hitung dengan $k = k+1$. Buat rute baru C_k (seperti pada langkah a) dan kembali ke langkah b.
- Dalam penelitian ini akan digunakan $\alpha = 0.9$ untuk penghematan jarak dan $\alpha = 0.1$ untuk penghematan waktu tempuh. Hal ini dikarenakan dalam penelitian ini lebih ditekankan pada penghematan jarak disamping juga tetap memperhatikan waktu tempuh.

Dengan mengetahui rute dalam pendistribusian roti di PT X diharapkan perusahaan dapat memberikan pelayanan lebih baik dan memenuhi permintaan konsumen dengan tepat waktu.

2.2. Langkah – Langkah Pemecahan Masalah

Adapun langkah-langkah pemecahan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut (gambar 1), sedangkan langkah langkah metode *Insertion Heuristic*, dapat dilihat pada gambar 2

Gambar 1 *Flowchart* Langkah – Langkah Pemecahan Masalah



Gambar 2 Flowchart Insertion Heuristic

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Permasalahan di perusahaan PT X merupakan salah satu permasalahan transportasi mengenai *Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW)* karena dalam pendistribusiannya terdapat batasan berupa kapasitas alat angkut atau kapasitas pengiriman dan jadwal pengiriman yang berbeda di tiap agen atau outlet.

Berdasarkan data Demand tiap Outlet dan Jadwal Pengiriman yang terdapat pada tabel 1, maka akan diperoleh hasil perhitungan

Tabel 1 Demand dari setiap Agen (Outlet)

No.	Agen (Outlet)	Demand	Jadwal Pengiriman
1.	Jl. Cikutra Raya	75 Roti	06.30-10.00
2.	Jl. Kemuning	100 Roti	08.00-12.00
3.	Jl. Palasari	75 Roti	08.00-12.00
4.	Jl. Sukasima Cikutra	150 Roti	07.00-10.30
5.	Jl. Baranangsiang	125 Roti	06.00-12.00
6.	Jl. Rajawali	100 Roti	05.00-10.00
7.	Jl. Elang	75 Roti	06.00-10.00
8.	Cikaso	75 Roti	08.30-13.00
9.	Jl. Banyuwangi Antapani	75 Roti	07.00-13.30
10.	Jl. Awibitung	120 Roti	08.30-13.00
11.	Jl. Garuda	70 Roti	05.00-10.00
12.	Jl. Padasuka	100 Roti	07.00-13.00
13.	Jl. Rumah Sakit RSHS	100 Roti	05.00-08.00
14.	Jl. Katamso	150 Roti	08.30-13.00

15.	Jl. Ters. Buah Batu	100 Roti	08.30-14.00
16.	Jl. Cibeunying-Cilaki	80 Roti	05.00-09.00
17.	Jl. Kelenteng	75 Roti	06.30-11.00
18.	Leuwi Panjang	120 Roti	06.30-14.00
19.	Jl. Cipaganti	50 Roti	05.00-09.00
20.	Jl. Ciumbeuluit	125 Roti	05.00-12.00

3.1 Penentuan Rute Kendaraan dengan *Insertion Heuristic*

Dalam memecahkan persoalan rute kendaraan dengan menggunakan metode *Insertion Heuristic*, hal pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui jarak dan waktu tempuh antara setiap node.

Setelah diketahui matriks jarak dan matriks waktu tempuh, langkah selanjutnya adalah :

- menentukan node yang memiliki jarak terdekat dengan depot. Dalam penelitian ini, node yang memiliki jarak terdekat dengan depot adalah node 13 sehingga $R1 = \{0,13,0\}$.
- Selanjutnya lakukan perhitungan penghematan jarak dan waktu tempuh terhadap seluruh node untuk menentukan node sisipan antara node 13 ke node 0 yang disesuaikan dengan kapasitas angkutan. Apabila kita akan menghitung penghematan jarak di node (13,1), dapat dilihat pada tabel 1 jarak dari node 13 (Jl. Rumah Sakit RSHS) ke node 1 (Jl. Cikutra) adalah 5 km, jarak dari node 1 (Jl. Cikutra) ke node 0 (Depot) adalah 9,8 km dan jarak dari node 13 (Jl. Rumah Sakit RSHS) ke node 0 (Depot) adalah 4,7 km maka :

$$\begin{aligned}(13,1) &= d(13,1) + d(1,0) - d(13,0) \\ &= 5 + 9,8 - 4,7 \\ &= 10,1 \text{ km}\end{aligned}$$

