



PENGGUNAAN ALGORITMA *BRANCH AND BOUND* PADA OPTIMASI RUTE PENDISTRIBUSIAN AIR MINUM DALAM KEMASAN

Muchammad Rizki Ichwani[✉], Amin Suyitno

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt.1, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50299

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Agustus 2014

Disetujui September 2014

Dipublikasikan Mei 2015

Keywords:

Branch and Bound algorithm;

Route;

Travelling Salesman Problem (TSP).

Abstrak

Penelitian ini mengkaji sebuah permasalahan *Travelling Salesman Problem* (TSP) khususnya penggunaan algoritma *Branch and Bound* pada optimasi rute pendistribusian air minum dalam kemasan yang di terapkan pada CV. Mega Tirta Alami (METTA) Semarang. Dalam 1 hari CV. METTA Semarang mengunjungi 10 outlet dengan jarak tempuh 143,3 kilometer dengan biaya distribusi sebesar Rp 116431,25. Berdasarkan analisis dan perhitungan dengan menggunakan algoritma *Branch and Bound*, diperoleh dua rute yaitu rute pertama CV. METTA Semarang-outlet 7-outlet 10-outlet 4-outlet 2-outlet 8-outlet 3-outlet 6-outlet 1-outlet 9-outlet 5-dan kembali ke CV. METTA Semarang dan rute kedua CV. METTA Semarang-outlet 7-outlet 10-outlet 4-outlet 2-outlet 8-outlet 3-outlet 6-outlet 9-outlet 1-outlet 5-dan kembali ke CV. METTA Semarang dengan jarak tempuh minimum yang sama yaitu 86,5 kilometer dengan biaya distribusi sebesar Rp 70281,25. Jadi CV METTA Semarang dapat melakukan penghematan sebesar Rp 46150. Dari hasil tersebut diharapkan perusahaan distribusi, agen travel, tukang pos, dan sejenisnya dapat menerapkan algoritma *Branch and Bound* untuk menentukan jalur terpendek serta dapat membantu dalam efisiensi biaya dan waktu.

Abstract

This study examines problem of Traveling Salesman Problem (TSP), especially using Branch and Bound algorithm on the optimization of distribution route of packing water is applied to the CV. Mega Tirta Alami (METTA) Semarang. Within 1 day CV. METTA Semarang visited 10 outlets with the distance of 143.3 kilometers with a distribution cost of Rp 116431,25. Based on the analysis and calculations using the Branch and Bound algorithm, had been two routes, the first was CV. METTA Semarang-outlet 7-outlet 10-outlet 4-outlet 2-outlets 8-outlet 3-outlet 6-outlet 1-outlet 9-outlet 5-and back to CV. METTA Semarang and the second was CV. METTA Semarang-outlet 7-outlet 10-outlet 4-outlet 2-outlets 8-outlet 3-outlet 6-outlet 9-outlet 1-outlet 5-and back to CV. METTA Semarang with the same minimum distance of 86.5 kilometers with distribution cost of Rp 70281.25. So CV METTA Semarang can make savings of Rp 46150. From these results expected distribution companies, travel agents, postmen, and the same of a kind can apply the Branch and Bound algorithm to determine the shortest path and can helped in efficiency cost and time.

PENDAHULUAN

Menurut Kusumastuti (2006), perkembangan industri air minum dalam kemasan sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir ini. Banyak Perusahaan air minum dalam kemasan bermunculan karena ketertarikan investor dalam bidang ini. Hal ini disebabkan karena investor melihat peluang dari manfaat air yang merupakan syarat mutlak bagi kehidupan. Tubuh manusia terdiri dari 70% air. Air digunakan terutama untuk proses metabolisme. Sedangkan O_2 digunakan untuk proses pembakaran zat makanan menjadi energi. Kebutuhan air tiap orang kurang lebih 1,8 - 2,3 liter perhari sesuai dengan berat badan dan aktivitasnya. Hal tersebut yang memunculkan peluang investasi pada produk air minum dalam kemasan. Air minum dalam kemasan merupakan kelompok produk air minum murni yang diolah dan dikemas sehingga siap untuk diminum.

