

PENENTUAN JALUR TERPENDEK PADA PELAYANAN AGEN TRAVEL KHUSUS PENGANTARAN WILAYAH SEMARANG BERBASIS SIG DENGAN ALGORITMA *BRANCH AND BOUND*

Windi Rayina Rosa, Drs. Suhartono, M.Kom, Helmie Arif Wibawa, S.Si, M.Cs
Program Studi Teknik Informatika, Universitas Diponegoro
diraysa@gmail.com

ABSTRAK

Bagi perusahaan jasa transportasi, seperti pada studi kasus agen travel, pemilihan jalur atau rute perjalanan sangat penting untuk diperhatikan. Rute yang lebih pendek pada umumnya akan menghasilkan biaya dan waktu yang lebih singkat. Oleh karena itu diperlukan suatu cara untuk menentukan rute terpendek agar perjalanan menjadi lebih efektif dan efisien. Masalah ini dapat dikategorikan sebagai masalah TSP (*Travelling Salesperson Problem*). Hal ini dapat diselesaikan dengan membangun Sistem Informasi Geografis Pencarian Jalur Terpendek (SIGPEJAP). Sistem ini dikembangkan dengan menggunakan metode *Unified Process* dan metode pencarian jalurnya menggunakan algoritma *Branch and Bound*. Algoritma ini cukup baik dalam memberikan solusi optimal pada masalah TSP, termasuk pada pemilihan rute perjalanan. Sistem yang dihasilkan dapat membantu agen travel dalam memilih rute terpendek yang sebaiknya dilewati oleh sopir.

Kata kunci: Sistem Informasi Geografis, Jalur/Rute, *Travelling Salesperson Problem* (TSP), *Branch and Bound*, *Unified Process*.

1. PENDAHULUAN

Travel merupakan suatu pelayanan transportasi yang cukup sering digunakan karena pelayanannya yang nyaman dan terjangkau. Untuk mempermudah pelayanan bagi para penumpang dan agen travel, diperlukan suatu sistem informasi. Sistem informasi yang diperlukan dalam hal ini adalah Sistem Informasi Geografis yang saat ini mulai banyak digunakan pada berbagai macam aplikasi yang berhubungan dengan data yang bereferensi geografis.

Sistem Informasi Geografis di sini pada dasarnya dibuat untuk membantu

penentuan jalur terpendek yang dapat dilalui travel. Namun masih banyak agen travel yang pengantaran penumpang ke tempat tujuannya masih berdasarkan atas kehendak sopir travel. Jika masalah ini dianalisis, maka akan terdapat ketidakefektifan dalam pemilihan jalur yang ditentukan oleh naluri sopir dengan pemilihan jalan sesuai jalan yang mereka anggap baik untuk dilewati tanpa memperhatikan efisiensi jalur yang ditempuh.

Penentuan jalur terpendek dicari menggunakan algoritma *Branch and Bound*. Berdasarkan riset pada tahun

1998 yang telah dilakukan oleh SEAS, *School of Engineering and Applied Science, Branch and Bound* merupakan algoritma yang *powerfull*, karena dapat diaplikasikan dalam berbagai masalah yang tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *greedy* dan pemrograman dinamis [2].

2. ALGORITMA *BRANCH AND BOUND*

Algoritma *Branch and Bound* (B&B) merupakan suatu metode pencarian di dalam ruang solusi secara sistematis. Tiap simpul yang dibangkitkan akan diberikan nilai ongkos (*cost*). Untuk mempercepat pencarian solusi maka simpul berikut yang diekspansi tidak berdasarkan urutan pembangkitnya tetapi berdasarkan *cost* yang dimiliki oleh simpul-simpul hidup. *Cost* pada setiap simpul i menyatakan perkiraan ongkos termurah lintasan dari simpul i ke simpul solusi [1].