Bila kita menghitung penghematan jarak di node (13,19), langkah-langkah perhitungannya sama dengan perhitungan pada node (13,1) yaitu pertamakali yang kita lakukan adalah mencari data jarak dari node 13 ke node 19, jarak dari node 19 ke depot dan jarak dari node 13 ke depot, sehingga:

$$\begin{aligned}(13,19) &= d(13,19) + d(19,0) - d(13,0) \\ &= 1,6 + 5,7 - 4,7 \\ &= 2,6 \text{ km}\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh hasil perhitungan penghematan jarak sebagai berikut :

Tabel 2 Daftar Penghematan Jarak Untuk Rute 1

i	u	$d(i,u)$	$d(u,0)$	$d(i,0)$	Z11
13	1	5	9.8	5	10.1
	2	6.7	10.1	5	12.1
	3	5.5	9.8	5	10.6
	4	5	9.9	5	10.2
	5	5.5	8.9	5	9.7
	6	3.9	7.6	5	6.8
	7	2	8.1	5	7.8
	8	8.1	9.8	5	13.2
	9	10.3	13.4	5	19
	10	7.6	10.1	5	13
	11	5	7.8	5	7.8
	12	6	10.9	5	12.2
	14	4.9	9.1	5	9.3
	15	9.5	13.9	5	18.7
	16	3.8	8	5	7.1
	17	1	8.5	5	8.1
	18	6.2	11.9	5	13.4
	19	1.6	5.7	5	2.6
	20	4.1	8.1	5	7.5

Untuk perhitungan penghematan waktu tempuh pada node (13,1) dapat dilihat pada tabel 2 waktu tempuh dari node 0 (Depot) ke node 1 (Jl. Cikutra) adalah 20 menit, jarak dari node 1 (Jl. Cikutra) ke node 13 (Jl. Rumah Sakit RSHS) adalah 10 menit dan jarak dari node 0 (Depot) ke node 13 (Jl. Rumah Sakit RSHS) adalah 16 menit maka :

$$\begin{aligned}(13,1) &= t(0,1) + \text{waktu pelayanan} + t(1,13) - t(0,13) \\ &= 20 + 5 + 10 - 9 \\ &= 26 \text{ menit}\end{aligned}$$

Bila kita menghitung penghematan waktu di node (13,19), langkah-langkah perhitungannya sama dengan perhitungan pada node (13,1) yaitu pertamakali yang kita lakukan adalah mencari data jarak dari node 0 ke node 19, jarak dari node 19 ke node 13 dan jarak dari depot ke node 13, sehingga:

$$\begin{aligned} (13,19) &= t(0,19) + \text{waktu pelayanan} + t(19,13) - t(0,13) \\ &= 11 + 5 + 3 - 9 \\ &= 10 \text{ menit} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh hasil perhitungan penghematan waktu tempuh sebagai berikut :

Tabel 3. Daftar Penghematan Waktu Tempuh Untuk Rute 1

<i>i</i>	<i>u</i>	$t(0,u)$	$t(u,i)$	$t(0,i)$	Z12
13	1	20	10	9	26
	2	20	13	9	29
	3	20	11	9	27
	4	20	10	9	26
	5	18	11	9	25
	6	15	8	9	19
	7	16	9	9	21
	8	20	16	9	32
	9	27	21	9	44
	10	20	15	9	31
	11	16	9	9	21
	12	22	12	9	30
	14	18	10	9	24
	15	28	19	9	43
	16	16	8	9	20
	17	17	9	9	22
	18	24	12	9	32
	19	11	3	9	10
	20	16	8	9	20

Selanjutnya lakukan perhitungan untuk menentukan rute terbaik pada rute 1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z1(13,1) &= (\alpha_1 \times Z11) + (\alpha_2 \times Z12) \\ &= (0,9 \times 10,1) + (0,1 \times 26) \\ &= 11,69 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z2(13,1) &= d(0,u) - Z1(13,1) \\ &= 9,8 - 11,69 \\ &= -1,89 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh hasil perhitungan penentuan rute terbaik sebagai berikut :

Tabel 4 Daftar Posisi Node Terbaik Yang Dapat Disisipkan Kedalam Rute 1

<i>i</i>	<i>u</i>	Z1 (<i>i,u,j</i>)	$k(u)$	$j(u)$	Z2 (<i>i,u,j</i>)
13	1	11.69	13	0	-1.89
	2	13.79	13	0	-3.69
	3	12.24	13	0	-2.44
	4	11.78	13	0	-1.88
	5	11.23	13	0	-2.33
	6	8.02	13	0	-0.42
	7	9.12	13	0	-1.02
	8	15.08	13	0	-88
	9	21.5	13	0	-8.1
	10	16	13	0	-5
	11	9.12	13	0	-1.32
	12	13.98	13	0	-3.08
	14	10.77	13	0	-1.67
	15	21.13	13	0	-7.23
	16	8.39	13	0	-0.39
	17	9.49	13	0	-0.99
	18	186	13	0	-3.36
	19	3.34	13	0	2.36
	20	8.75	13	0	-0.65

