

Penentuan Rute Travel *Door to Door* dengan Program Dinamis

Shofi Nur Fathiya / 13508084
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
if18084@students.if.itb.ac.id

Abstraksi – Travel *door to door* kini sudah banyak berdiri di berbagai kota. Tidak seperti travel biasa, travel ini mengantarkan dan menjemput penumpang di tempat yang dipilih oleh masing-masing penumpang. Waktu yang diperlukan untuk mengantar-jemput penumpang ini biasanya cukup lama, salah satu faktornya karena rute yang diambil tidak optimal. Program dinamis sebagai salah satu metode pemecahan masalah, salah satunya masalah pencarian jalur optimal, diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan ini sehingga waktu yang diperlukan untuk mengantar dan menjemput penumpang dapat dibuat seminimal mungkin.

Kata Kunci—Travel, *door to door*, program dinamis, rute.

I. PENDAHULUAN

A. Travel

Travel merupakan salah satu kebutuhan transportasi yang penting saat ini, terutama untuk kebutuhan transportasi antarkota. Ada beberapa jenis travel, ada travel yang hanya mengantarkan dari *pool* di kota asal ke *pool* kota tujuan (*pool to pool*) dan ada travel yang mengantarkan dari rumah ke rumah (*door to door*). Terdapat perbedaan dari kedua jenis travel ini. Pada travel *pool to pool*, penumpang datang ke *pool* travel di kota asal untuk menaiki travel tersebut. Di kota tujuan, travel berhenti di *pool* travel di kota tersebut. Sedangkan untuk travel *door to door*, penumpang dapat meminta untuk dijemput di tempat yang ditentukan oleh penumpang (misal, di rumahnya). Ketika diantarkan ke kota tujuan pun, penumpang dapat meminta untuk diturunkan di tempat yang dipilih oleh penumpang.

Walaupun travel *door to door* lebih mahal daripada travel *pool to pool*, sebagian penumpang lebih memilih untuk menaiki travel jenis ini. Alasannya karena penumpang tidak perlu repot-repot pergi ke *pool* travel. Cukup dengan menunggu di rumah dan travel akan datang menjemput. Di kota tujuan pun, penumpang tidak perlu menaiki angkutan lagi ke tempat yang ditujunya karena diantarkan langsung oleh travel.

Namun sayangnya, travel ini biasanya memakan waktu lebih lama daripada travel lain, tentunya karena ia

harus menjemput penumpang-penumpangnya terlebih dahulu dan harus mengantarkan mereka pula satu per satu. Padahal, penumpang travel biasanya tidak sedikit (kecuali untuk travel dengan mobil berukuran kecil, seperti sedan). Tempat antar atau jemputnya pun seringkali berjarak cukup jauh satu sama lain. Agar waktu yang diperlukan oleh travel dalam mengantarkan dan menjemput dapat optimal, diperlukan rute yang tepat.

B. Program Dinamis

Program dinamis (*dynamic programming*) merupakan salah satu metode penyelesaian masalah dengan menguraikan solusi menjadi sekumpulan langkah (*step*) atau tahapan (*stage*). Solusi yang dihasilkan dari metode ini dapat dipandang dari serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada program dinamis ini, yaitu :

1. ada sejumlah berhingga pilihan yang mungkin
2. solusi pada suatu tahap dibentuk dari solusi yang didapat pada tahap sebelumnya
3. menggunakan persyaratan optimasi dan kendala untuk membatasi sejumlah pilihan yang harus dipertimbangkan pada suatu tahap.

Dalam pencarian solusinya, program dinamis menggunakan prinsip optimalitas sehingga solusi yang didapat pun optimal. Prinsip ini berbunyi : *jika solusi total optimal, maka bagian solusi sampai tahap ke-k juga optimal*. Ini berarti untuk mendapatkan hasil optimal dari tahap k ke tahap $k+1$, tidak perlu dilakukan penghitungan ulang dari tahap $k-1$, melainkan dapat melanjutkan dari hasil perhitungan hasil optimal sampai tahap k . Prinsip optimalitas ini menjamin pengambilan keputusan pada suatu tahap adalah keputusan yang benar untuk tahap-tahap selanjutnya.

Ada beberapa karakteristik dari persoalan yang diselesaikan dengan program dinamis ini, yaitu:

1. Persoalan dapat dibagi menjadi beberapa tahap dimana hanya ada 1 keputusan di setiap tahapnya.
2. Setiap tahap terdiri dari beberapa status, yaitu kemungkinan masukan pada setiap tahap.
3. Hasil dari keputusan yang diambil pada setiap

tahap ditransformasikan dari status yang bersangkutan ke status berikutnya pada tahap berikutnya.

