

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah, kami sampaikan ke hadirat Allah YME, karena terealisasinya Tekinfo, Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi kembali dapat terbit.

Seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan serta sumberdaya manusia maka hasil-hasil penelitian maupun sanggahan ilmiah dibidang teknik industri dan informasi perlu dipublikasikan dan dapat diakses dengan mudah dan cepat oleh pembaca. Oleh karena itu, publikasi ilmiah ini diterbitkan dalam versi cetak maupun versi online. Dalam edisi Volume 1, Nomor 2 ini, kami sajikan lima karya ilmiah yang merupakan sumbangsih dosen-dosen program studi teknik industri Universitas Setia Budi dan Universitas Veteran Bantara Sukoharjo.

Kami selalu berupaya, bahwa kualitas karya ilmiah yang dipublikasikan merupakan fokus dan komitmen kami. Edisi Tekinfo kali ini menyajikan publikasi penelitian dalam bidang perancangan sistem informasi, analisis karakteristik produk, dua buah naskah mengenai penentuan rute dan analisis sistem distribusi, pengembangan strategi pelayanan Semoga yang kami lakukan dapat berguna bagi perkembangan keilmuan Teknik Industri dan Informasi. Amien..

Tim Redaksi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	1
DAFTAR ISI.....	2
ANALISA DAN DESAIN SISTEM INPUT MANDIRI UNTUK PUBLIKASI PENELITIAN ILMIAH DOSEN DAN MAHASISWA PADA DIGILIB	3
ANALISIS KARAKTERISTIK PENYEBAB KESUKSESAN PRODUK SHAMPO DI SUKOHARJO.....	11
PENENTUAN RUTE DAN ANALISIS SISTEM DISTRIBUSI YANG OPTIMAL DALAM UPAYA EFISIENSI BIAYA DISTRIBUSI.....	19
PENGEMBANGAN STRATEGI PELAYANAN LEMBAGA BIMBINGAN BELAJAR BAHASA INGGRIS DENGAN PENDEKATAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT DAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (Studi Kasus di ELTI Surakarta).....	27
OPTIMASI PROSES DISTRIBUSI ES BALOK DENGAN MENGGUNAKAN METODE CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM	34

Penentuan Rute Dan Analisis Sistem Distribusi Yang Optimal Dalam Upaya Efisiensi Biaya Distribusi

*¹Maryanto, *²Rosleini Ria Putri Zendrato

Program Studi S1 Teknik Industri

Universitas Setia Budi Surakarta

Jl. Let. Jen. Sutoyo Mojosongo - Solo 57127

Email: ¹yanto_usb@yahoo.com; ²rosleini.zen@yahoo.com

Abstrak

Distribusi menjadi elemen yang penting dalam dunia industri, khususnya di era globalisasi saat ini. Hal itu dikarenakan distribusi berperan dalam menentukan kebijakan harga, jumlah kapasitas produksi, peramalan dan lain-lain. Secara umum proses distribusi yang digunakan PT. Air Mancur ada dua metode yaitu distribusi secara internal dan eksternal. Penelitian ini mencoba menganalisis sistem distribusi dan mencari rute distribusi internal yang terpendek dengan algoritma *cheapest insertion heuristic*. Untuk memaksimalkan utilitas kendaraan dan wilayah distribusi maka dibuat pengelompokan wilayah menggunakan metode *single linkage average*.

Dari hasil analisis dan pengolahan data wilayah distribusi dapat dikelompokkan menjadi tiga wilayah dan rute terpendek mempunyai jarak tempuh masing-masing cluster satu sebesar 711 km, cluster dua sebesar 473 km dan cluster tiga sebesar 1008 km. Selisih biaya dengan dua metode distribusi sebesar Rp. 8,550,340,- lebih rendah daripada metode distribusi eksternal.

Kata kunci: *Distribusi, Single Linkage Average, Cheapest Insertion Heuristic.*

Abstract

Distribution becomes an important element in the world industry, especially in this globalization time. That's because the distribution plays a role in determining the pricing policy, the amount of production capacity, forecasting and others. In general, the distribution used PT. Air Mancur there are two method that is internal and external distribution. This research discuss analyze the distribution system and search for internal distribution of the shortest route used *cheapest insertion heuristic algorithm*. To maximize the utilities vehicle and region of distribution is made used method *single linkage average*.