Untuk menentukan posisi terbaik node di rute 1 yang akan disisipkan diantara node 13 dan node 0 maka diambil nilai terkecil pada kolom Z1 (*i,u,j*) yaitu node 19 sehingga rute 1 menjadi {0,13,19,0}

dengan *demand* node 13 adalah 100 dan *demand* node 19 adalah 50. Karena kapasitas kendaraan masih tersisa, maka sisipkan node selanjutnya dengan cara mengambil nilai terbesar pada kolom $Z_2(i,u,j)$ yaitu node 16 dengan *demand* sebesar 80 sehingga rute 1 menjadi $\{0,13,19,16,0\}$ dengan total kapasitas sebesar 230. sedangkan kapasitas kendaraan per satu kali angkut sebesar 400, maka lanjutkan dengan menyisipkan nilai terbesar kedua yaitu node 6 dengan *demand* sebesar 100 sehingga total *demand* menjadi 330. Untuk memenuhi kapasitas angkut maka dilakukan penyisipan terhadap *node* dengan nilai terbesar berikutnya, yaitu node 20 dengan permintaan sebesar 125 roti. Jika penyisipan node 20 dilakukan maka kapasitas angkut tidak akan mencukupi sehingga dicari node lain yang memiliki nilai terbesar selanjutnya dan diperoleh node 11 dengan *demand* sebesar 70, sehingga rute 1 yang didapat adalah $0 - 13 - 19 - 16 - 6 - 11 - 0$ dengan total jarak sebesar 27,1 km dan total *demand* sebesar 400 roti.

3. Sesuaikan *time windows* dari tiap node pada rute 1 yang bertujuan agar waktu kirim roti ke agen atau outlet masih berada dalam interval waktu (*time windows*) yang ditentukan oleh masing – masing agen atau outlet. Jika ada waktu kirim berada di luar *time windows* maka node tersebut harus dikeluarkan dari rute dan diganti dengan node yang memiliki nilai terbesar berikutnya. Dalam penelitian ini ditetapkan nilai $\mu = 1$; $\alpha_1 = 0,9$; $\alpha_2 = 0,1$; $\lambda = 1$.
4. Setelah diperoleh rute 1 yang optimal selanjutnya buat rute yang kedua
5. Untuk perhitungan rute ketiga sama dengan langkah-langkah yang dilakukan pada penentuan rute pertama dan kedua.
6. Pada rute keempat kembali ditemukan beberapa node yang memiliki jarak terdekat yang sama dengan depot yaitu node 1 dan node 8 sebesar 9,8 km. Tetapi karena *time windows* dari node 1 lebih mendesak, maka node 1 terpilih sebagai node awal pada rute keempat. Dari hasil perhitungan diperoleh rute keempat adalah $0-1-4-12-8-0$ dengan total jarak sejauh 24,8 Km dan *demand* keseluruhan pada rute keempat sebesar 400 roti.
7. Rute kelima sekaligus rute terakhir adalah sebagai berikut $0 - 2 - 10 - 9 - 15 - 0$ dengan total jarak sejauh 37,2 Km dan *demand* pada rute kelima sebesar 395 roti. Dan berikut adalah hasil perhitungan rute pada jalur terakhir dalam proses pendistribusian roti di perusahaan PT X.

3.2. Jadwal Pengiriman Hasil Perhitungan *Insertion Heuristic*

Metode *Insertion Heuristic* dengan menggunakan jarak terdekat (*Nearest*) merupakan metode yang digunakan untuk memecahkan permasalahan *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) pada suatu perusahaan. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh total jarak tempuh sejauh 149,3 km dan menghasilkan 5 rute atau 5 jalur sebagai berikut :

Tabel 5 Jadwal Pengiriman Untuk Rute 1

Node	Waktu Kedatangan Kendaraan	Waktu Keberangkatan Kendaraan	Akumulasi Kapasitas	Jadwal Pengiriman Setiap Node
0	-	06:00	0	
13	06:09	06:14	100	05.00-08.00
19	06:17	06:22	150	05.00-09.00
16	06:31	06:36	230	05.00-09.00
6	06:51	06:56	330	05.00-10.00
11	06:57	07:02	400	05.00-10.00
0	07:18	-		

Tabel 6 Jadwal Pengiriman Untuk Rute 2

Node	Waktu Kedatangan Kendaraan	Waktu Keberangkatan Kendaraan	Akumulasi Kapasitas	Jadwal Pengiriman Setiap Node
0	-	06:30	0	
7	06:46	06:51	75	06.00-10.00
17	06:56	07:01	150	06.30-11.00
18	07:11	07:16	270	06.30-14.00
5	07:27	07:32	395	06.00-12.00
0	07:50	-		