4. Ongkos (*cost*) pada suatu tahap meningkat secara teratur seiring dengan bertambahnya jumlah tahapan.
5. Ongkos pada suatu tahapan bergantung pada ongkos pada tahap-tahap sebelumnya dan pada tahap saat ini.
6. Keputusan terbaik pada tiap tahap bersifat independen terhadap keputusan yang dilakukan pada tahap sebelumnya.
7. Terdapat hubungan rekursif yang mengidentifikasi keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap k memberikan keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap $k+1$.
8. Prinsip optimalitas berlaku pada persoalan tersebut.

II. PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas mengenai pencarian rute untuk travel Bogor-Bandung dengan jumlah penumpang 5 orang.

A. Optimasi penjemputan penumpang

Untuk mendapatkan rute optimal dalam menjemput penumpang, diperlukan lokasi dijemputnya masing-masing penumpang. Untuk travel Bogor-Bandung, maka travel akan menjemput seluruh penumpang di Bogor kemudian menuju Bandung melalui tol. Misalkan posisi dijemputnya penumpang travel adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Lokasi penjemputan penumpang travel di Bogor

dengan jarak dari masing-masing lokasi digambarkan dengan tabel berikut.

Tabel 1. Jarak antar lokasi penjemputan

	A	B	C	D	E	F	G
A	0	4.5	5.4	1.8	3.9	5.4	6.3
B	4.5	0	1.7	4.5	3.0	1.4	3.3
C	5.4	1.7	0	5.7	3.6	1.3	3.3
D	1.8	4.5	5.7	0	3.4	5.1	6.0
E	3.9	3.0	3.6	3.4	0	3.0	3.0
F	5.4	1.4	1.3	5.1	3.0	0	2.8
G	6.3	3.3	3.3	6.0	3.0	2.8	0

Keterangan : satuan dari jarak di atas adalah km (kilometer)

Jumlah lokasi yang ada adalah 7 lokasi, maka masing-masing lokasi diberi nama $x_1, x_2, x_3, \dots, x_6$ sehingga rute yang dibentuk oleh travel adalah:

$$x_0 \rightarrow x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4 \rightarrow x_5 \rightarrow x_6$$

Untuk setiap keberangkatan, travel harus berangkat dari *pool*-nya, maka x_0 sudah pasti merupakan A. travel juga hanya bisa masuk ke pintu tol jika seluruh penumpang telah dijemput, sehingga nilai x_6 dapat diubah menjadi G. Persamaan di atas pun menjadi :

$$A \rightarrow x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4 \rightarrow x_5 \rightarrow x_6$$

dengan $x_6 = G$

Karena program dinamis menerapkan prinsip optimalitas dimana untuk mendapatkan hasil optimal dari tahap k ke tahap $k+1$, tidak perlu dilakukan penghitungan ulang dari tahap ke-1, melainkan dapat melanjutkan dari hasil perhitungan hasil optimal sampai tahap ke- k , maka pada program dinamis digunakan fungsi rekurens. Fungsi rekurens ini menyatakan rute terpendek dari status s ke x_6 pada tahap k :

$$f(i, \Phi) = c_{i,G}, i = \{B, C, D, E, F\} \dots \dots \dots (basis)$$

$$f(i, s) = \min\{c_{ij} + f(j, S - \{j\})\}, \dots \dots \dots (rekurens)$$

Langkah yang dilakukan dalam mencari penyelesaian adalah sebagai berikut:

• Tahap 1

Mencari nilai dari jarak masing-masing lokasi penjemputan penumpang dengan pintu tol Bogor. Rumus yang digunakan adalah:

$$f(i, \phi) = c_{i,G} \text{ untuk } i = \{B, C, D, E, F\} \text{ diperoleh :}$$

$$f(B, \phi) = c_{B,G} = 3.3$$

$$f(C, \phi) = c_{C,G} = 3.3$$

$$f(D, \phi) = c_{D,G} = 6.0$$

$$f(E, \phi) = c_{E,G} = 3.0$$

$$f(F,\phi) = c_{F,G} = 2.8$$

• **Tahap 2**

Mencari nilai dari jarak masing-masing lokasi penjemputan penumpang dengan pintu tol Bogor dengan melewati 1 tempat terlebih dahulu. Rumus yang digunakan adalah:

$$f(i,s) = \min_{j \in s} \{c_{ij} + f(j,s-\{j\})\} \text{ untuk } |s| = 1$$

diperoleh :

jarak lokasi B dengan pintu tol Bogor dengan melewati 1 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned} f(B,\{C\}) &= \min\{c_{BC} + f(C,\phi)\} = 1.7 + 3.3 = 5.0 \\ f(B,\{D\}) &= \min\{c_{BD} + f(D,\phi)\} = 4.5 + 6.0 = 10.5 \\ f(B,\{E\}) &= \min\{c_{BE} + f(E,\phi)\} = 3.0 + 3.0 = 6.0 \\ f(B,\{F\}) &= \min\{c_{BF} + f(F,\phi)\} = 1.4 + 2.8 = 4.2 \end{aligned}$$