From the analyze and calculation data known that distribution region has been three regions and has shortest distance of first cluster is 711 km, 473 km of the second cluster and third cluster of 1008 km. This result difference between the two system distribution about Rp. 8,550,340,- lower than method external distribution.

keywords: *Distribution, Single Linkage Average, Cheapest Insertion Heuristic.*

Pendahuluan

Dalam era globalisasi saat ini, distribusi menjadi elemen penting dalam dunia perindustrian, hal tersebut dikarenakan distribusi mempunyai berbagai peranan pokok antara lain

dalam menentukan kebijakan harga, menentukan jumlah kapasitas produksi, menjadi acuan dalam menentukan peramalan dan lain – lain. Disamping itu dalam dekade akhir – akhir ini distribusi menyumbang

sekitar 40% dari biaya produksi. Secara tidak langsung Distribusi memegang peranan besar dalam kepercayaan konsumen terhadap produk yang kita pasarkan. Kebutuhan produk konsumen yang sangat variatif dan dinamis akan menuntut sistem pendistribusian produk yang cepat dan tepat. Hal tersebut jika diimbangi dengan saluran distribusi yang baik akan dapat menjamin ketersediaan produk yang dibutuhkan oleh masyarakat. Tanpa adanya kegiatan distribusi produsen akan kesulitan untuk memasarkan produknya kepada konsumen dan sebaliknya konsumen akan mengalami kesulitan memperoleh barang yang diinginkan.

Proses pengiriman produk di PT. AIR MANCUR pada saat ini dilakukan secara langsung oleh perusahaan. Ada dua metode pengiriman yang diterapkan pihak perusahaan yaitu memakai jasa ekspedisi eksternal (paket) dan ekspedisi internal (mobil perusahaan). Secara umum pengiriman barang dengan dominasi wilayah yang jauh memakai jasa ekspedisi dari luar (paket) sehingga kendaraan yang ada diperusahaan kurang optimal pemakaiannya. Hal ini akan menurunkan utilitas pemakaian kendaraan. Akibatnya perusahaan hanya mengeluarkan biaya perawatan untuk kendaraan sehingga berakibat penurunan profit perusahaan. Permintaan barang dari konsumen bisa datang dengan waktu, lokasi serta jumlah yang berbeda dan variatif. Hal tersebut dapat mengakibatkan kerugian pada perusahaan jika perhitungan biaya pengiriman secara eksternal per satuan volume barang sehingga perusahaan harus mengeluarkan biaya pengiriman lebih banyak. Apabila memakai ekspedisi dalam akan mengakibatkan keterlambatan pengiriman jika lokasi

tujuan banyak dan armada yang dimiliki perusahaan sedikit.

Ada beberapa cara yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan rute salah satunya metode Travelling Salesman Problem (TSP) secara garis besar dalam distribusi metode ini selain dapat mereduksi jarak tempuh untuk mencari rute terpendek pada proses pengiriman dari satu tempat ke tempat yang lain, metode ini juga dapat meningkatkan utilitas kendaraan dan efisiensi waktu yang digunakan. Hal ini akan menguntungkan perusahaan jika memiliki kendaraan yang terbatas. Dengan kata lain dalam satu perjalanan dapat memenuhi permintaan beberapa distributor.

Salah satu penyebab dari berbagai masalah keterlambatan adalah kurang optimalnya penentuan rute distribusi. Selain dapat menimbulkan pemborosan waktu, hal tersebut akan mengakibatkan peningkatan biaya distribusi perusahaan karena perusahaan harus mengeluarkan biaya yang cukup besar untuk pendistribusian produk. Sehingga perlu dilakukan langkah untuk menyusun rute distribusi yang tepat dan optimal. Rute distribusi yang optimal secara tidak langsung juga akan meningkatkan utilitas kendaraan pengangkut sehingga akan dapat mengurangi waktu tempuh kendaraan dan dapat meminimalkan biaya distribusi perusahaan.

Permasalahan yang menjadi dasar penelitian adalah terkait rute distribusi produk melalui metode internal untuk dapat memaksimalkan utilitas kendaraan dan waktu yang ditempuh. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dibuat jalur terpendek melalui distribusi internal agar pendistribusian produk dapat dilakukan dengan efektif dan efisien.

Tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah menentukan rute distribusi yang terpendek tentang jalur distribusi terpendek dan melakukan analisis terhadap system distribusi yang digunakan.

Adapun manfaat yang ingin diperoleh yaitu memberikan kajian dan masukan pada PT. AIR MANCUR tentang jalur distribusi terpendek untuk mengirimkan produk kepada costumer dan memberikan analisis tentang alternative metode distribusi produk.

Batasan dalam penelitian ini adalah penelitian menggunakan data sekunder perusahaan tahun 2010 dan objek penelitian yang digunakan wilayah Jawa Tengah Yogyakarta dan Jawa Timur. Asumsi yang digunakan yaitu:

1. Semua karyawan bagian distribusi sudah terampil & berpengalaman
2. Biaya distribusi memiliki nilai yang sama meskipun dari arah yang berlawanan
3. Armada pengiriman memadai dan kepadatan lalu lintas normal
4. Jumlah distributor tetap dan sudah diketahui.

Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian disusun secara sistematis untuk membuat kerangka penelitian agar penelitian lebih terarah dan terstruktur. Adapun tahapan dalam melakukan penelitian ini antara lain:

Traveling Salesman Problem

Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan contoh permasalahan yang sering ditemukan dalam kegiatan pendistribusian produk maupun logistik dalam perusahaan disamping itu TSP merupakan permasalahan yang sudah cukup tua di

dunia optimasi. Pada permasalahan ini, ada sebuah kota awal dan sejumlah n kota untuk dikunjungi. Seorang salesman dituntut memulai perjalanan dari kota awal ke seluruh kota yang harus dikunjungi tepat satu kali.

Secara umum dapat dimodelkan:
 Minimalkan $Z = \sum_{(i,j) \in A} C_{ij} X_{ij} \dots\dots(1)$
 Dengan batas :

$$\sum_{i=0}^n X_{ij} = 1, j = 0..n \dots\dots(2)$$

$i \neq j$

$$\sum_{i=0}^n X_{ij} = 1, i = 0..n \dots\dots(3)$$

Parameter :

n : jumlah kota atau pelanggan yang akan dikunjungi (n tidak termasuk tempat asal (base), yang diindekskan dengan $i=0$).

C_{ij} = biaya atau jarak traveling dari kota i ke kota j bahwa (i,j) yang ada.

A = sepasang arc atau edge (i,j) yang ada. Note bahwa (i,j) yang dimaksud adalah arc yang ada dari node i ke node j .

Variable :

$X_{ij} = \{ \begin{cases} 1 & \text{jika sales melakukan} \\ 0 & \text{perjalanan dari kota } i \text{ ke kota } j \text{ \& sebaliknyanya } \end{cases}$

Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang digunakan sebagai objek penelitian. Data yang dibutuhkan antara lain:

- a. Data lokasi dan jarak costumer di wilayah Jawa Tengah, Yogyakarta dan Jawa Timur
- b. Biaya distribusi dengan metode eksternal

Pengolahan Data

Pada tahap ini data yang sudah diperoleh selanjutnya dilakukan proses pengolahan untuk mendapatkan output solusi yang diinginkan. Adapun tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

3.1 single linkage average

Pada tahap ini dilakukan pengelompokan wilayah distribusi. Hal ini dilakukan untuk memaksimalkan wilayah distribusi dan meningkatkan utilitas kendaraan yang ada. Adapun tahapan pengelompokan wilayah dengan metode *single linkage average* secara umum sebagai berikut:

Langkah pertama yaitu menemukan jarak terpendek dalam $D = \{d_{ik}\}$ dan menggabungkan objek – objek yang bersesuaian misalnya, U dan V untuk mendapatkan cluster (UV). Untuk langkah selanjutnya dari algoritma diatas jarak – jarak antara (UV) dan cluster W yang lain dihitung dengan rumus :

$$d_{(uv)w} = \min \{d_{uw}, D_{vw}\}$$

besaran – besaran d_{uw} dan D_{vw} berturut – berturut adalah jarak terpendek antara cluster-cluster U dan W da juga Cluster – cluster V dan W.

Adapun langkah – langkah dalam melakukan pengelompokan secara umum adalah sebagai berikut:

1. Mulai dengan N cluster, dan setiap cluster mengandung entitas tunggal dan sebuah matriks simetrik dari jarak (similarities) $D = \{d_{ij}\}$ dengan tipe $N \times N$.
2. Mencari matriks jarak untuk pasangan cluster yang terdekat (paling mirip). Tetapkan jarak cluster yang paling mirip. Misalkan jarak antara cluster U dan V yang paling mirip adalah d_{uv}
3. Gabungkan cluster U dan V, lalu berilah label *cluster* yang baru dengan nama (UV).

Memperbarui entries pada matrik jarak dengan cara:

- a. Hapus baris & kolom yang bersesuaian dengan cluster U & V.
 - b. Menambahkan sebuah baris dan kolom untuk diisi cluster (UV) dan sisa cluster yang lain.
4. Ulangi langkah – langkah 2 dan 3 sebanyak $(N - 1)$ kali. Sehingga seluruh objek menjadi *cluster*. Catat hasil identifikasi cluster yang telah digabungkan dan level – level jarak atau similarities untuk setiap hasil penggabungan.