Tabel 7 Jadwal Pengiriman Untuk Rute 3

Node	Waktu Kedatangan Kendaraan	Waktu Keberangkatan Kendaraan	Akumulasi Kapasitas	Jadwal Pengiriman Setiap Node
0	-	08:00	0	
20	08:16	08:21	125	05.00-12.00
14	08:37	08:42	275	08.30-13.00
3	08:51	08:56	350	08.00-12.00
0	09:16	-		

Tabel 8 Jadwal Pengiriman Untuk Rute 4

Node	Waktu Kedatangan Kendaraan	Waktu Keberangkatan Kendaraan	Akumulasi Kapasitas	Jadwal Pengiriman Setiap Node
0	-	08:00	0	
1	08:20	08:25	75	06.30-10.00
4	08:27	08:32	225	07.00-10.30
12	08:35	08:40	325	07.00-13.00
8	08:45	08:50	400	08.30-13.00
0	09:10			

Tabel 9 Jadwal Pengiriman Untuk Rute 5

Node	Waktu Kedatangan Kendaraan	Waktu Keberangkatan Kendaraan	Akumulasi Kapasitas	Jadwal Pengiriman Setiap Node
0	-	09:30	0	
2	09:50	09:55	100	08.00-12.00
10	09:59	10:04	175	08.30-13.00
9	10:11	10:16	275	07.00-13.30
15	10:32	10:37	395	08.30-14.00
0	11:05			

Untuk mendapatkan rute yang memiliki jarak dan waktu tempuh yang minimal tetapi masih didalam waktu pelayanan yang ditentukan maka dilakukan evaluasi perubahan posisi node atau urutan pelanggan yang dikunjungi, dan diperoleh bahwa rute 1 masih memungkinkan untuk dilakukan perubahan posisi node atau urutan pelanggan yang dikunjungi. Jalur baru yang diperoleh adalah Depot - Jl. Garuda - Jl. Rajawali - Jl. Rumah Sakit RSHS - Jl. Cipaganti - Jl. Cibeunying - Depot dengan hasil penghematan jarak menjadi 26,7 km. Untuk jalur 3 juga diperoleh perubahan jalur menjadi Depot - Jl. Ciumbeluit - Jl. Palasari - Jl. Katamso - Depot. Pada jalur ini diperoleh penghematan jarak sebesar 0,3 km sehingga total jarak yang ditempuh menjadi sejauh 30 km. Total jarak tempuh dari seluruh rute pendistribusian juga mengalami perubahan dari 149,3 menjadi 14 8,6 km.

4. KESIMPULAN

Permasalahan *Vehicle Routing Problems With Time Windows* pada PT PT X dipecahkan dengan adalah metode *Insertion Heuristic* dengan pendekatan jarak (*Nearest Insertion*) untuk meminimumkan total jarak tempuh kendaraan dalam melakukan pendistribusian ke setiap agen atau *outlet* dengan mempertimbangkan kapasitas angkut kendaraan dan jadwal waktu pelayanan di setiap agen atau *outlet*.

Berdasarkan hasil pemecahan masalah, maka dari hasil studi kasus di perusahaan PT X dapat disimpulkan bahwa rute yang diperoleh dengan metode *Insertion Heuristic* menghasilkan sebanyak 5 rute dengan total jarak sejauh 149,3 km dimana dalam rute yang terbentuk tidak terjadi waktu menunggu untuk dilayani ataupun melewati batas jadwal waktu pelayanan di setiap agen atau *outlet* sehingga dapat menghemat jarak tempuh maupun waktu tempuh dan biaya transportasi menjadi minimal. Dari kelima rute yang terbentuk dapat ditempuh dengan dua unit kendaraan, dimana pada kendaraan pertama akan menempuh rute 1 dan rute 3 sedangkan untuk kendaraan kedua akan menempuh rute 2, rute 4, dan rute 5.

5. DAFTAR RUJUKAN

- Bowersox, Donald J., 1995: *Manajemen Logistik*, Edisi 1, Bumi Aksara, Jakarta.
- Chopra, Sunil and Peter Meindl, 2001: *Supply Chain Management (Strategy, Planning, and Operation)*, Upper Saddle River, New Jersey.
- Gani, Anang Z., *The Application Of The Interaction Theory For Solving The Travelling Salesman Problem (TSP)*, Graduate Program in Industrial Engineering and Management, Departement Of Industrial Engineering, ITB-Bandung, Presented at The ORSATIMS Joint National meeting, St. Louis, MO, 1987.
- Ghiani, Gianpaolo; Gilbert Laporte, and Roberto Musmanno, 2004: *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*, John Willey & Sons LTD, England.
- Savelsbergh, Martin, 2001: *Vehicle Routing and Scheduling*, The Logistics Institute, Georgia.