Menurut Ismaniah (2009), masalah transportasi umumnya berkaitan dengan mendistribusikan sembarang komoditi dari sembarang kelompok pusat pemasok yang disebut sumber ke sembarang pusat penerima yang disebut tujuan sedemikian sehingga meminimumkan biaya distribusi. Masalah pokok dalam pendistribusian produk adalah bagaimana caranya agar produk tersebut dapat melewati jalur-jalur tertentu dari sumber-sumber yang menyediakan produk ke tempat-tempat tujuan sehingga biaya yang dikeluarkan dapat ditekan seminimal mungkin (Prihastuti, 2012). Pendistribusian memegang peranan yang sangat penting karena tanpa pola distribusi yang tepat, maka proses ini akan menghabiskan biaya tinggi dan mengakibatkan pemborosan, baik dari segi waktu, biaya, maupun jarak.

Menurut Rosa *et al* (2012), Travelling Salesman Problem (TSP) 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 yang paling optimum untuk permasalahan pendistribusian

barang, terdapat beberapa parameter yang perlu ditentukan sebelumnya untuk memperhitungkan nilai ongkos (cost) yaitu jarak antara titik awal ke tempat tujuan dan jarak antara tempat satu ke tempat lainnya.

Titik tujuan dari tiap tempat akan diasosiasikan sebagai titik dan titik awal sebagai akar. Peta yang menggambarkan lokasi dari titik awal dan titik-titik tujuan distribusi akan dipresentasikan dalam bentuk graf lengkap.

Misalkan:

1. $G = (V, E)$ adalah graf yang mempresentasikan peta lokasi,
2. $|V| = n =$ jumlah titik dalam graf,
3. $c(i, j) =$ nilai ongkos atau bobot sisi i, j ,
4. S adalah ruang solusi, dalam hal ini $S = \{(1, \pi, 1) \mid \pi \text{ adalah permutasi bilangan } (2, 3, \dots, n)\}$,
5. $|S| = (n - 1)! =$ banyaknya kemungkinan solusi.

Pemberian nilai ongkos akan dilakukan dengan menggunakan matriks tereduksi dari matriks jarak antar titik 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 dengan nilai terkecil pada baris atau kolom tersebut.

Semua angka yang digunakan untuk mengurangi tiap baris atau kolom tersebut kemudian dijumlahkan. Hasil penjumlahan inilah yang kemudian dijadikan sebagai $\hat{c}(\text{root})$ atau nilai ongkos dari titik 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 titik R . Misalkan S adalah anak titik R sehingga sisi (R, S) pada pohon ruang status berkorespondensi dengan sisi (i, j) , maka dilakukan langkah-langkah berikut.

1. Mengubah semua nilai pada baris i dan kolom j menjadi ∞ .
2. Mengubah $A(j, i)$ menjadi ∞ .
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 titik S (titik di pohon ruang status).

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

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

r = Jumlah semua pengurang pada proses memperoleh matriks tereduksi untuk titik S.

Pemecahan masalah optimasi TSP merupakan pekerjaan yang membutuhkan algoritma yang efisien dan algoritma *Branch and Bound* merupakan salah satu algoritma untuk memecahkan masalah tersebut. Algoritma Branch and bound adalah algoritma pencarian di dalam ruang solusi secara sistematis. Ruang solusi diorganisasikan ke dalam pohon ruang status. Pohon ruang status tersebut dibangun berdasarkan skema BFS (*Breadth First Search*) (Riyanto, 2014). Menurut Munir (2005), pada algoritma *Branch and Bound*, pencarian ke titik solusi dapat dipercepat dengan memilih titik hidup berdasarkan nilai ongkos (*cost*). Setiap titik hidup diasosiasikan dengan sebuah ongkos yang menyatakan nilai batas (*bound*). Batas ini dapat berupa batas bawah (*lower bound*) ataupun batas atas (*upper bound*) masing-masing menyatakan batas maksimum atau batas minimum yang diperlukan untuk membangkitkan sebuah titik. Skema umum algoritma *branch and bound* adalah sebagai berikut:

1. Masukkan titik akar ke dalam antrian Q. Jika titik akar adalah titik solusi (*goal node*), maka solusi telah ditemukan. Stop.
2. Jika Q kosong, tidak ada solusi. Stop.
3. Jika Q tidak kosong, pilih dari antrian Q titik i yang mempunyai $\hat{c}(i)$ paling kecil. Jika terdapat beberapa titik i yang memenuhi, pilih satu secara sembarang.

4. Jika titik i adalah titik solusi, berarti solusi ditemukan, stop. Jika titik i bukan titik solusi, maka bangkitkan semua titik anaknya. Jika i tidak mempunyai titik anak, kembali ke langkah 2.
5. Untuk setiap titik anak j dari titik i , hitung j , dan masukkan semua titik-titik anak tersebut ke dalam antrian Q.
6. Kembali ke langkah 2.

METODE

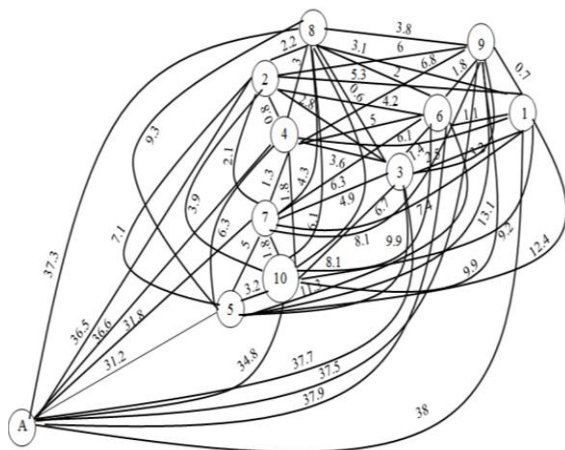
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi pustaka yaitu metode penelitian dengan mengambil bahan dari berbagai sumber pustaka yang relevan yang nantinya digunakan untuk mengumpulkan data maupun informasi yang diperlukan dalam penelitian. Sumber data diperoleh dari beberapa literatur yaitu buku-buku referensi, skripsi, makalah, jurnal, dan sebagainya yang mendukung penelitian ini. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jarak distribusi CV. METTA dengan seluruh outlet yang kemudian diinterpretasikan pada sebuah graf lengkap dan sebuah matriks M berukuran di mana elemen M_{ij} adalah jarak i ke j , sedangkan i dan j adalah titik pada graf. Setelah itu data jarak distribusi tersebut diolah dengan menggunakan algoritma *Branch and Bound* dan menghasilkan sebuah solusi optimal berupa rute distribusi terefisien. Data jarak distribusi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Jarak Antara CV. METTA Semarang dengan Seluruh Outlet

| | OUTLET (Km) | | | | | | | | | | |
|----|-------------|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|
| | A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| A | 0 | | | | | | | | | | |
| 1 | 38 | 0 | | | | | | | | | |
| 2 | 36.5 | 5.3 | 0 | | | | | | | | |
| 3 | 37.7 | 2.5 | 2.8 | 0 | | | | | | | |
| 4 | 36.6 | 6.1 | 0.8 | 3.6 | 0 | | | | | | |
| 5 | 31.2 | 12.4 | 7.1 | 9.9 | 6.3 | 0 | | | | | |
| 6 | 37.9 | 1.1 | 4.2 | 1.4 | 5 | 11.3 | 0 | | | | |
| 7 | 31.8 | 7.4 | 2.1 | 4.9 | 1.3 | 5 | 6.3 | 0 | | | |
| 8 | 37.3 | 3.1 | 2.2 | 0.6 | 3 | 9.3 | 2 | 4.3 | 0 | | |
| 9 | 37.5 | 0.7 | 6 | 3.2 | 6.8 | 13.1 | 1.8 | 8.1 | 3.8 | 0 | |
| 10 | 34.8 | 9.2 | 3.9 | 6.7 | 1.8 | 3.2 | 8.1 | 1.8 | 6.1 | 9.9 | 0 |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data yang telah diperoleh selanjutnya mencari rute distribusi optimum dari CV. METTA Semarang ke seluruh outlet dengan menggunakan algoritma *Branch and Bound*. Proses pencariannya akan dijelaskan di bawah ini.