3. SKEMA UMUM ALGORITMA *BRANCH AND BOUND*

Langkah-langkah pencarian solusi dengan menggunakan algoritma B&B [1]:

- 1) Simpul akar dimasukkan ke dalam antrian Q . Jika simpul akar adalah simpul solusi, maka solusi telah ditemukan dan pencarian berhenti.
- 2) Antrian Q diidentifikasi
 - a) Jika antrian Q kosong, maka solusi tidak ada dan pencarian berhenti

- b) Jika antrian Q tidak kosong, maka dipilih dari antrian Q simpul i yang mempunyai nilai c paling kecil. Jika terdapat beberapa simpul i yang memenuhi, maka dipilih satu secara sembarang.
- 3) Simpul i diidentifikasi
 - a) Jika simpul i adalah simpul solusi, maka solusi telah ditemukan dan pencarian berhenti.
 - b) Jika simpul i bukan simpul solusi, maka semua anaknya dibangkitkan. Jika simpul tidak memiliki anak, maka kembali ke langkah 2.
- 4) Untuk setiap anak j dari simpul i , nilai c dihitung dan semua anak yang sudah dibangkitkan dimasukkan ke dalam antrian Q .
- 5) Kembali ke langkah 2.

4. *TRAVELLING SALESPERSON PROBLEM*

Travelling Salesperson Problem adalah masalah optimasi, yaitu mengunjungi setiap tempat dari himpunan tempat-tempat yang ditentukan sekali dan hanya satu kali kemudian kembali ke tempat awal pada akhir dari rute perjalanan dengan jarak, waktu, dan biaya yang minimum. Dalam menemukan rute perjalanan terpendek untuk permasalahan agen travel, terdapat beberapa parameter yang perlu ditentukan sebelumnya untuk memperhitungkan nilai ongkos (*cost*) yaitu jarak antara titik awal ke alamat

penumpang (titik tujuan) dan jarak antara alamat penumpang satu ke penumpang lainnya.

Titik tujuan dari tiap penumpang akan diasosiasikan sebagai simpul dan titik awal sebagai akar. Peta yang menggambarkan lokasi dari titik awal dan titik-titik tujuan penumpang akan direpresentasikan dalam bentuk graf lengkap.

Misalkan :

- (i) $G = (V, E)$ adalah graf yang merepresentasikan peta lokasi
- (ii) $|V| = n$ = jumlah simpul dalam graf
- (iii) $c(i, j)$ = nilai ongkos atau bobot sisi i, j
- (iv) perjalanan berawal dan berakhir di simpul 1 (titik awal)
- (v) S adalah ruang solusi, yang dalam hal ini $S = \{(1, \pi, 1) \mid \pi \text{ adalah permutasi bilangan } (2, 3, \dots, n)\}$
- (vi) $|S| = (n - 1)! =$ banyaknya kemungkinan solusi

Pemberian nilai ongkos akan dilakukan dengan menggunakan matriks tereduksi dari matriks jarak antar simpul yang dibentuk dari graf G . Matriks tereduksi adalah matriks yang tiap kolom dan tiap barisnya mengandung paling sedikit satu buah angka 0 dan elemen-elemen lainnya bernilai non-negatif. Untuk mendapatkan matriks tereduksi, maka tiap baris atau kolom yang belum mengandung angka 0 dikurangi dengan nilai terkecil pada baris atau kolom tersebut.

Semua angka yang digunakan untuk mengurangi tiap baris atau kolom

tersebut kemudian dijumlahkan. Hasil dari penjumlahan inilah yang kemudian dijadikan sebagai $\hat{c}(\text{root})$ atau nilai ongkos dari simpul awal/akar. Hal ini juga berarti bahwa solusi pada persoalan TSP tersebut paling tidak memiliki bobot minimum sebesar nilai $\hat{c}(\text{root})$ yang diperoleh tersebut.

Selanjutnya, misal A adalah matriks tereduksi untuk simpul R . Misalkan S adalah anak dari simpul R sehingga sisi (R, S) pada pohon ruang status berkorespondensi dengan sisi (i, j) , maka dilakukan langkah-langkah berikut [1]:

- 1) Mengubah semua nilai pada baris i dan kolom j menjadi \sim
- 2) Mengubah $A(j, 1)$ menjadi \sim
- 3) Mereduksi kembali matriks A

Reduksi matriks A akan menghasilkan matriks lain (misal matriks B) dan fungsi pembatas. Secara umum, persamaan fungsi pembatas adalah seperti pada persamaan berikut:

$$\hat{c}(S) = \hat{c}(R) + A(i, j) + r$$

Keterangan:

$\hat{c}(S)$ = bobot perjalanan minimum yang melalui simpul S (simpul di pohon ruang status).

