

ABSTRAK

Koperasi Peternak Sapi Bandung Utara (KPSBU) merupakan salah satu distributor dan produsen produk olahan susu sapi di Bandung. Pada bulan September 2015, KPSBU melayani 65 pelanggan produk olahan susu sapi dengan 2 kendaraan mobil *box* bermerk Mitsubishi L700. Saat ini, pihak KPSBU mempertimbangkan jumlah pelanggan yang dilayani agar mendekati seimbang untuk masing-masing kendaraan per harinya dan mempertimbangkan pembagian pelanggan secara geografis. Setiap kegiatan pengiriman terdapat uang perjalanan yang diberikan kepada supir, salah satunya adalah uang untuk pengisian bahan bakar. Pada saat uang untuk bahan bakar tidak mencukupi, maka kekurangannya akan digantikan oleh perusahaan sehingga selolah-olah supir tidak diwajibkan untuk berusaha mencari atau menentukan urutan pengiriman yang optimal dan terdapat kemungkinan penentuan pelanggan juga tidak mempertimbangkan rute yang optimal. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan diusulkan rute yang lebih optimal, yaitu dengan kombinasi rute yang lebih baik dari segi total biaya dan waktu pengiriman.

Metode pemecahan masalah yang digunakan adalah algoritma *Sequential Insertion* (SI) sebagai *initial solution* dan algoritma *Simulated Annealing* (SA) sebagai metode perbaikan dari *initial solution*. KPSBU harus mengirimkan pesannya dari jam 08.00 sampai jam 15.00 pada hari Senin dan hari Kamis dengan kapasitas kendaraan yang terbatas, maka permasalahan ini disebut *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Window* (CVRPTW). Model matematis dibuat untuk mengetahui hubungan dari variabel, parameter, variabel keputusan, dan ukuran kinerja terhadap total biaya pengiriman, dimana hal ini digambarkan dengan *influence diagram*. Pengolahan data diawali dengan pembuatan dua skenario, yaitu skenario 1 (perbaikan hasil algoritma SI dengan SA) dan skenario 2 (perbaikan rute *existing* dengan SA) menggunakan program Delphi 7. Setelah itu, dilakukan perhitungan jarak untuk *node* pelanggan hari Senin dan hari Kamis dengan pendekatan *Euclidian distance* menggunakan titik koordinat (lintang dan bujur). Kemudian, dilakukan pengujian normalitas terhadap faktor konversi jarak (jarak *euclidean* ke jarak sebenarnya) dan kecepatan kendaraan. Kecepatan kendaraan digunakan sebagai konversi jarak ke waktu. Data *input* berupa titik koordinat, permintaan, dan waktu pelayanan dimasukkan ke dalam program untuk diolah pada skenario 1 dan 2.

Setelah melakukan pengolahan data, maka didapatkan skenario terpilih dengan total biaya pengiriman paling minimum untuk hari Senin dan hari Kamis, yaitu skenario 1 (perbaikan SI dengan SA). Total biaya pengiriman saat ini adalah Rp.189,127.80 untuk hari Senin dan Rp.139,129.73 untuk hari Kamis sedangkan metode usulan menghasilkan total biaya pengiriman sebesar Rp.126,937.32 untuk hari Senin dan Rp.104,651.49 untuk hari Kamis. Skenario 1 menghemat total biaya pengiriman sebesar Rp.62,190.48 atau 32,88% untuk hari Senin dan sebesar Rp.34,478.24 atau 24,78% untuk hari Kamis. Selain itu, total waktu pengiriman menurun secara signifikan dan utilisasi antar kendaraan lebih seimbang apabila dilihat dari total waktu pengiriman kedua kendaraan. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa biaya bahan bakar pengaruh secara signifikan terhadap total biaya pengiriman sedangkan biaya *overtime* dan peningkatan permintaan tidak signifikan. Oleh karena itu, dengan diterapkannya rute yang dihasilkan dari metode usulan terpilih ini diharapkan dapat meningkatkan daya saing perusahaan.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN HASIL KARYA PRIBADI.....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR DAN UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SIMBOL	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1-1
1.2 Identifikasi Masalah.....	1-2
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi	1-2
1.3.1 Batasan Masalah	1-2
1.3.2 Asumsi	1-3
1.4 Perumusan Masalah	1-3
1.5 Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian	1-3
1.5.1 Tujuan Penelitian	1-4
1.5.2 Manfaat Penelitian	1-4
1.6 Sistematika Penulisan	1-4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Logistik	2-1
2.1.1 Definisi Logistik	2-1
2.1.2 Isu-Isu Manajerial Logistik.....	2-2
2.1.3 Transportasi Barang (<i>Freight Transportation</i>)	2-3
2.2 <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP)	2-3