Berdasarkan langkah diatas diperoleh 3 kelompok wilayah distribusi yaitu:

Cluster wilayah 1

Tabel 3.1 Hasil Cluster 1

Kota	G.1	G.5	G.16	G.20	G.22	G.24	G.25
G.3	0						
G.5	25	0					
G.16	29	3	0				
G.20	130	130	134	0			
G.22	133	126	132	4	0		
G.24	135	142	147	28	25	0	
G.25	137	145	145	18	19	6	0

Cluster wilayah 2

Tabel 3.2 Hasil Cluster 2

Kota	G.1	G.2	G.7	G.8	G.10	G.12	G.13	G.14	G.15	G.26	G.29
G.1	0										
G.2	54	0									
G.7	5	54	0								
G.8	39	71	27	0							
G.10	78	64	71	56	0						
G.12	100	79	88	75	20	0					
G.13	91	63	77	65	16	21	0				
G.14	37	45	26	23	42	63	56	0			
G.15	28	73	17	19	72	97	87	37	0		
G.26	71	35	74	97	99	115	105	80	93	0	
G.29	69	99	57	31	57	71	74	54	44	132	0

Cluster wilayah 3

Tabel 3.3 Hasil Cluster 3

Kota	G.4	G.6	G.9	G.11	G.16	G.17	G.19	G.21	G.23	G.26	G.27
G.4	0										
G.6	341	0									
G.9	250	125	0								
G.11	185	48	181	0							
G.16	270	139	19	120	0						
G.17	188	125	173	93	198	0					
G.19	203	92	45	98	68	119	0				
G.21	200	90	42	95	66	121	4	0			
G.23	179	388	414	342	447	271	384	379	0		
G.26	69	172	178	136	207	63	138	138	229	0	
G.27	168	87	48	52	99	117	5	5	384	138	0

3.2 single linkage average

Pada tahap ini hasil cluster matrik jarak yang telah diperoleh selanjutnya digunakan sebagai input data untuk

menentukan rute distribusi dengan jarak terpendek. Sebelum menentukan jarak terpendek maka terlebih dahulu memasukkan entries matrik jarak dari gudang (pabrik) hal ini dikarenakan sumber pengiriman barang tergabung dalam satu lokasi.

Adapun matrik jarak terbaru dapat ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 3.4 Matrik Jarak Baru Cluster Wilayah 1

kota	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
G1	0							
G2	325	0						
G3	316	25	0					
G4	319	29	3	0				
G5	201	130	130	134	0			
G6	198	133	126	132	4	0		
G7	203	135	142	147	20	23	0	
G8	205	137	145	145	18	19	6	0

Adapun langkah – langkah Metode Cheapest Insertion Heuristic sebagai berikut ini :

1. Memulai membuat rute perjalanan dari kota 1 ke kota 8
2. Membuat subtour dari kota 1 ke kota 8 → (1,8) → (8,1)
3. Membuat tabel yang menyimpan kota yang dapat disisipkan ke dalam subtour serta tambahan jaraknya, seperti ditampilkan pada Tabel 3.5

Tabel 3.5 Arc Penambah Subtour ke I

no	Arc yang akan Diganti	Arc ditambahkan ke Subtour	formulasi	Tambahan Jarak
1	(1,8)	(1,2) – (2,8)	$G_{1,2} + (G_{2,8} - G_{1,8})$	257
2	(1,8)	(1,3) – (3,8)	$G_{1,3} + (G_{3,8} - G_{1,8})$	258
3	(1,8)	(1,4) – (4,8)	$G_{1,4} + (G_{4,8} - G_{1,8})$	259
4	(1,8)	(1,5) – (5,8)	$G_{1,5} + (G_{5,8} - G_{1,8})$	14
5	(1,8)	(1,6) – (6,8)	$G_{1,6} + (G_{6,8} - G_{1,8})$	12
6	(1,8)	(1,7) – (7,8)	$G_{1,7} + (G_{7,8} - G_{1,8})$	4
7	(8,1)	(8,2) – (2,1)	$G_{8,2} + (G_{2,1} - G_{8,1})$	257
8	(8,1)	(8,3) – (3,1)	$G_{8,3} + (G_{3,1} - G_{8,1})$	258
9	(8,1)	(8,4) – (4,1)	$G_{8,4} + (G_{4,1} - G_{8,1})$	259
10	(8,1)	(8,5) – (5,1)	$G_{8,5} + (G_{5,1} - G_{8,1})$	14
11	(8,1)	(8,6) – (6,1)	$G_{8,6} + (G_{6,1} - G_{8,1})$	12
12	(8,1)	(8,7) – (7,1)	$G_{8,7} + (G_{7,1} - G_{8,1})$	4

Berdasarkan Tabel 3.5 diperoleh tambahan jarak terkecil yaitu 4 dengan menggantikan :

Arc (1,8) dengan Arc (1,7) dan Arc (7,8) sehingga subtour baru yang diperoleh adalah (1,7) → (7,8) → (8,1) Karena masih ada kota yang

belum masuk subtour yaitu kota (2,3,4,5,6) maka perlu dibuat tabel yang menyimpan kota yang dapat disisipkan ke dalam subtour beserta tambahan jaraknya, seperti dapat ditampilkan dalam Tabel 3.6 sebagai berikut :