jarak lokasi C dengan pintu tol Bogor dengan melewati 1 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned} f(C,\{B\}) &= \min\{c_{CB} + f(B,\phi)\} = 1.7 + 3.3 = 5.0 \\ f(C,\{D\}) &= \min\{c_{CD} + f(D,\phi)\} = 5.7 + 6.0 = 11.7 \\ f(C,\{E\}) &= \min\{c_{CE} + f(E,\phi)\} = 3.6 + 3.0 = 6.6 \\ f(C,\{F\}) &= \min\{c_{CF} + f(F,\phi)\} = 1.3 + 2.8 = 4.1 \end{aligned}$$

jarak lokasi D dengan pintu tol Bogor dengan melewati 1 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned} f(D,\{B\}) &= \min\{c_{DB} + f(B,\phi)\} = 4.5 + 3.3 = 7.8 \\ f(D,\{C\}) &= \min\{c_{DC} + f(C,\phi)\} = 5.7 + 3.3 = 9.0 \\ f(D,\{E\}) &= \min\{c_{DE} + f(E,\phi)\} = 3.4 + 3.0 = 6.4 \\ f(D,\{F\}) &= \min\{c_{DF} + f(F,\phi)\} = 5.1 + 2.8 = 7.9 \end{aligned}$$

jarak lokasi E dengan pintu tol Bogor dengan melewati 1 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned} f(E,\{B\}) &= \min\{c_{EB} + f(B,\phi)\} = 3.0 + 3.3 = 6.3 \\ f(E,\{C\}) &= \min\{c_{EC} + f(C,\phi)\} = 3.6 + 3.3 = 6.9 \\ f(E,\{D\}) &= \min\{c_{ED} + f(D,\phi)\} = 3.4 + 6.0 = 9.4 \\ f(E,\{F\}) &= \min\{c_{EF} + f(F,\phi)\} = 3.0 + 2.8 = 5.8 \end{aligned}$$

jarak lokasi F dengan pintu tol Bogor dengan melewati 1 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned} f(F,\{B\}) &= \min\{c_{FB} + f(B,\phi)\} = 1.4 + 3.3 = 4.7 \\ f(F,\{C\}) &= \min\{c_{FC} + f(C,\phi)\} = 1.3 + 3.3 = 4.6 \\ f(F,\{D\}) &= \min\{c_{FD} + f(D,\phi)\} = 5.1 + 6.0 = 11.1 \\ f(F,\{E\}) &= \min\{c_{FE} + f(E,\phi)\} = 3.0 + 3.0 = 6.0 \end{aligned}$$

• **Tahap 3**

Mencari nilai dari jarak masing-masing lokasi penjemputan penumpang dengan pintu tol Bogor dengan melewati 2 tempat terlebih dahulu. Rumus yang digunakan adalah:

$$f(i,s) = \min_{j \in s} \{c_{ij} + f(j,s-\{j\})\} \text{ untuk } |s| = 2$$

diperoleh :

jarak lokasi B dengan pintu tol Bogor dengan melewati 2 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned} f(B,\{C,D\}) &= \min\{c_{BC} + f(C,\{D\}), c_{BD} + f(D,\{C\})\} \\ &= \min\{1.7+11.7, 4.5+9.0\} \\ &= \min\{13.4, 13.5\} = 13.4 \\ f(B,\{C,E\}) &= \min\{c_{BC} + f(C,\{E\}), c_{BE} + f(E,\{C\})\} \\ &= \min\{1.7+6.6, 3.0+6.9\} \\ &= \min\{8.3, 9.9\} = 8.3 \\ f(B,\{C,F\}) &= \min\{c_{BC} + f(C,\{F\}), c_{BF} + f(F,\{C\})\} \\ &= \min\{1.7+4.1, 1.4+4.6\} \\ &= \min\{5.8, 6.0\} = 5.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(B,\{D,E\}) &= \min\{c_{BD} + f(D,\{E\}), c_{BE} + f(E,\{D\})\} \\ &= \min\{4.5+6.4, 3.0+9.4\} \\ &= \min\{10.9, 12.4\} = 10.9 \\ f(B,\{D,F\}) &= \min\{c_{BD} + f(D,\{F\}), c_{BF} + f(F,\{D\})\} \\ &= \min\{4.5+7.9, 1.4+11.1\} \\ &= \min\{12.4, 12.5\} = 12.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(B,\{E,F\}) &= \min\{c_{BE} + f(E,\{F\}), c_{BF} + f(F,\{E\})\} \\ &= \min\{3.0+5.8, 1.4+6.0\} \\ &= \min\{8.8, 7.4\} = 7.4 \end{aligned}$$