2.2.1	Definisi VRP	2-3
2.2.2	Model Matematis VRP.....	2-5
2.2.2.1	Model Matematis Berbasis <i>Travelling</i> <i>Salesman Problem</i>	2-5
2.2.2.2	Model Matematis Berbasis <i>Travelling</i> <i>Salesman Problem</i>	2-6
2.3	<i>Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW)</i>	2-7
2.3.1	Definisi VRPTW	2-7
2.3.2	Model Matematis VRPTW	2-8
2.4	Algoritma <i>Sequential Insertion (SI)</i>	2-11
2.5	Algoritma <i>Simulated Annealing (SA)</i>	2-13
2.6	Perhitungan <i>Euclidian Distance</i>	2-16
2.7	Uji Normalitas Data SPSS	2-17
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian	3-1
3.2	Keterangan <i>Flowchart</i>	3-1
3.2.1	Penelitian Pendahuluan	3-1
3.2.2	Batasan Masalah dan Asumsi	3-1
3.2.3	Perumusan Masalah	3-1
3.2.4	Penentuan Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian.....	3-1
3.2.5	Tinjauan Pustaka	3-4
3.2.6	Penentuan Metode Pemecahan Masalah	3-4
3.2.7	Pengumpulan Data	3-15
3.2.8	Pengolahan Data	3-18
3.2.9	Kesimpulan dan Saran	3-20
BAB 4	PENGUMPULAN DATA	
4.1	Sejarah Perusahaan	4-1
4.2	Struktur Organisasi	4-2
4.3	Data Pelanggan, Permintaan, dan Waktu Pelayanan	4-2
4.4	Pembagian Pelanggan Berdasarkan Hari Pengiriman	4-3
4.5	Data Kendaraan	4-6