Tabel 3.6 Arc Penambah Subtour ke II

no	Arc yang akan Diganti	Arc ditambahkan ke Subtour	formulasi	Tambahan Jarak
1	(1,7)	(1,2) – (2,7)	$G_{1,2} + (G_{2,7} - G_{1,7})$	257
2	(1,7)	(1,3) – (3,7)	$G_{1,3} + (G_{3,7} - G_{1,7})$	255
3	(1,7)	(1,4) – (4,7)	$G_{1,4} + (G_{4,7} - G_{1,7})$	283
4	(1,7)	(1,5) – (5,7)	$G_{1,5} + (G_{5,7} - G_{1,7})$	18
5	(1,7)	(1,6) – (6,7)	$G_{1,6} + (G_{6,7} - G_{1,7})$	18
6	(7,8)	(7,2) – (2,8)	$G_{7,2} + (G_{2,8} - G_{7,8})$	286
7	(7,8)	(7,3) – (3,8)	$G_{7,3} + (G_{3,8} - G_{7,8})$	283
8	(7,8)	(7,4) – (4,8)	$G_{7,4} + (G_{4,8} - G_{7,8})$	286
9	(7,8)	(7,5) – (5,8)	$G_{7,5} + (G_{5,8} - G_{7,8})$	32
10	(7,8)	(7,6) – (6,8)	$G_{7,6} + (G_{6,8} - G_{7,8})$	36
11	(8,1)	(8,2) – (2,1)	$G_{8,2} + (G_{2,1} - G_{8,1})$	257
12	(8,1)	(8,3) – (3,1)	$G_{8,3} + (G_{3,1} - G_{8,1})$	256
13	(8,1)	(8,4) – (4,1)	$G_{8,4} + (G_{4,1} - G_{8,1})$	259
14	(8,1)	(8,5) – (5,1)	$G_{8,5} + (G_{5,1} - G_{8,1})$	14
15	(8,1)	(8,6) – (6,1)	$G_{8,6} + (G_{6,1} - G_{8,1})$	12

Berdasarkan Tabel 3.6 didapatkan jarak terkecil yaitu 12 dengan menggantikan : Arc (8,1) dengan Arc (8,6) dan Arc (6,1)

sehingga subtour baru yang diperoleh adalah (1,7) → (7,8) → (8,6) → (6,1) Karena masih ada kota yang belum masuk subtour yaitu kota (2,3,4,5) maka perlu dibuat tabel yang menyimpan kota yang dapat disisipkan ke subtour beserta tambahan jaraknya, seperti dapat ditampilkan pada Tabel 3.7 berikut :

Tabel 3.7 Arc Penambah Subtour ke III

no	Arc yang akan Diganti	Arc ditambahkan ke Subtour	formulasi	Tambahan Jarak
1	(1,7)	(1,2) – (2,7)	$G_{1,2} + (G_{2,7} - G_{1,7})$	257
2	(1,7)	(1,3) – (3,7)	$G_{1,3} + (G_{3,7} - G_{1,7})$	255
3	(1,7)	(1,4) – (4,7)	$G_{1,4} + (G_{4,7} - G_{1,7})$	283
4	(1,7)	(1,5) – (5,7)	$G_{1,5} + (G_{5,7} - G_{1,7})$	18
5	(7,8)	(7,2) – (2,8)	$G_{7,2} + (G_{2,8} - G_{7,8})$	286
6	(7,8)	(7,3) – (3,8)	$G_{7,3} + (G_{3,8} - G_{7,8})$	281
7	(7,8)	(7,4) – (4,8)	$G_{7,4} + (G_{4,8} - G_{7,8})$	286
8	(7,8)	(7,5) – (5,8)	$G_{7,5} + (G_{5,8} - G_{7,8})$	32
9	(8,6)	(8,2) – (2,6)	$G_{8,2} + (G_{2,6} - G_{8,6})$	251
10	(8,6)	(8,3) – (3,6)	$G_{8,3} + (G_{3,6} - G_{8,6})$	252
11	(8,6)	(8,4) – (4,6)	$G_{8,4} + (G_{4,6} - G_{8,6})$	258
12	(8,6)	(8,5) – (5,6)	$G_{8,5} + (G_{5,6} - G_{8,6})$	3
13	(6,1)	(6,2) – (2,1)	$G_{6,2} + (G_{2,1} - G_{6,1})$	260
14	(6,1)	(6,3) – (3,1)	$G_{6,3} + (G_{3,1} - G_{6,1})$	244
15	(6,1)	(6,4) – (4,1)	$G_{6,4} + (G_{4,1} - G_{6,1})$	253
16	(6,1)	(6,5) – (5,1)	$G_{6,5} + (G_{5,1} - G_{6,1})$	7

Berdasarkan Tabel 3.7 didapatkan jarak terkecil yaitu 3 dengan menggantikan :