jarak lokasi C dengan pintu tol Bogor dengan melewati 2 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned} f(C,\{B,D\}) &= \min\{c_{CB} + f(B,\{D\}), c_{CD} + f(D,\{B\})\} \\ &= \min\{1.7+10.5, 5.7+7.8\} \\ &= \min\{12.2, 13.5\} = 12.2 \\ f(C,\{B,E\}) &= \min\{c_{CB} + f(B,\{E\}), c_{CE} + f(E,\{B\})\} \\ &= \min\{1.7+6.0, 3.6+6.3\} \\ &= \min\{7.7, 9.9\} = 7.7 \\ f(C,\{B,F\}) &= \min\{c_{CB} + f(B,\{F\}), c_{CF} + f(F,\{B\})\} \\ &= \min\{1.7+4.2, 1.3+4.7\} \\ &= \min\{5.9, 6.0\} = 5.9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(C,\{D,E\}) &= \min\{c_{CD} + f(D,\{E\}), c_{CE} + f(E,\{D\})\} \\ &= \min\{5.7+6.4, 3.6+9.4\} \\ &= \min\{12.1, 13.0\} = 12.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(C,\{D,F\}) &= \min\{c_{CD} + f(D,\{F\}), c_{CF} + f(F,\{D\})\} \\ &= \min\{5.7+7.9, 1.3+11.1\} \\ &= \min\{13.6, 12.4\} = 12.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(C,\{E,F\}) &= \min\{c_{CE} + f(E,\{F\}), c_{CF} + f(F,\{E\})\} \\ &= \min\{3.6+5.8, 1.3+6.0\} \\ &= \min\{9.4, 7.3\} = 7.3 \end{aligned}$$

jarak lokasi D dengan pintu tol Bogor dengan melewati 2 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned} f(D,\{B,C\}) &= \min\{c_{DB} + f(B,\{C\}), c_{DC} + f(C,\{B\})\} \\ &= \min\{4.5+5.0, 5.7+5.0\} \\ &= \min\{9.5, 10.7\} = 9.5 \\ f(D,\{B,E\}) &= \min\{c_{DB} + f(B,\{E\}), c_{DE} + f(E,\{B\})\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \min\{4.5+6.0, 3.4+6.3\} \\
&= \min\{10.5, 9.7\} = 9.7 \\
f(D,\{B,F\}) &= \min\{c_{DB} + f(B,\{F\}), c_{DF} + f(F,\{B\})\} \\
&= \min\{4.5+4.2, 5.1+4.7\} \\
&= \min\{8.7, 9.8\} = 8.7
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(D,\{C,E\}) &= \min\{c_{DC} + f(C,\{E\}), c_{DE} + f(E,\{C\})\} \\
&= \min\{5.7+6.6, 3.4+6.9\} \\
&= \min\{12.3, 10.3\} = 10.3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(D,\{C,F\}) &= \min\{c_{DC} + f(C,\{F\}), c_{DF} + f(F,\{C\})\} \\
&= \min\{5.7+4.1, 5.1+4.6\} \\
&= \min\{9.8, 9.7\} = 9.7
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(D,\{E,F\}) &= \min\{c_{DE} + f(E,\{F\}), c_{DF} + f(F,\{E\})\} \\
&= \min\{3.4+5.8, 5.1+6.0\} \\
&= \min\{9.2, 11.1\} = 9.2
\end{aligned}$$

jarak lokasi E dengan pintu tol Bogor dengan melewati 2 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned}
f(E,\{B,C\}) &= \min\{c_{EB} + f(B,\{C\}), c_{EC} + f(C,\{B\})\} \\
&= \min\{3.0+5.0, 3.6+5.0\} \\
&= \min\{8.0, 8.6\} = 8.0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(E,\{B,D\}) &= \min\{c_{EB} + f(B,\{D\}), c_{ED} + f(D,\{B\})\} \\
&= \min\{3.0+10.5, 3.4+7.8\} \\
&= \min\{13.5, 11.2\} = 11.2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(E,\{B,F\}) &= \min\{c_{EB} + f(B,\{F\}), c_{EF} + f(F,\{B\})\} \\
&= \min\{3.0+4.2, 3.0+4.7\} \\
&= \min\{7.2, 7.7\} = 7.2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(E,\{C,D\}) &= \min\{c_{EC} + f(C,\{D\}), c_{ED} + f(D,\{C\})\} \\
&= \min\{3.6+11.7, 3.4+9.0\} \\
&= \min\{15.3, 12.4\} = 12.4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(E,\{C,F\}) &= \min\{c_{EC} + f(C,\{F\}), c_{EF} + f(F,\{C\})\} \\
&= \min\{3.6+4.1, 3.0+4.6\} \\
&= \min\{7.7, 7.6\} = 7.6
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(E,\{D,F\}) &= \min\{c_{ED} + f(D,\{F\}), c_{EF} + f(F,\{D\})\} \\
&= \min\{3.4+7.9, 3.0+11.1\} \\
&= \min\{11.3, 14.1\} = 11.3
\end{aligned}$$