4.6 Data Biaya.....	4-6
4.7 Rute <i>Existing</i> Pengiriman Hari Senin dan Hari Kamis.....	4-7
4.8 Kecepatan Kendaraan	4-9
4.9 Jam Kerja	4-10
4.10 <i>Input</i> Data Program	4-11
BAB 5 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS	
5.1 Pengolahan Data	5-1
5.1.1 Deskripsi Sistem	5-1
5.1.2 Perumusan Model Matematis CVRPTW	5-2
5.1.3 Pengujian Model.....	5-11
5.1.4 Pengujian Normalitas Kecepatan Kendaraan	5-11
5.1.5 Penentuan dan Pengujian Normalitas Rasio Jarak	5-14
5.1.6 Hasil Program	5-22
5.1.7 Verifikasi Hasil Program	5-28
5.2 Analisis	5-28
5.2.1 Analisis Kelemahan Metode Penentuan Rute Saat Ini....	5-28
5.2.2 Analisis Metode Penentuan Rute Usulan	5-30
5.2.3 Analisis Perbandingan Biaya Total Pengiriman	5-38
5.2.4 Analisis Sensitivitas	5-43
5.2.5 Analisis Perbaikan Rute Usulan dari Rute <i>Existing</i>	5-45
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	6-1
6.2 Saran	6-2
6.2.1 Saran untuk Perusahaan	6-2
6.2.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya.....	6-2
DAFTAR PUSTAKA	xxi
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
4.1	Data Pelanggan, Permintaan, dan Waktu Pelayanan	4-3
4.2	Pelanggan Pengiriman Hari Senin	4-4
4.3	Pelanggan Pengiriman Hari Kamis	4-5
4.4	Rute Kendaraan Pengiriman Hari Senin dan Hari Kamis	4-7
4.5	Kecepatan Kendaraan Rute <i>Existing</i> Hari Senin	4-10
4.6	<i>Input</i> Program Hari Senin	4-11
4.7	<i>Input</i> Program Hari Kamis	4-12
5.1	Data Kecepatan Kendaraan Pengiriman Hari Senin	5-12
5.2	<i>Output</i> Uji Normal SPSS Data Kecepatan Kendaraan Pengiriman Hari Senin	5-12
5.3	Titik Koordinat <i>Node</i> Pengiriman Hari Senin	5-15
5.4	<i>Output</i> Uji Normal SPSS Data Rasio Jarak Pengiriman Hari Senin	5-16
5.5	Hasil Perhitungan Jarak (Satuan Derajat) Pengiriman Hari Senin	5-18
5.6	Hasil Perhitungan Jarak Sebenarnya Pengiriman Hari Senin	5-19
5.7	Jarak Sebenarnya (<i>Google Maps</i>) Pengiriman Hari Senin	5-20
5.8	Rasio Jarak Pengiriman Hari Senin	5-21
5.9	Hasil SI Hari Senin	5-22
5.10	Hasil SI Hari Kamis	5-23
5.11	Hasil Perbaikan SI dengan SA Hari Senin	5-23
5.12	Hasil Perbaikan SI dengan SA Hari Kamis	5-24
5.13	Hasil 10 Replikasi Perbaikan SI dengan SA Hari Senin	5-24
5.14	Hasil 10 Replikasi Perbaikan SI dengan SA Hari Kamis	5-25
5.15	Hasil Perbaikan Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Senin	5-26
5.16	Hasil 10 Replikasi Perbaikan Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Senin	5-26

Tabel	Judul	Halaman
5.17	Hasil Perbaikan Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Kamis	5-27
5.18	Hasil 10 Replikasi Perbaikan Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Kamis	5-27
5.19	Verifikasi Hasil Program	5-28
5.20	Rute <i>Existing</i> Hari Senin	5-29
5.21	Rute <i>Existing</i> Hari Kamis	5-29
5.22	Hasil <i>Initial Solution</i> Algoritma SI Hari Senin	5-30
5.23	Hasil <i>Initial Solution</i> Algoritma SI Hari Kamis	5-30
5.24	Hasil Perbaikan SI dengan SA Hari Senin	5-31
5.25	Hasil Perbaikan SI dengan SA Hari Kamis	5-32
5.26	Hasil Perbaikan Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Senin	5-34
5.27	Hasil Perbaikan Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Kamis	5-36
5.28	Perbandingan Total Biaya Pengiriman	5-38
5.29	Proporsi Biaya	5-42
5.30	Analisis Sensitivitas Biaya Bahan Bakar	5-43
5.31	Analisis Sensitivitas Biaya <i>Overtime</i>	5-44
5.32	Analisis Sensitivitas Peningkatan Permintaan	5-44
5.33	Perubahan Rute Usulan dari Rute <i>Existing</i>	5-47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
2.1	Jaringan <i>Supply Chain</i>	2-2
2.2	Ilustrasi Kasus VRP	2-4
2.3	Ilustrasi Penyisipan Algoritma SI	2-12
2.4	<i>Flowchart</i> Sederhana Algoritma SA	2-15
2.5	Simbol <i>Influence Diagram</i>	2-19
3.1	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	3-2
3.2	<i>Flowchart</i> Algoritma <i>Sequential Insertion</i> (SI)	3-7
3.3	<i>Flowchart</i> Algoritma <i>Simulated Annealing</i> (SA)	3-12
3.4	Operator <i>intra-exchange</i> 1-1	3-14
3.5	Operator <i>intra-exchange</i> 2-2	3-14
3.6	Operator <i>inter-exchange</i> 1-1	3-15
3.7	Operator <i>inter-exchange</i> 2-2	3-15
3.8	<i>Flowchart</i> Operator <i>intra-exchange a-a</i> Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	3-16
3.9	<i>Flowchart</i> Operator <i>inter-exchange a-a</i> Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	3-17
3.10	<i>Flowchart</i> Pengolahan Data	3-18
4.1	Produk Olahan Susu KPSBU	4-1
4.2	Struktur Organisasi KPSBU	4-2
4.3	Kendaraan KPSBU	4-6
4.4	Rute <i>Existing</i> Kendaraan 1 Hari Senin	4-7
4.5	Rute <i>Existing</i> Kendaraan 2 Hari Senin	4-8
4.6	Rute <i>Existing</i> Kendaraan 1 Hari Kamis	4-8
4.7	Rute <i>Existing</i> Kendaraan 2 Hari Kamis	4-9
5.1	<i>Influence Diagram</i>	5-3
5.2	Histogram Data Kecepatan Kendaraan Pengiriman Hari Senin	5-13