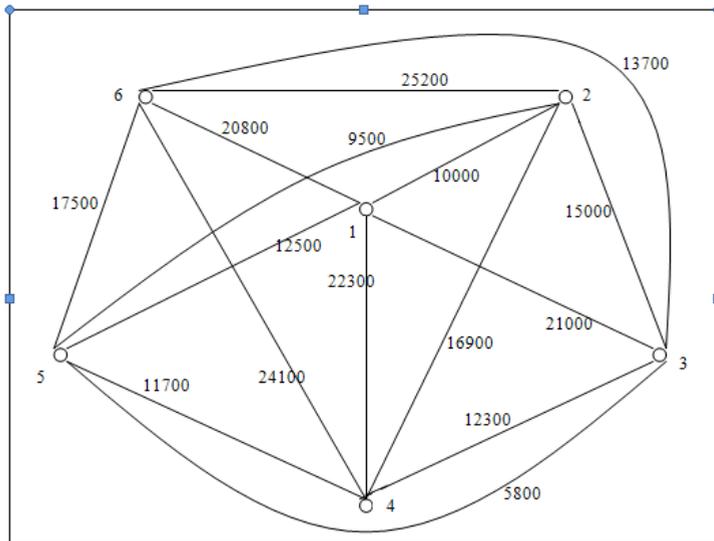
$\hat{c}(R)$ = bobot perjalanan minimum yang melalui simpul R , yang dalam hal ini R adalah orang tua dari S .

$A(i, j)$ = bobot sisi (i, j) pada graf G yang berkoresponden dengan sisi (R, S) pada pohon ruang status.

r = jumlah semua pengurang pada proses memperoleh matriks tereduksi untuk simpul S.

5. PENERAPAN ALGORITMA BRANCH AND BOUND PADA PERSOALAN

Proses pencarian jalur menggunakan algoritma *Branch and Bound* dijelaskan pada contoh kasus berikut ini:



Gambar 1 Graf yang menggambarkan posisi titik-titik tujuan

Simpul 1 mewakili titik *Start* sebagai titik awal yang harus ditempuh, simpul 2 adalah titik tujuan TEM012, simpul 3 adalah titik tujuan BAR028, simpul 4 adalah titik tujuan GEN008, simpul 5 adalah titik tujuan GAJ017, dan simpul 6 adalah titik tujuan MIJ011. Nilai pada sisi adalah cost yang menyatakan jarak antar titik. Untuk mengunjungi setiap simpul pada graf dalam menentukan rute terpendek ini

dimulai dari simpul *Start* hingga kembali lagi ke simpul tersebut.

Secara logika, pencarian rute terpendek dalam mengunjungi setiap simpul dapat dilakukan dengan cara mendaftarkan semua kemungkinan yang bisa digunakan (cara *exhaustive search*). Namun, hal ini sangat tidak efisien karena dengan begitu harus mencoba banyak kemungkinan. Oleh karena itu, algoritma *Branch and Bound* menawarkan solusi yang lebih praktis

untuk menentukan rute terpendek dengan menggambarkan graf di atas menjadi sebuah matriks M berukuran 6x6 di mana elemen M_{ij} adalah jarak dari i ke j, sedangkan i dan j adalah simpul pada graf.

$$\begin{bmatrix} \sim & 10000 & 21000 & 22300 & 12500 & 20800 \\ 10000 & \sim & 15000 & 16900 & 9500 & 25200 \\ 21000 & 15000 & \sim & 12300 & 5800 & 13700 \\ 22300 & 16900 & 12300 & \sim & 11700 & 24100 \\ 12500 & 9500 & 5800 & 11700 & \sim & 17500 \\ 20800 & 25200 & 13700 & 24100 & 17500 & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas merupakan matriks simetris karena jarak i ke j sama dengan jarak j ke i. Dalam penyederhanaan matriks di atas dilakukan dengan cara mereduksi matriks tersebut.