jarak lokasi F dengan pintu tol Bogor dengan melewati 2 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned}
f(F,\{B,C\}) &= \min\{c_{FB} + f(B,\{C\}), c_{FC} + f(C,\{B\})\} \\
&= \min\{1.4+5.0, 1.3+5.0\} \\
&= \min\{6.4, 6.3\} = 6.3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(F,\{B,D\}) &= \min\{c_{FB} + f(B,\{D\}), c_{FD} + f(D,\{B\})\} \\
&= \min\{1.4+10.5, 5.1+7.8\} \\
&= \min\{11.9, 12.9\} = 11.9
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(F,\{B,E\}) &= \min\{c_{FB} + f(B,\{E\}), c_{FE} + f(E,\{B\})\} \\
&= \min\{1.4+6.0, 3.0+6.3\} \\
&= \min\{7.4, 9.3\} = 7.4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(F,\{C,D\}) &= \min\{c_{FC} + f(C,\{D\}), c_{FD} + f(D,\{C\})\} \\
&= \min\{1.3+11.7, 5.1+9.0\} \\
&= \min\{13.0, 14.1\} = 13.0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(F,\{C,E\}) &= \min\{c_{FC} + f(C,\{E\}), c_{FE} + f(E,\{C\})\} \\
&= \min\{1.3+6.6, 3.0+6.9\} \\
&= \min\{8.0, 9.9\} = 8.0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(F,\{D,E\}) &= \min\{c_{FD} + f(D,\{E\}), c_{FE} + f(E,\{D\})\} \\
&= \min\{5.1+6.4, 3.0+9.4\} \\
&= \min\{11.5, 12.4\} = 11.5
\end{aligned}$$

• Tahap 4

Mencari nilai dari jarak masing-masing lokasi penjemputan penumpang dengan pintu tol Bogor dengan melewati 3 tempat terlebih dahulu. Rumus yang digunakan adalah:

$$f(i,s) = \min_{j \in S} \{c_{ij} + f(j,s-\{j\})\} \text{ untuk } |s| = 3 \text{ diperoleh :}$$

jarak lokasi B dengan pintu tol Bogor dengan melewati 3 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned}
f(B,\{C,D,E\}) &= \{c_{BC} + f(C,\{D,E\}), c_{BD} + f(D,\{C,E\}), \\
&\quad c_{BE} + f(E,\{C,D\})\} \\
&= \{1.7+12.1, 4.5+10.3, 3.0+12.4\} \\
&= \{13.8, 14.8, 15.4\} = 13.8
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(B,\{C,D,F\}) &= \{c_{BC} + f(C,\{D,F\}), c_{BD} + f(D,\{C,F\}), \\
&\quad c_{BF} + f(F,\{C,D\})\} \\
&= \{1.7+12.4, 4.5+9.7, 1.4+13.0\} \\
&= \{14.1, 14.2, 14.4\} = 14.1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(B,\{C,E,F\}) &= \{c_{BC} + f(C,\{E,F\}), c_{BE} + f(E,\{C,F\}), \\
&\quad c_{BF} + f(F,\{C,E\})\} \\
&= \{1.7+7.3, 3.0+7.6, 1.4+8.0\} \\
&= \{9.0, 10.6, 9.4\} = 9.0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(B,\{D,E,F\}) &= \{c_{BD} + f(D,\{E,F\}), c_{BE} + f(E,\{D,F\}), \\
&\quad c_{BF} + f(F,\{D,E\})\} \\
&= \{4.5+9.2, 3.0+11.3, 1.4+11.5\} \\
&= \{13.7, 14.3, 12.9\} = 12.9
\end{aligned}$$

jarak lokasi C dengan pintu tol Bogor dengan melewati 3 tempat terlebih dahulu:

$$\begin{aligned}
f(C,\{B,D,E\}) &= \{c_{CB} + f(B,\{D,E\}), c_{CD} + f(D,\{B,E\}), \\
&\quad c_{CE} + f(E,\{B,D\})\} \\
&= \{1.7+10.9, 5.7+9.7, 3.6+11.2\} \\
&= \{12.6, 15.4, 14.8\} = 12.6
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(C,\{B,D,F\}) &= \{c_{CB} + f(B,\{D,F\}), c_{CD} + f(D,\{B,F\}), \\
&\quad c_{CF} + f(F,\{B,D\})\} \\
&= \{1.7+12.4, 5.7+8.7, 1.3+11.9\} \\
&= \{14.1, 14.4, 13.2\} = 13.2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(C,\{B,E,F\}) &= \{c_{CB} + f(B,\{E,F\}), c_{CE} + f(E,\{B,F\}), \\
&\quad c_{CF} + f(F,\{B,E\})\} \\
&= \{1.7+7.4, 3.6+7.2, 1.3+7.4\} \\
&= \{9.1, 10.8, 8.7\} = 8.7
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f(C,\{D,E,F\}) &= \{c_{CD} + f(D,\{E,F\}), c_{CE} + f(E,\{D,F\}), \\
&\quad c_{CF} + f(F,\{D,E\})\} \\
&= \{5.7+9.2, 3.6+11.3, 1.3+11.5\} \\
&= \{14.9, 14.9, 12.8\} = 12.8
\end{aligned}$$