Gambar	Judul	Halaman
5.3	Grafik Z_{skew} Kecepatan Kendaraan Pengiriman Hari Senin	5-13
5.4	Grafik $Z_{kurtosis}$ Kecepatan Kendaraan Pengiriman Hari Senin	5-14
5.5	Histogram Data Rasio Jarak Pengiriman Hari Senin	5-17
5.6	Grafik Z_{skew} Rasio Jarak Pengiriman Hari Senin	5-17
5.7	Grafik $Z_{kurtosis}$ Rasio Jarak Pengiriman Hari Senin	5-22
5.8	Perbaikan Total Biaya Pengiriman SI dengan SA Hari Senin	5-31
5.9	Perbaikan Total Waktu Pengiriman SI dengan SA Hari Senin	5-32
5.10	Perbaikan Keseimbangan Utilisasi SI dengan SA Hari Senin	5-32
5.11	Perbaikan Total Biaya Pengiriman SI dengan SA Hari Kamis	5-33
5.12	Perbaikan Total Waktu Pengiriman SI dengan SA Hari Kamis	5-33
5.13	Perbaikan Keseimbangan Utilisasi SI dengan SA Hari Kamis	5-34
5.14	Perbaikan Total Biaya Pengiriman Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Senin	5-35
5.15	Perbaikan Total Waktu Pengiriman Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Senin	5-35
5.16	Perbaikan Keseimbangan Utilisasi Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Senin	5-36
5.17	Perbaikan Total Biaya Pengiriman Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Kamis	5-36
5.18	Perbaikan Total Waktu Pengiriman Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Kamis	5-37
5.19	Perbaikan Keseimbangan Utilisasi Rute <i>Existing</i> dengan SA Hari Kamis	5-37
5.20	Grafik Perbandingan Total Biaya Pengiriman	5-39
5.21	Grafik Penghematan Total Biaya Pengiriman dengan Rute <i>Existing</i>	5-39
5.22	Rute Pengiriman Usulan Kendaraan 1 Hari Senin	5-40
5.23	Rute Pengiriman Usulan Kendaraan 2 Hari Senin	5-41
5.24	Rute Pengiriman Usulan Kendaraan 1 Hari Kamis	5-41

Gambar	Judul	Halaman
5.25	Rute Pengiriman Usulan Kendaraan 2 Hari Kamis	5-42
5.26	Grafik Proporsi Biaya	5-43
5.27	Rute <i>Existing</i> Hari Senin	5-45
5.28	Rute <i>Existing</i> Hari Kamis	5-46
5.29	Rute Usulan Hari Senin	5-46
5.30	Rute Usulan Hari Kamis	5-47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
A	Prosedur Penggunaan Program	A-1
B	Contoh Kasus Algoritma <i>Sequential Insertion</i> (SI)	B-1