Gambar 1. Graf yang menggambarkan letak outlet

Keterangan gambar :

- A = CV. METTA Semarang,
- 1 = Outlet 1,
- 2 = Outlet 2,
- 3 = Outlet 3,
- 4 = Outlet 4,
- 5 = Outlet 5,
- 6 = Outlet 6,
- 7 = Outlet 7,
- 8 = Outlet 8,
- 9 = Outlet 9,
- 10 = Outlet 10.

Berdasarkan graf di atas dapat diubah kedalam bentuk matriks 11×11 di mana elemen berukuran M_{ij} adalah jarak dari i ke j , sedangkan i dan j adalah titik pada graf.

| | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ∞ | 38 | 36.5 | 37.7 | 36.6 | 31.2 | 37.9 | 31.8 | 37.3 | 37.5 | 34.8 |
| 38 | ∞ | 5.3 | 2.5 | 6.1 | 12.4 | 1.1 | 7.4 | 3.1 | 0.7 | 9.2 |
| 36.5 | 5.3 | ∞ | 2.8 | 0.8 | 7.1 | 4.2 | 2.1 | 2.2 | 6 | 3.9 |
| 37.7 | 2.5 | 2.8 | ∞ | 3.6 | 9.9 | 1.4 | 4.9 | 0.6 | 3.2 | 6.7 |
| 36.6 | 6.1 | 0.8 | 3.6 | ∞ | 6.3 | 5 | 1.3 | 3 | 6.8 | 1.8 |
| 31.2 | 12.4 | 7.1 | 9.9 | 6.3 | ∞ | 11.3 | 5 | 9.3 | 13.1 | 3.2 |
| 37.9 | 1.1 | 4.2 | 1.4 | 5 | 11.3 | ∞ | 6.3 | 2 | 1.8 | 8.1 |
| 31.8 | 7.4 | 2.1 | 4.9 | 1.3 | 5 | 6.3 | ∞ | 4.3 | 8.1 | 1.8 |
| 37.3 | 3.1 | 2.2 | 0.6 | 3 | 9.3 | 2 | 4.3 | ∞ | 3.8 | 6.1 |
| 37.5 | 0.7 | 6 | 3.2 | 6.8 | 13.1 | 1.8 | 8.1 | 3.8 | ∞ | 9.9 |
| 34.8 | 9.2 | 3.9 | 6.7 | 1.8 | 3.2 | 8.1 | 1.8 | 6.1 | 9.9 | ∞ |

Reduksi baris:

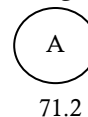
| | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ∞ | 6.8 | 5.3 | 6.5 | 5.4 | 0 | 6.7 | 0.6 | 6.1 | 6.3 | 3.6 |
| 37.3 | ∞ | 4.6 | 1.8 | 5.4 | 11.7 | 0.4 | 6.7 | 2.4 | 0 | 8.5 |
| 35.7 | 4.5 | ∞ | 2 | 0 | 6.3 | 3.4 | 1.3 | 1.4 | 5.2 | 3.1 |
| 37.1 | 1.9 | 2.2 | ∞ | 3 | 9.3 | 0.8 | 4.3 | 0 | 2.6 | 6.1 |
| 35.8 | 5.3 | 0 | 2.8 | ∞ | 5.5 | 4.2 | 0.5 | 2.2 | 6 | 1 |
| 28 | 9.2 | 3.9 | 6.7 | 3.1 | ∞ | 8.1 | 1.8 | 6.1 | 9.9 | 0 |
| 36.8 | 0 | 3.1 | 0.3 | 3.9 | 10.2 | ∞ | 5.2 | 0.9 | 0.7 | 7 |
| 30.5 | 6.1 | 0.8 | 3.6 | 0 | 3.7 | 5 | ∞ | 3 | 6.8 | 0.5 |
| 36.7 | 2.5 | 1.6 | 0 | 2.4 | 8.7 | 1.4 | 3.7 | ∞ | 3.2 | 5.5 |
| 36.8 | 0 | 5.3 | 2.5 | 6.1 | 12.4 | 1.1 | 7.4 | 3.1 | ∞ | 9.2 |
| 33 | 7.4 | 2.1 | 4.9 | 0 | 1.4 | 6.3 | 0 | 4.3 | 8.1 | ∞ |

Matriks di atas dihasilkan dari pengurangan tiap baris dengan nilai terkecil pada elemen baris tersebut. Baris ke-1 dikurangi 31.2, baris ke-2 dikurangi 0.7, baris ke-3 dikurangi 0.8, baris ke-4 dikurangi 0.6, baris ke-5 dikurangi 0.8, baris ke-6 dikurangi 3.2, baris ke-7 dikurangi 1.1, baris ke-8 dikurangi 1.3, baris ke-9 dikurangi 0.6, baris ke-10 dikurangi 0.7, dan baris ke-11 dikurangi 1.8.

Reduksi kolom:

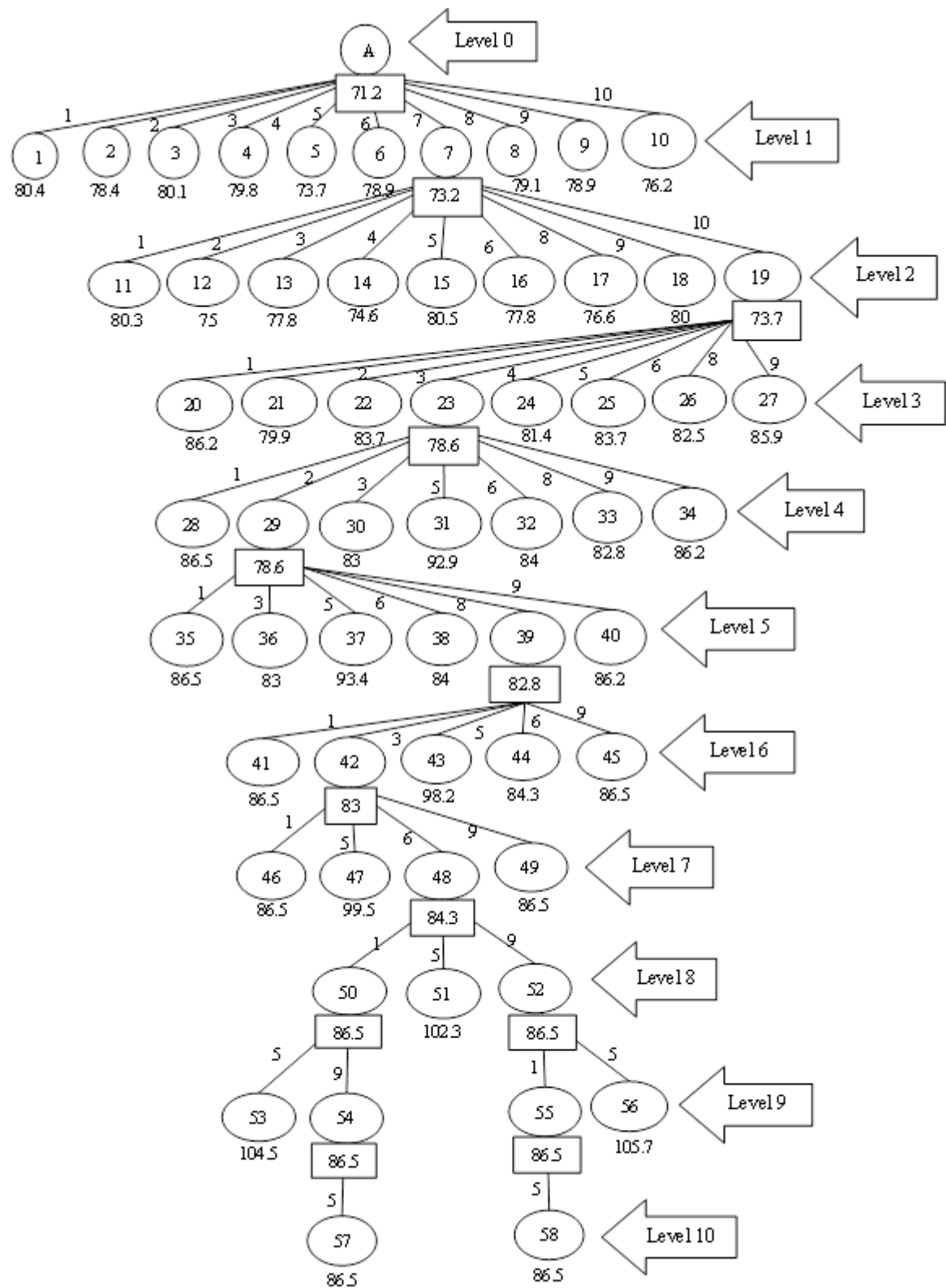
| | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ∞ | 6.8 | 5.3 | 6.5 | 5.4 | 0 | 6.3 | 0.6 | 6.1 | 6.3 | 3.6 |
| 9.3 | ∞ | 4.6 | 1.8 | 5.4 | 11.7 | 0 | 6.7 | 2.4 | 0 | 8.5 |
| 7.7 | 4.5 | ∞ | 2 | 0 | 6.3 | 3 | 1.3 | 1.4 | 5.2 | 3.1 |
| 9.1 | 1.9 | 2.2 | ∞ | 3 | 9.3 | 0.4 | 4.3 | 0 | 2.6 | 6.1 |
| 7.8 | 5.3 | 0 | 2.8 | ∞ | 5.5 | 3.8 | 0.5 | 2.2 | 6 | 1 |
| 0 | 9.2 | 3.9 | 6.7 | 3.1 | ∞ | 7.7 | 1.8 | 6.1 | 9.9 | 0 |
| 8.8 | 0 | 3.1 | 0.3 | 3.9 | 10.2 | ∞ | 5.2 | 0.9 | 0.7 | 7 |
| 2.5 | 6.1 | 0.8 | 3.6 | 0 | 3.7 | 4.6 | ∞ | 3 | 6.8 | 0.5 |
| 8.7 | 2.5 | 1.6 | 0 | 2.4 | 8.7 | 1 | 3.7 | ∞ | 3.2 | 5.5 |
| 8.8 | 0 | 5.3 | 2.5 | 6.1 | 12.4 | 0.7 | 7.4 | 3.1 | ∞ | 9.2 |
| 5 | 7.4 | 2.1 | 4.9 | 0 | 1.4 | 5.9 | 0 | 4.3 | 8.1 | ∞ |

Matriks di atas dihasilkan dari pengurangan seluruh elemen pada kolom 1 dengan 28 dan kolom 7 dengan 0.4. Selanjutnya, proses reduksi ini akan menghasilkan nilai batas titik akar atau $\hat{c}(root)$, yang didapat dari penjumlahan semua elemen pengurang tersebut. Jadi $\hat{c}(root) = 31.2 + 0.7 + 0.8 + 0.6 + 0.8 + 3.2 + 1.1 + 1.3 + 0.6 + 0.7 + 1.8 + 28 + 0.4 = 71.2$. Dengan demikian berarti telah dibangkitkan pohon ruang status yang baru berisi satu buah titik dengan bobot 71.2.