jarak lokasi D dengan pintu tol Bogor dengan melewati 3 tempat terlebih dahulu:

$$f(D, \{B, C, E\}) = \{c_{DB} + f(B, \{C, E\}), c_{DC} + f(C, \{B, E\}), c_{DE} + f(E, \{B, C\})\}$$

$$= \{4.5+8.3, 5.7+7.7, 3.4+8.0\}$$

$$= \{12.8, 13.4, 11.4\} = 11.4$$

$$f(D, \{B, C, F\}) = \{c_{DB} + f(B, \{C, F\}), c_{DC} + f(C, \{B, F\}), c_{DF} + f(F, \{B, C\})\}$$

$$= \{4.5+5.8, 5.7+5.9, 5.1+6.3\}$$

$$= \{10.3, 11.6, 11.4\} = 10.3$$

$$f(D, \{B, E, F\}) = \{c_{DB} + f(B, \{E, F\}), c_{DE} + f(E, \{B, F\}), c_{DF} + f(F, \{B, E\})\}$$

$$= \{4.5+7.4, 3.4+7.2, 5.1+7.4\}$$

$$= \{11.9, 10.6, 12.5\} = 10.6$$

$$f(D, \{C, E, F\}) = \{c_{DC} + f(C, \{E, F\}), c_{DE} + f(E, \{C, F\}), c_{DF} + f(F, \{C, E\})\}$$

$$= \{5.7+7.3, 3.4+7.6, 5.1+8.0\}$$

$$= \{13.0, 11.0, 13.1\} = 11.0$$

Jarak lokasi E dengan pintu tol Bogor dengan melewati 3 tempat terlebih dahulu:

$$f(E, \{B, C, D\}) = \{c_{EB} + f(B, \{C, D\}), c_{EC} + f(C, \{B, D\}), c_{ED} + f(D, \{B, C\})\}$$

$$= \{3.0+13.4, 3.6+12.2, 3.4+9.5\}$$

$$= \{16.4, 15.8, 12.9\} = 12.9$$

$$f(E, \{B, C, F\}) = \{c_{EB} + f(B, \{C, F\}), c_{EC} + f(C, \{B, F\}), c_{EF} + f(F, \{B, C\})\}$$

$$= \{3.0+5.8, 3.6+5.9, 3.0+6.3\}$$

$$= \{8.8, 9.5, 9.3\} = 8.8$$

$$f(E, \{B, D, F\}) = \{c_{EB} + f(B, \{D, F\}), c_{ED} + f(D, \{B, F\}), c_{EF} + f(F, \{B, D\})\}$$

$$= \{3.0+12.4, 3.4+8.7, 3.0+11.9\}$$

$$= \{15.4, 12.1, 14.9\} = 12.1$$

$$f(E, \{C, D, F\}) = \{c_{EC} + f(C, \{D, F\}), c_{ED} + f(D, \{C, F\}), c_{EF} + f(F, \{C, D\})\}$$

$$= \{3.6+12.4, 3.4+9.7, 3.0+13.0\}$$

$$= \{16.0, 13.1, 16.0\} = 13.1$$

Jarak lokasi F dengan pintu tol Bogor dengan melewati 3 tempat terlebih dahulu:

$$f(F, \{B, C, D\}) = \{c_{FB} + f(B, \{C, D\}), c_{FC} + f(C, \{B, D\}), c_{FD} + f(D, \{B, C\})\}$$

$$= \{1.4+13.4, 1.3+12.2, 5.1+9.5\}$$

$$= \{14.8, 13.5, 14.6\} = 13.5$$

$$f(F, \{B, C, E\}) = \{c_{FB} + f(B, \{C, E\}), c_{FC} + f(C, \{B, E\}), c_{FE} + f(E, \{B, C\})\}$$

$$= \{1.4+8.3, 1.3+7.7, 3.0+8.0\}$$

$$= \{9.7, 9.0, 11.0\} = 9.0$$

$$f(F, \{B, D, E\}) = \{c_{FB} + f(B, \{D, E\}), c_{FD} + f(D, \{B, E\}), c_{FE} + f(E, \{B, D\})\}$$

$$= \{1.4+10.9, 5.1+9.7, 3.0+11.2\}$$

$$= \{12.3, 14.8, 14.2\} = 12.3$$

$$f(F, \{C, D, E\}) = \{c_{FC} + f(C, \{D, E\}), c_{FD} + f(D, \{C, E\}), c_{FE} + f(E, \{C, D\})\}$$