Reduksi baris:

$$\begin{bmatrix} \sim & 0 & 11000 & 12300 & 2500 & 10800 \\ 500 & \sim & 5500 & 7400 & 0 & 15700 \\ 15200 & 9200 & \sim & 6500 & 0 & 7900 \\ 10600 & 5200 & 600 & \sim & 0 & 12400 \\ 6700 & 3700 & 0 & 5900 & \sim & 11700 \\ 7100 & 11500 & 0 & 10400 & 3800 & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas dihasilkan dari pengurangan tiap baris dengan nilai terkecil pada elemen baris tersebut. Baris ke-1 dikurangi 10000, baris ke-2 dikurangi 9500, baris ke-3 dikurangi 5800, baris ke-4 dikurangi 11700, baris ke-5 dikurangi 5800, dan baris ke-6 dikurangi 13700.

Reduksi kolom:

$$\begin{bmatrix} \sim & 0 & 11000 & 6400 & 2500 & 2900 \\ 0 & \sim & 5500 & 1500 & 0 & 7800 \\ 14700 & 9200 & \sim & 600 & 0 & 0 \\ 10100 & 5200 & 600 & \sim & 0 & 4500 \\ 6200 & 3700 & 0 & 0 & \sim & 3800 \\ 6600 & 11500 & 0 & 4500 & 3800 & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas dihasilkan dari pengurangan seluruh elemen pada kolom

1 dengan 500, kolom 4 dengan 5900, dan kolom 6 dengan 7900.

Selanjutnya, proses reduksi ini akan menghasilkan nilai batas simpul akar atau $\hat{c}(root)$, yang didapat dari penjumlahan semua elemen pengurang tersebut. Jadi, $\hat{c}(root) = 10000 + 9500 + 5800 + 11700 + 5800 + 13700 + 500 + 5900 + 7900 = 70800$.

Dengan demikian berarti telah dibangkitkan pohon ruang status yang baru berisi satu buah simpul dengan bobot 70800.



Selanjutnya menghitung simpul-simpul lain pada pohon ruang status dengan mengacu pada persamaan yang telah dijelaskan di atas:

1. Simpul 2; lintasan 1,2

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 14700 & \sim & 5500 & 1500 & 0 & 7800 \\ 10100 & \sim & 600 & \sim & 0 & 4500 \\ 6200 & \sim & 0 & 0 & \sim & 3800 \\ 6600 & \sim & 0 & 4500 & 3800 & \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sim & \sim & 5500 & 1500 & 0 & 7800 \\ 8500 & \sim & \sim & 600 & 0 & 0 \\ 3900 & \sim & 600 & \sim & 0 & 4500 \\ 0 & \sim & 0 & 0 & \sim & 3800 \\ 400 & \sim & 0 & 4500 & 3800 & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas diperoleh dari pengurangan kolom ke-1 oleh 6200.

$$\hat{c}(2) = 70800 + 0 + 6200 = 77000$$

2. Simpul 3; lintasan 1,3

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & \sim & 1500 & 0 & 7800 \\ \sim & 9200 & \sim & 600 & 0 & 0 \\ 10100 & 5200 & \sim & \sim & 0 & 4500 \\ 6200 & 3700 & \sim & 0 & \sim & 3800 \\ 6600 & 11500 & \sim & 4500 & 3800 & \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & \sim & 1500 & 0 & 7800 \\ \sim & 9200 & \sim & 600 & 0 & 0 \\ 10100 & 5200 & \sim & \sim & 0 & 4500 \\ 6200 & 3700 & \sim & 0 & \sim & 3800 \\ 2800 & 7700 & \sim & 700 & 0 & \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & \sim & 1500 & 0 & 7800 \\ \sim & 5500 & \sim & 600 & 0 & 0 \\ 10100 & 1500 & \sim & \sim & 0 & 4500 \\ 6200 & 0 & \sim & 0 & \sim & 3800 \\ 2800 & 4000 & \sim & 700 & 0 & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas diperoleh dari pengurangan baris ke-6 oleh 3800 dan kolom ke-2 oleh 3700.

$$\hat{c}(3) = 70800 + 11000 + 7500 = 89300$$

3. Simpul 4; lintasan 1,4

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & 5500 & \sim & 0 & 7800 \\ 14700 & 9200 & \sim & \sim & 0 & 0 \\ \sim & 5200 & 600 & \sim & 0 & 4500 \\ 6200 & 3700 & 0 & \sim & \sim & 3800 \\ 6600 & 11500 & 0 & \sim & 3800 & \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & 5500 & \sim & 0 & 7800 \\ 14700 & 5500 & \sim & \sim & 0 & 0 \\ \sim & 1500 & 600 & \sim & 0 & 4500 \\ 6200 & 0 & 0 & \sim & \sim & 3800 \\ 6600 & 7800 & 0 & \sim & 3800 & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas diperoleh dari pengurangan kolom ke-2 oleh 3700.