Arc (8,6) dengan Arc (8,5) dan Arc (5,6) sehingga subtour baru yang diperoleh adalah $(1,7) \rightarrow (7,8) \rightarrow (8,5) \rightarrow (5,6) \rightarrow (6,1)$ Karena masih ada kota yang belum masuk subtour yaitu kota (2,3,4) maka perlu dibuat tabel yang menyimpan kota yang dapat disisipkan ke subtour beserta tambahan jaraknya, seperti ditampilkan pada Tabel 3.8 sebagai berikut :

Tabel 3.8 Arc Penambah Subtour ke IV

no	Arc yang akan Diganti	Arc ditambahkan ke Subtour	formulasi	Tambah Jarak
1	(1,7)	(1,2)-(2,7)	$G_{1,2}+(G_{2,7}-G_{1,7})$	257
2	(1,7)	(1,3)-(3,7)	$G_{1,3}+(G_{3,7}-G_{1,7})$	255
3	(1,7)	(1,4)-(4,7)	$G_{1,4}+(G_{4,7}-G_{1,7})$	263
4	(7,8)	(7,2)-(2,8)	$G_{7,2}+(G_{2,8}-G_{7,8})$	266
5	(7,8)	(7,3)-(3,8)	$G_{7,3}+(G_{3,8}-G_{7,8})$	281
6	(7,8)	(7,4)-(4,8)	$G_{7,4}+(G_{4,8}-G_{7,8})$	286
7	(8,5)	(8,2)-(2,5)	$G_{8,2}+(G_{2,5}-G_{8,5})$	249
8	(8,5)	(8,3)-(3,5)	$G_{8,3}+(G_{3,5}-G_{8,5})$	257
9	(8,5)	(8,4)-(4,5)	$G_{8,4}+(G_{4,5}-G_{8,5})$	261
10	(5,6)	(5,2)-(2,6)	$G_{5,2}+(G_{2,6}-G_{5,6})$	259
11	(5,6)	(5,3)-(3,6)	$G_{5,3}+(G_{3,6}-G_{5,6})$	252
12	(5,6)	(5,4)-(4,6)	$G_{5,4}+(G_{4,6}-G_{5,6})$	262
13	(6,1)	(6,2)-(2,1)	$G_{6,2}+(G_{2,1}-G_{6,1})$	260
14	(6,1)	(6,3)-(3,1)	$G_{6,3}+(G_{3,1}-G_{6,1})$	244
15	(6,1)	(6,4)-(4,1)	$G_{6,4}+(G_{4,1}-G_{6,1})$	253

Berdasarkan Tabel 3.8 didapatkan jarak terkecil yaitu 244 dengan menggantikan :

Arc (6,1) dengan Arc (6,3) dan Arc (3,1) sehingga subtour baru yang diperoleh adalah $(1,7) \rightarrow (7,8) \rightarrow (8,5) \rightarrow (5,6) \rightarrow (6,3) \rightarrow (3,1)$ Karena masih ada kota yang belum masuk subtour yaitu kota (2,4) maka perlu dibuat tabel yang menyimpan kota yang dapat disisipkan ke dalam subtour beserta tambahan jaraknya, seperti ditampilkan pada Tabel 3.9.

Berdasarkan Tabel 3.9 didapatkan jarak terkecil yaitu 6 dengan menggantikan :

Arc (3,1) dengan Arc (3,4) dan Arc (4,1) sehingga subtour baru yang diperoleh adalah $(1,7) \rightarrow (7,8) \rightarrow (8,5) \rightarrow (5,6) \rightarrow (6,3) \rightarrow (3,4) \rightarrow (4,1)$

Tabel 3.9 Arc Penambah Subtour ke V

no	Arc yang akan Diganti	Arc ditambahkan ke Subtour	formulasi	Tambahan Jarak
1	(1,7)	(1,2)-(2,7)	$G_{1,2}+(G_{2,7}-G_{1,7})$	257
2	(1,7)	(1,4)-(4,7)	$G_{1,4}+(G_{4,7}-G_{1,7})$	263
3	(7,8)	(7,2)-(2,8)	$G_{7,2}+(G_{2,8}-G_{7,8})$	266
4	(7,8)	(7,4)-(4,8)	$G_{7,4}+(G_{4,8}-G_{7,8})$	286
5	(8,5)	(8,2)-(2,5)	$G_{8,2}+(G_{2,5}-G_{8,5})$	249
6	(8,5)	(8,4)-(4,5)	$G_{8,4}+(G_{4,5}-G_{8,5})$	261
7	(5,6)	(5,2)-(2,6)	$G_{5,2}+(G_{2,6}-G_{5,6})$	259
8	(5,6)	(5,4)-(4,6)	$G_{5,4}+(G_{4,6}-G_{5,6})$	262
9	(6,1)	(6,2)-(2,1)	$G_{6,2}+(G_{2,1}-G_{6,1})$	32
10	(6,3)	(6,4)-(4,3)	$G_{6,4}+(G_{4,3}-G_{6,3})$	9
11	(3,1)	(3,2)-(2,1)	$G_{3,2}+(G_{2,1}-G_{3,1})$	34
12	(3,1)	(3,4)-(4,1)	$G_{3,4}+(G_{4,1}-G_{3,1})$	6