Gambar 2. Pohon ruang status level 0

Selanjutnya menghitung titik-titik lain pada pohon ruang status dengan mengacu pada persamaan di atas.



Gambar 3. Pohon ruang status optimal

SIMPULAN

Menurut Nurwidiana *et al* (2011), dalam 1 hari CV. METTA Semarang mengunjungi 10 outlet dengan jarak tempuh 143,3 kilometer dengan asumsi 1 liter bahan bakar (Rp 6500) mampu menempuh jarak 8 kilometer, sehingga biaya distribusinya sebesar $(143,3/8) \times 6500 = Rp 116431,25$. Berdasarkan analisis dan perhitungan dengan menggunakan algoritma *Branch and Bound* menghasilkan dua rute perjalanan optimal yaitu rute pertama (A-7-10-4-2-8-3-6-1-9-5-A) yang berarti melalui CV. METTA Semarang-outlet 7-outlet 10-outlet 4-outlet 2-outlet 8-outlet 3-outlet 6-outlet 1-outlet 9-outlet 5-dan kembali ke CV. METTA Semarang dan rute kedua (A-7-10-4-2-8-3-6-9-1-5-A) yang berarti melalui CV. METTA Semarang-outlet 7-outlet 10-outlet 4-outlet 2-outlet 8-outlet 3-outlet 6-outlet 9-outlet 1-outlet 5-dan kembali ke CV. METTA Semarang dengan jarak tempuh minimum yang sama yaitu 86,5 kilometer dengan biaya distribusi $(86,5/8) \times 6500 = Rp 70281,25$. Jadi CV METTA Semarang dapat melakukan penghematan sebesar Rp 46150. Sehingga algoritma *Branch and Bound* dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan TSP khususnya optimasi pencarian rute pendistribusian air minum dalam kemasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ismaniah. 2009. Penyelesaian Masalah Riset Operasi (Transportasi) dengan Menggunakan Program Solver. *Jurnal Kajian Ilmiah Lembaga Penelitian Ubhara Jaya*, Vol. 10, No.1.
- Kusumastuti, M. 2006. *Studi Kelayakan Pembangunan Pabrik Air Minum dalam Kemasan Gelas Oleh UD. Wijaya*. Skripsi. FT UNS.
- Munir, R. 2005. *Strategi Algoritmik*. Bandung: Informatika Bandung.
- Nurwidiana, Fatmawati, W., & Mianti, D. 2011. Usulan Model Penentuan Jadwal dan Distribusi untuk Minimasi Biaya Transportasi (Studi Kasus Pada CV. Mega Tirta Alami Cabang Semarang). *Proceeding Seminar Nasional Teknik Industri & Kongres BKSTI VI 2011*, Hal VII-64.
- Prihastuti, E. S. 2012. Efisiensi Biaya Transportasi dengan Pendekatan Metode North West Corner dan Stepping Stone (Studi Kasus Industri Air Minum Kemasan di Lampung). *Jurnal Organisasi dan Manajemen*, Vol. 2, No. 2 (120-126).
- Riyanto, A., Rispianda, & Mustofa, F. H. 2014. Usulan Perbaikan Rute Pengiriman dengan Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dan *Branch and Bound* di *Home Indusrty* Donat Enak Bandung. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. 2, No. 2.
- Rosa, W. R., Suhartono, & Wibawa, H. A. 2012. Lintasan Terpendek pada Pelayanan Agen Travel Khusus Pengantaran Wilayah Semarang Berbasis SIG dengan Algoritma *Branch and Bound*. *Journal of Informatics and Technology*, Vol. 1, No.1. p 63-71.