$$\hat{c}(4) = 70800 + 6400 + 3700 = 80900$$

4. Simpul 5; lintasan 1,5

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & 5500 & 1500 & \sim & 7800 \\ 14700 & 9200 & \sim & 600 & \sim & 0 \\ 10100 & 5200 & 600 & \sim & \sim & 4500 \\ \sim & 3700 & 0 & 0 & \sim & 3800 \\ 6600 & 11500 & 0 & 4500 & \sim & \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & 5500 & 1500 & \sim & 7800 \\ 14700 & 9200 & \sim & 600 & \sim & 0 \\ 9500 & 4600 & 0 & \sim & \sim & 3900 \\ \sim & 3700 & 0 & 0 & \sim & 3800 \\ 6600 & 11500 & 0 & 4500 & \sim & \sim \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & 5500 & 1500 & \sim & 7800 \\ 14700 & 5500 & \sim & 600 & \sim & 0 \\ 9500 & 900 & 0 & \sim & \sim & 3900 \\ \sim & 0 & 0 & 0 & \sim & 3800 \\ 6600 & 7800 & 0 & 4500 & \sim & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas diperoleh dari pengurangan baris ke-4 oleh 600 dan kolom ke-2 oleh 3700.

$$\hat{c}(5) = 70800 + 2500 + 4300 = 77600$$

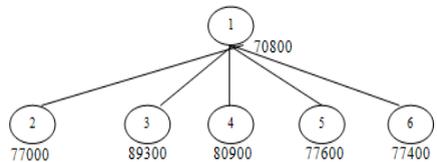
5. Simpul 6; lintasan 1,6

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & 5500 & 1500 & 0 & \sim \\ 14700 & 9200 & \sim & 600 & 0 & \sim \\ 10100 & 5200 & 600 & \sim & 0 & \sim \\ 6200 & 3700 & 0 & 0 & \sim & \sim \\ \sim & 11500 & 0 & 4500 & 3800 & \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & 5500 & 1500 & 0 & \sim \\ 14700 & 5500 & \sim & 600 & 0 & \sim \\ 10100 & 1500 & 600 & \sim & 0 & \sim \\ 6200 & 0 & 0 & 0 & \sim & \sim \\ \sim & 7800 & 0 & 4500 & 3800 & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas diperoleh dari pengurangan kolom ke-2 oleh 3700.

$$\hat{c}(6) = 70800 + 2900 + 3700 = 77400$$

Pohon status yang terbentuk dari proses reduksi di atas sampai saat ini adalah sebagai berikut:



Dengan penomoran simpul sama seperti sebelumnya, yaitu: (1)Start, (2)TEM012, (3)BAR028, (4)GEN008, (5)GAJ017, dan (6)MIJ011. Selanjutnya memilih simpul yang memiliki nilai batas

terkecil, dalam hal ini hanya terdapat 1 simpul yaitu simpul 2. Berikut hasil ekspansi simpul 2:

6. Simpul 7; lintasan 1,2,3

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 3900 & \sim & \sim & 600 & 0 & 0 \\ 0 & \sim & \sim & \sim & 0 & 4500 \\ 400 & \sim & \sim & \sim & 4500 & 3800 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 3900 & \sim & \sim & \sim & 600 & 0 & 0 \\ 0 & \sim & \sim & \sim & 0 & 4500 \\ 0 & \sim & \sim & \sim & 0 & 3800 \\ 0 & \sim & \sim & \sim & 4100 & 3400 & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas diperoleh dari pengurangan baris ke-6 oleh 400.