Karena masih ada kota yang belum masuk subtour yaitu kota (2) maka perlu dibuat tabel yang menyimpan kota yang dapat disisipkan ke dalam subtour beserta tambahan jaraknya, seperti ditampilkan pada Tabel 3.10 berikut :

Tabel 3.10 Arc Penambah Subtour ke VI

no	Arc yang akan Diganti	Arc ditambahkan ke Subtour	formulasi	Tambahan Jarak
1	(1,7)	(1,2)-(2,7)	$G_{1,2}+(G_{2,7}-G_{1,7})$	257
2	(7,8)	(7,2)-(2,8)	$G_{7,2}+(G_{2,8}-G_{7,8})$	266
3	(8,5)	(8,2)-(2,5)	$G_{8,2}+(G_{2,5}-G_{8,5})$	249
4	(5,6)	(5,2)-(2,6)	$G_{5,2}+(G_{2,6}-G_{5,6})$	259
5	(6,3)	(6,2)-(2,3)	$G_{6,2}+(G_{2,3}-G_{6,3})$	32
6	(3,4)	(3,2)-(2,4)	$G_{3,2}+(G_{2,4}-G_{3,4})$	51
7	(4,1)	(4,2)-(2,1)	$G_{4,2}+(G_{2,1}-G_{4,1})$	35

Berdasarkan Tabel 3.10 didapatkan jarak terkecil yaitu 32 dengan menggantikan :

Arc (6,3) dengan Arc (6,2) dan Arc (2,3) sehingga subtour baru yang diperoleh adalah $(1,7) \rightarrow (7,8) \rightarrow (8,5) \rightarrow (5,6) \rightarrow (6,2) \rightarrow (2,3) \rightarrow (3,4) \rightarrow (4,1)$

Dengan demikian seluruh kota telah masuk dalam subtour sehingga rute akhir yang dihasilkan yaitu : $1 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$

Sehingga total jarak tempuh : $G_{1,7} + G_{7,8} + G_{8,5} + G_{5,6} + G_{6,2} + G_{2,3} + G_{3,4} + G_{4,1} = 203 + 6 + 18 + 4 + 133 + 25 + 3 + 319 = 711$

Rekapitulasi Hasil Rute

Dengan langkah yang sama maka diperoleh rute akhir pada ketiga cluster wilayah sebagai berikut:

Rute Cluster 1 yang terbentuk yaitu **1 → 7 → 8 → 5 → 6 → 2 → 3 → 4 → 1**

Sehingga total jarak tempuh : $G_{1,7} + G_{7,8} + G_{8,5} + G_{5,6} + G_{6,2} + G_{2,3} + G_{3,4} + G_{4,1} = 203 + 6 + 18 + 4 + 133 + 25 + 3 + 319 = 711$

Rute Cluster 2 yang terbentuk yaitu **1 → 6 → 12 → 5 → 10 → 4 → 2 → 9 → 11 → 3 → 8 → 7 → 1**

Sehingga diperoleh jarak tempuh sebagai berikut :

$G_{1,6} + G_{6,12} + G_{12,5} + G_{5,10} + G_{10,4} + G_{4,2} + G_{2,9} + G_{9,11} + G_{11,3} + G_{3,8} + G_{8,7} + G_{7,1} = 58 + 57 + 31 + 19 + 17 + 5 + 37 + 80 + 35 + 63 + 21 + 50 = 473$

Rute Cluster 3 yang terbentuk yaitu **1 → 6 → 4 → 9 → 8 → 12 → 11 → 2 → 10 → 7 → 5 → 3 → 1**

Sehingga diperoleh total jarak tempuh sebagai berikut :

$G_{1,6} + G_{6,4} + G_{4,9} + G_{9,8} + G_{8,12} + G_{12,11} + G_{11,2} + G_{2,10} + G_{10,7} + G_{7,5} + G_{5,3} + G_{3,1} = 86 + 19 + 42 + 4 + 5 + 138 + 60 + 179 + 271 + 93 + 48 + 63 = 1008$

3.3 Perbandingan Biaya Distribusi Eksternal Dan Distribusi Internal

Biaya distribusi Eksternal (Ekspedisi) Biaya distribusi eksternal yang dibutuhkan pada bulan April tahun 2010 ditampilkan Tabel 3.11 sebagai berikut :