$$= \{1.3+12.1, 5.1+10.3, 3.0+12.4\}$$

$$= \{13.4, 15.4, 15.4\} = 13.4$$

• Tahap 5

Mencari nilai dari jarak masing-masing lokasi penjemputan penumpang dengan pintu tol Bogor dengan melewati 4 tempat terlebih dahulu. Rumus yang digunakan adalah:

$$f(i, s) = \min_{j \in S} \{c_{ij} + f(j, s - \{j\})\} \text{ untuk } |s| = 4$$

diperoleh :

jarak lokasi B dengan pintu tol Bogor dengan melewati 4 tempat terlebih dahulu:

$$f(B, \{C, D, E, F\}) = \{c_{BC} + f(C, \{D, E, F\}), c_{BD} + f(D, \{C, E, F\}), c_{BE} + f(E, \{C, D, F\}), c_{BF} + f(F, \{C, D, E\})\}$$

$$= \{1.7+12.8, 4.5+11.0, 3.0+13.1, 1.4+13.4\}$$

$$= \{14.5, 15.5, 16.1, 14.8\} = 14.5$$

jarak lokasi C dengan pintu tol Bogor dengan melewati 4 tempat terlebih dahulu:

$$f(C, \{B, D, E, F\}) = \{c_{CB} + f(B, \{D, E, F\}), c_{CD} + f(D, \{B, E, F\}), c_{CE} + f(E, \{B, D, F\}), c_{CF} + f(F, \{B, D, E\})\}$$

$$= \{1.7+12.9, 5.7+10.6, 3.6+12.1, 1.3+12.3\}$$

$$= \{14.6, 16.3, 15.7, 13.6\} = 13.6$$

jarak lokasi D dengan pintu tol Bogor dengan melewati 4 tempat terlebih dahulu:

$$f(D, \{B, C, E, F\}) = \{c_{DB} + f(B, \{C, E, F\}), c_{DC} + f(C, \{B, E, F\}), c_{DE} + f(E, \{B, C, F\}), c_{DF} + f(F, \{B, C, E\})\}$$

$$= \{4.5+9.0, 5.7+8.7, 3.4+8.8, 5.1+9.0\}$$

$$= \{13.5, 14.4, 12.2, 14.1\} = 12.2$$

jarak lokasi E dengan pintu tol Bogor dengan melewati 4 tempat terlebih dahulu:

$$f(E, \{B, C, D, F\}) = \{c_{EB} + f(B, \{C, D, F\}), c_{EC} + f(C, \{B, D, F\}), c_{ED} + f(D, \{B, C, F\}), c_{EF} + f(F, \{B, C, D\})\}$$

$$= \{3.0+14.1, 3.6+13.2, 3.4+10.3, 3.0+13.5\}$$

$$= \{17.1, 16.8, 13.7, 16.5\} = 13.7$$

jarak lokasi F dengan pintu tol Bogor dengan melewati 4 tempat terlebih dahulu:

$$f(F, \{B, C, D, E\}) = \{c_{FB} + f(B, \{C, D, E\}), c_{FC} + f(C, \{B, D, E\}), c_{FD} + f(D, \{B, C, E\}), c_{FE} + f(E, \{B, C, D\})\}$$

$$= \{1.4+13.8, 1.3+12.6, 5.1+11.4, 3.0+12.9\}$$

$$= \{15.2, 13.9, 16.5, 15.9\} = 13.9$$

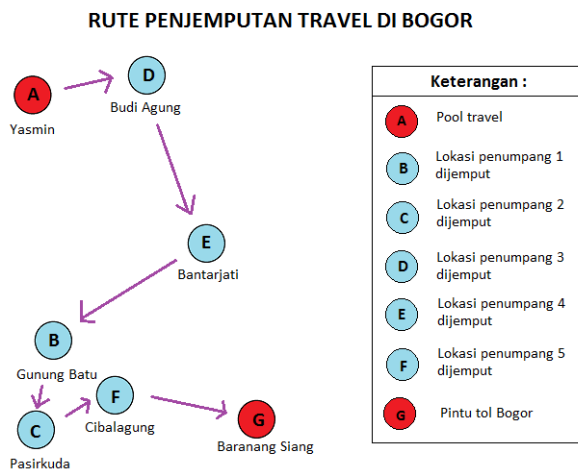
• **Tahap 6**

Mencari nilai dari jarak masing-masing lokasi penjemputan penumpang dengan pintu tol Bogor dengan melewati 5 tempat terlebih dahulu. Ini merupakan tahap terakhir dari pencarian.