$$\hat{c}(7) = 77000 + 5500 + 400 = 82900$$

7. Simpul 8; lintasan 1,2,4

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 8500 & \sim & \sim & \sim & 0 & 0 \\ \sim & \sim & 600 & \sim & 0 & 4500 \\ 0 & \sim & 0 & \sim & \sim & 3800 \\ 400 & \sim & 0 & \sim & 3800 & \sim \end{bmatrix}$$

$$\hat{c}(8) = 77000 + 1500 + 0 = 78500$$

8. Simpul 9; lintasan 1,2,5

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 8500 & \sim & \sim & \sim & 600 & 0 \\ 3900 & \sim & 600 & \sim & \sim & 4500 \\ \sim & \sim & 0 & 0 & \sim & 3800 \\ 400 & \sim & \sim & 0 & 4500 & \sim \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 8500 & \sim & \sim & \sim & 600 & 0 \\ 3300 & \sim & 0 & \sim & \sim & 3900 \\ \sim & \sim & 0 & 0 & \sim & 3800 \\ 400 & \sim & 0 & 4500 & \sim & \sim \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 8100 & \sim & \sim & \sim & 600 & 0 \\ 2900 & \sim & 0 & \sim & \sim & 3900 \\ \sim & \sim & 0 & 0 & \sim & 3800 \\ 0 & \sim & 0 & 4500 & \sim & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas diperoleh dari pengurangan baris ke-4 oleh 600 dan kolom ke-1 oleh 400.

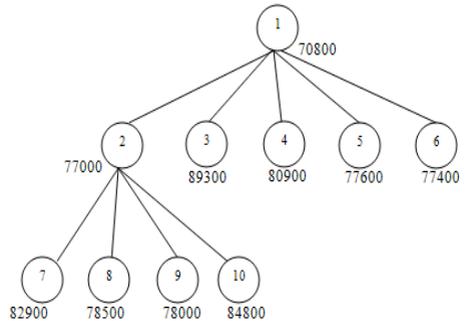
$$\hat{c}(9) = 77000 + 0 + 1000 = 78000$$

9. Simpul 10; lintasan 1,2,6

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 8500 & \sim & \sim & 600 & 0 & \sim \\ 3900 & \sim & 600 & \sim & 0 & \sim \\ 0 & \sim & 0 & 0 & \sim & \sim \\ \sim & \sim & 0 & 4500 & 3800 & \sim \end{bmatrix}$$

$$\hat{c}(10) = 77000 + 7800 + 0 = 84800$$

Dari proses-proses reduksi di atas, sampai saat ini diperoleh pohon status seperti di bawah ini:



Selanjutnya mengekspansi kembali simpul dengan bobot minimum, dalam hal ini adalah simpul 9:

10. Simpul 11; lintasan 1,2,5,3

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & 600 & \sim & 0 \\ 2900 & \sim & \sim & \sim & \sim & 3900 \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & \sim & 4500 & \sim & \sim \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & 600 & \sim & 0 \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & 1000 \\ 0 & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & \sim & 4500 & \sim & \sim \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & \sim & 0 & \sim & 0 \\ 0 & \sim & \sim & \sim & \sim & 1000 \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & \sim & 3900 & \sim & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas diperoleh dari pengurangan baris ke-4 oleh 2900 dan kolom ke-4 oleh 600.

$$\hat{c}(11) = 78000 + 0 + 3500 = 81500$$

11. Simpul 12; lintasan 1,2,5,4

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 8100 & \sim & \sim & \sim & \sim & 0 \\ \sim & \sim & 0 & \sim & \sim & 3900 \\ 0 & \sim & 0 & \sim & \sim & \sim \end{bmatrix}$$

$$\hat{c}(12) = 78000 + 0 + 0 = 78000$$

12. Simpul 13; lintasan 1,2,5,6

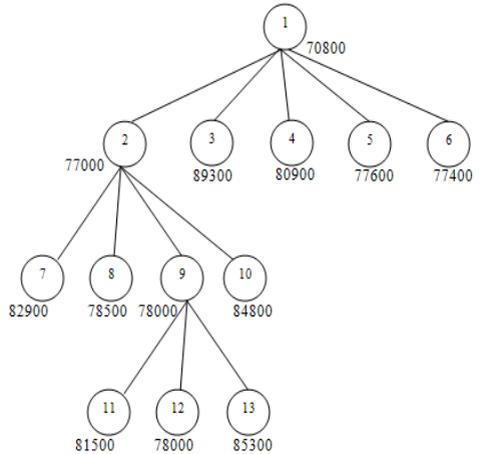
$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 8100 & \sim & \sim & 600 & \sim & \sim \\ 2900 & \sim & 0 & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & 0 & 4500 & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 7500 & \sim & 0 & \sim & \sim & \sim \\ 2900 & \sim & 0 & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & 0 & 4500 & \sim & \sim \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 4600 & \sim & \sim & 0 & \sim & \sim \\ 0 & \sim & 0 & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & 0 & 4500 & \sim & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas diperoleh dari pengurangan baris ke-3 oleh 600 dan kolom ke-1 oleh 2900.