Tabel 3.11 Biaya Distribusi Eksternal

No	Bulan	Biaya Distribusi
1	Januari	Rp 20.001.675
2	Februari	Rp 20.331.795
3	Maret	Rp 19.700.530
4	April	Rp 32.989.505
5	Mei	Rp 28.363.029
6	Juni	Rp 16.932.560
7	Juli	Rp 28.122.190
8	Agustus	Rp 39.285.295
9	September	Rp 23.890.940
10	Oktober	Rp 25.477.770
11	November	Rp 21.726.605
12	Desember	Rp 52.482.416
Total		Rp 329.304.340

Data Biaya Distribusi Internal

Biaya distribusi internal berupa Gaji, Bahan bakar, Maintenance kendaraan, Pajak kendaraan, Depresiasi, Uang konsumsi, dan biaya lain – lain. alokasi biaya untuk distribusi internal dalam periode 1 tahun ditampilkan pada Tabel 4.12 sebagai berikut :

Tabel 4.36 Biaya Distribusi Internal

Tahun	Jenis Biaya							Total
	Gaji	Bahan bakar	Maintenance	Pajak	Depresiasi	Konsumsi	Biaya lain-lain	
1	5.325.000	3.182.000	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	26.900.000
2	5.325.000	2.811.000	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	26.546.000
3	5.325.000	3.139.500	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	26.874.500
4	5.325.000	3.288.500	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	27.027.500
5	5.325.000	2.981.000	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	26.696.000
6	5.325.000	2.871.000	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	26.616.000
7	5.325.000	3.135.000	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	26.871.000
8	5.325.000	3.185.000	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	26.940.000
9	5.325.000	2.289.000	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	26.028.000
10	5.325.000	3.073.500	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	26.748.500
11	5.325.000	2.956.500	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	26.685.500
12	5.325.000	3.087.000	13.500.000	225.000	3.125.000	540.000	1.020.000	26.822.000
Total biaya dalam 1 tahun:								Rp 300.754.000

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Untuk mendapatkan rute terpendek maka wilayah dibagi ke dalam 3 kelompok yaitu:
 - Wilayah distribusi cluster 1 menghasilkan rute sebagai berikut :
Pabrik → Surabaya 1 → Surabaya 2 → Sidoarjo 1 → Sidoarjo 2 → Bondowoso → Jember 1 → Jember 2 → Pabrik
Dengan total jarak yang ditempuh sebesar 711 km.
 - Wilayah distribusi cluster 2 menghasilkan rute sebagai berikut :
Pabrik → Madiun → Tulungagung → Kediri → Pare → Jombang 2 → Jombang 1 → Nganjuk → Tuban → Bojonegoro → Malang → Magetan → Pabrik
Dengan total jarak yang ditempuh sebesar 473 km

- c. Wilayah distribusi cluster 3 menghasilkan rute sebagai berikut :
- Pabrik → Pati → Kudus → Semarang 2 → Semarang 1 → Semarang 3 → Tegal → Cirebon → Sukabumi → Purbalingga → Magelang → Jogjakarta → Pabrik
- Dengan total jarak yang ditempuh sebesar 1008 km
- Hasil perbandingan antara biaya distribusi internal dengan distribusi eksternal bahwa distribusi internal membutuhkan ongkos pengiriman dengan biaya yang lebih rendah yaitu sebesar Rp 8.550.340 dalam satu tahun
 - Untuk permintaan dengan kapasitas yang besar (tidak melebihi kapasitas angkut kendaraan) metode distribusi internal mungkin menjadi lebih layak digunakan dibandingkan distribusi eksternal karena biaya yang digunakan akan lebih murah.
- Traveling Salesman Problem."tersedia di <http://www.eprints.uny.ac.id/view/divisions/sch=5Fsoc/2009.html>"(diakses tanggal 15 agustus 2011)
- Amin, Rahma Aulia. Dkk, 2006. *Traveling Salesman Problem*, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Paul, Degarmo. Dkk, 1999. "Ekonomi Teknik" Jakarta.
- Supriyanto, Eko "upah minimum kabupaten wilayah Jawa Tengah" tersedia di <http://ekosupriyantospkep.wordpress.com/2011/11/28/perkembangan-upah-minimum-di-wilayah-propinsi-jawa-tengah-khususnya-kabupaten-karanganyar/> (diakses tanggal 27 desember 2011)

Daftar Pustaka

- Kusrini, Jazi Eko Istiyanto."Puslit universitas kristen petra penyelesaian tsp dengan algoritma cheapest insertion heuristik". tersedia di <http://www.puslit.petra.ac.id/journals/pdf.php?PublishedID=INF07080205.html> (109-114) (diakses tanggal 11 Agustus 2011)
- Hartini, Entin."METODE CLUSTERING HIRARKI." tersedia di http://www.batan.go.id/ppin/lokakarya/LKSTN_15/Entin.pdf. (diakses tanggal 10 september 2011)
- Priyanto, Ari."Algoritma Cheapest Insertion Heuristic Untuk Menyelesaikan Asymmetric