$$\begin{aligned}
 f(A, \{B, C, D, E, F\}) &= \min \{ c_{AB} + f(B, \{C, D, E, F\}) + c_{AC} \\
 &\quad + f(C, \{B, D, E, F\}) + c_{AD} + \\
 &\quad + f(D, \{B, C, E, F\}) + c_{AE} + \\
 &\quad + f(E, \{B, C, D, F\}) + c_{AF} + \\
 &\quad + f(F, \{B, C, D, E\}) \} \\
 &= \{ 4.5+14.5, 5.4+13.6, 1.8+12.2, \\
 &\quad 3.9+ 13.7, 5.4+ 13.9 \} \\
 &= \{ 18.5, 19.0, 14.0, 17.6, 19.3 \} \\
 &= 14.0 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Hasil yang didapat untuk 14.0 km dengan jalur :

A→D→E→B→C→F→G atau dapat juga dituliskan sebagai : *Pool* travel (di Yasmin) → Budi Agung → Bantarjati → Gunung Batu → Pasirkuda → Cibalagung → Pintu tol (Baranang Siang).



Gambar 2. Rute penjemputan travel hasil pencarian dengan program dinamis

Cara ini memang cukup melelahkan jika dilakukan secara manual, untuk itu perlu dibuat suatu *software* yang mengimplementasikan program dinamis ini. Algoritma dari program dinamis yang dituliskan pada sourcecode dapat diturunkan dari fungsi rekursif yang telah dibahas sebelumnya, sehingga pada program dapat dituliskan sebagai berikut.

```

function ProgramDinamis (input X : int,
input V : himp, input E : matriks of real,
input n : int) → real

{X merupakan posisi awal jalur, dalam
hal ini pool travel}

```

```

{V merupakan himpunan simpul yang dalam
hal ini merupakan posisi tiap tempat
dijemputnya penumpang dan posisi pintu
tol, dengan anggotanya adalah
V0, V1, V2, ..., Vn. V0 merupakan posisi pintu
tol}
{E merupakan matriks yang berisi jarak
dari masing-masing tempat jemput ke tempat
jemput lainnya dan jarak masing-masing
tempat jemput dengan pintu tol}
{n merupakan banyaknya penumpang}

KAMUS
i : int {iterasi}
hasil : real
temphasil : real

ALGORITMA

if (n=1) then
{mencari jarak antara posisi dengan pintu
tol}
    hasil ← matriks[V0][V1]
else
    for (i = 1 to n) do
        temphasil ← matriks[X][Vi] +
ProgramDinamis ({V-Vi}, E, n-1)
        if (i=1) then
            hasil ← temphasil
        else
            if (temphasil < hasil) then
                hasil ← temphasil

```

return hasil

B. Optimasi pengantaran penumpang

Untuk menemukan rute yang optimal saat mengantarkan penumpang ke tempat tujuannya masing-masing, cara yang digunakan sama dengan cara ketika mencari rute optimal untuk menjemput penumpang. Hanya saja terdapat perbedaan seperti lokasi diantarkannya penumpang berada di Bandung, titik awal yang digunakan adalah salah satu pintu tol di Bandung, dan titik akhirnya merupakan *pool* dari travel.

III. ANALISIS

Solusi yang didapat dari algoritma program dinamis ini terbukti merupakan solusi yang optimal. Jarak total yang perlu ditempuh oleh travel dalam menjemput penumpang-penumpangannya hanya 14 km saja. Nilai ini tentu lebih kecil daripada supir travel harus mengira-ngira sendiri rute apa yang harus diambil olehnya, siapa penumpang yang harus pertama dijemput, dan sebagainya.

Misalkan saja, supir menentukan sendiri rute yang harus dilaluinya, yaitu dari *Pool* travel → Budi Agung → Gunung Batu → Pasirkuda → Cibalagung → Bantarjati → Pintu tol, maka jarak yang harus ditempuh oleh travel adalah 1.8+4.5+1.7+1.3+3.0+3.0 = 15.3 km. Mungkin perbedaan jarak ini tidak terlalu besar dengan jarak hasil pencarian dengan program dinamis, namun

tetap saja jarak yang lebih pendek akan lebih menguntungkan baik bagi penumpang, supir, maupun pihak travel sendiri. Penumpang akan merasa senang karena mereka tidak perlu menunggu terlalu lama. Supir travel dapat menghemat tenaganya untuk menyupir lebih lama lagi. Pihak travel pun tidak perlu membayar bensin lebih untuk rute yang lebih jauh.

IV. SIMPULAN

Algoritma program dinamis sebagai metode pencarian solusi merupakan salah satu metode yang tepat digunakan dalam hal pencarian rute travel *door to door*. Solusi yang dihasilkan dari algoritma ini dapat meningkatkan efisiensi kerja dari travel sehingga pendapatan dapat meningkat dan penumpang akan merasa lebih puas dalam menggunakan travel.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi. 2009. *Diktat Kuliah IF3051 Strategi Algoritmik*. Bandung : Penerbit Informatika.
- [2] <http://bogorbyangkot.com/profil11.asp> tanggal akses : 7 Desember 2010

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 08 Desember 2010



Shofi Nur Fathiya
13508084