DAFTAR SIMBOL

c_{ijk}	= Biaya perjalanan antara pelanggan i dan j .
K	= Nomor kendaraan.
d_i	= Total permintaan kendaraan k sampai pelanggan i .
N	= Nomor pelanggan dimana 0 untuk depot.
v_k	= Kapasitas kendaraan k .
t_i	= Waktu kedatangan pada pelanggan i
w_i	= Waktu menunggu pada pelanggan i
K	= Total jumlah kendaraan
N	= Total jumlah pelanggan
w_i	= Bilangan <i>real</i> acak
d_{ij}	= Jarak <i>Euclidian</i> antara pelanggan i dengan pelanggan j
c_{ij}	= Biaya perjalanan dari pelanggan i dengan pelanggan j
t_{ij}	= Waktu perjalanan dari pelanggan i dengan pelanggan j
m_i	= Permintaan pelanggan i
q_k	= Kapasitas kendaraan k
e_i	= Waktu kedatangan paling awal
l_i	= Waktu kedatangan paling akhir
f_i	= Waktu pelayanan pelanggan i
r_k	= Maksimum waktu perjalanan yang diperbolehkan untuk kendaraan k
T_0	= temperatur awal
T^*	= temperatur saat ini
T_e	= temperatur akhir
T_n	= temperatur baru, $T_n = T^* \cdot \alpha$
α	= laju pendinginan
θ_0	= konfigurasi solusi awal
θ^*	= konfigurasi solusi saat ini
θ_e	= konfigurasi solusi akhir
θ_n	= konfigurasi solusi baru

$TC(\theta_0)$	= nilai fungsi tujuan solusi awal
$TC(\theta^*)$	= nilai fungsi tujuan solusi saat ini
$TC(\theta_e)$	= nilai fungsi tujuan solusi akhir
$TC(\theta_n)$	= nilai fungsi tujuan solusi baru
Δ	= selisih antara nilai fungsi tujuan solusi baru dengan solusi awal, $\Delta = TC(\theta_n) - TC(\theta_0)$
m	= jumlah iterasi keseluruhan
M	= jumlah iterasi keseluruhan maksimum
n	= jumlah iterasi pada setiap tingkatan operator
$Iter$	= jumlah iterasi maksimum pada setiap tingkatan operator
I	= Indeks untuk lokasi <i>node</i> awal; $i = \{1, 2, \dots, I\}$; 0 untuk depot
j	= Indeks untuk lokasi <i>node</i> tujuan; $j = \{1, 2, \dots, J\}$; 0 untuk depot
k	= Indeks untuk kendaraan; $k = \{1, \dots, K\}$
r	= Indeks untuk rute; $r = \{1, 2, \dots, R\}$
v	= Kecepatan kendaraan (km/jam)
qv	= Kapasitas kendaraan (liter)
fk	= Kebutuhan bahan bakar kendaraan per satuan jarak (liter/km)
d_{ijrk}	= Jarak yang ditempuh kendaraan k dari lokasi i ke lokasi j pada rute r (km)
q_{irk}	= Permintaan produk <i>node</i> i untuk kendaraan k pada rute r (liter)
s_{irk}	= Waktu pelayanan <i>node</i> i untuk kendaraan k pada rute r (jam)
fc	= Biaya bahan bakar kendaraan (Rp/liter)
oc	= Biaya <i>overtime</i> (Rp/jam)
twr	= <i>Time window</i> reguler (menit)
two	= <i>Time window overtime</i> / waktu <i>overtime</i> yang diperbolehkan (menit)
ot_{rk}	= Waktu <i>overtime</i> untuk kendaraan k pada rute r (jam)
T_{rk}	= Waktu pengiriman untuk kendaraan k pada rute r (menit)
B_{rk}	= Waktu perjalanan untuk kendaraan k pada rute r (menit)
D_{rk}	= Total jarak perjalanan untuk kendaraan k pada rute r (km)
P_{rk}	= Total biaya perjalanan untuk kendaraan k pada rute r (km)
S_{rk}	= Total waktu pelayanan untuk kendaraan k pada rute r (menit)

- OT_{rk} = Total waktu *overtime* perjalanan untuk kendaraan k pada rute r (menit)
 A_{rk} = Total biaya *overtime* untuk kendaraan k pada rute r (Rp)
 C_{rk} = Biaya pengiriman untuk kendaraan k pada rute r (Rp)
 X_{rk} = $\begin{cases} 1, & \text{apabila mobil } k \text{ pada rute } r \text{ yang terdapat pada solusi} \\ 0, & \text{apabila tidak} \end{cases}$