$$\hat{c}(13) = 78000 + 3800 + 3500 = 85300$$

Dari proses-proses reduksi di atas, diperoleh pohon status seperti berikut:



Selanjutnya mengekspansi kembali simpul dengan bobot minimum, dalam hal ini adalah simpul 12:

13. Simpul 14; lintasan 1,2,5,4,3

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & 0 \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \end{bmatrix}$$

$$\hat{c}(14) = 78000 + 0 + 0 = 78000$$

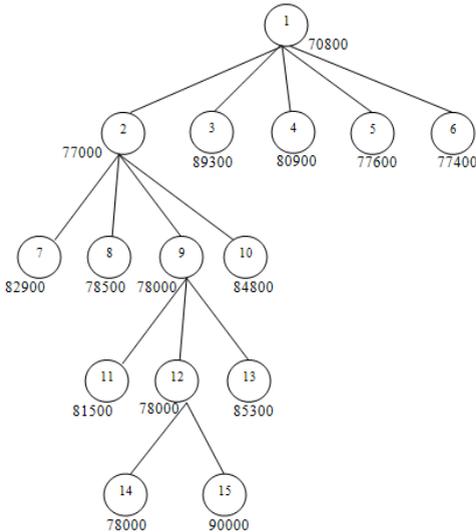
14. Simpul 15; lintasan 1,2,5,4,6

$$\begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 8100 & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & 0 & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ 0 & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & \sim & \sim & \sim & \sim \\ \sim & \sim & 0 & \sim & \sim & \sim \end{bmatrix}$$

Matriks di atas diperoleh dari pengurangan baris ke-3 oleh 8100.

$$\hat{c}(15) = 78000 + 3900 + 8100 = 90000$$

Dari proses-proses reduksi di atas, diperoleh pohon status seperti berikut:



Dari pohon status di atas, maka dapat disimpulkan bahwa rute dengan *cost* minimum adalah rute terpendek yang berhasil ditemukan, yaitu melalui simpul 1-2-9-12-14 yang berarti melalui titik *Start-TEM012-GAJ017-GEN008-BAR028-MIJ011-Start*.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil adalah algoritma *Branch and Bound* dapat diaplikasikan pada Sistem

Informasi Geografi Pencarian Jalur Terpendek (SIGPEJAP) sehingga dapat memberikan keuntungan pada agen travel dalam pengantaran penumpang karena dapat menghemat biaya dari sisi jarak yang ditempuh.

Saran untuk pengembangan sistem ini lebih lanjut yaitu titik pengantaran penumpang dibuat sesuai alamat tujuan penumpang, pencarian jarak antartitik tujuan untuk ke depannya dapat dicari menggunakan aplikasi yang lebih canggih lagi, seperti aplikasi berbasis *mobile*. Selain itu perhitungannya tidak hanya berdasarkan jarak saja, tetapi juga kepadatan lalu lintas, perbedaan jalan kecil dan jalan besar, serta memperhatikan aspek baik buruknya keadaan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munir R., 2003, "*Algoritma Branch and Bound*", ([http://kur2003.if.itb.ac.id/transbah an%20kuliah%20ke-11.pdf](http://kur2003.if.itb.ac.id/transbah%20an%20kuliah%20ke-11.pdf)) diakses pada tanggal 9 Juli 2009
- [2] Oemaryadi C. S., 2008, "*Aplikasi Algoritma B&B untuk Memperoleh Poin Maksimum pada Permainan 'Diner Dash'*", (<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rin aldi.munir/Stmik/2007-2008/Makalah2008/MakalahIF2251-2008-040.pdf>) diakses pada tanggal 9 Juli 2009