

Paradigma Pemrograman Dinamis dalam Menentukan Rute Distribusi Bahan Bakar Minyak Berdasarkan Kebutuhan Penduduk di Suatu Daerah

Aditya Agung Putra (13510010)¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹adityaagungputra@students.itb.ac.id

Abstrak - Makalah ini membahas pemodelan untuk distribusi BBM dari beberapa lokasi penyimpanan BBM menuju daerah-daerah di Indonesia. Wilayah mana saja yang akan dikunjungi selama distribusi bergantung kepada beberapa faktor seperti tingkat penggunaan BBM di daerah tersebut dan jarak daerah tersebut dari daerah sebelumnya. Jika tingkat penggunaan BBM di suatu daerah tinggi, maka distribusi ke daerah tersebut harus diprioritaskan. Hal lain yang menjadi pertimbangan adalah jalur transportasi untuk mendistribusikan BBM tersebut, haruslah dipilih rute yang paling efisien untuk meminimalisir biaya transportasi. Perlu diingat bahwa sumber BBM kini tidak dapat diproduksi sebanyak yang diharapkan masyarakat sehingga penggunaannya harus tepat sasaran. Sumber penghasil BBM pun bukan hanya dari kilang minyak nasional saja, terdapat juga minyak mentah hasil impor dari negara luar dan didistribusikan mulai dari wilayah pelabuhan. Pemilihan jalur transportasi distribusi BBM ini, darimanapun dimulainya menerapkan paradigma pemrograman dinamis dimana penentuan jalur terpendek berikutnya juga didasarkan pada pilihan yang diambil sebelumnya. Karena implementasi pemrograman dinamis berbeda dengan algoritma Greedy yang senantiasa mengambil rute terpendek dari tiap tahap. Pemrograman dinamis juga menentukan jalur terpendek berdasarkan rangkaian keputusan yang diambil sebelumnya dan tetap berpikir optimal untuk tahap berikutnya.

Kata kunci - distribusi BBM, optimalisasi, Pemrograman Dinamis, TSP

I. PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak (BBM) masih menjadi kebutuhan yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Hal tersebut didukung oleh fakta bahwa walaupun sudah ditemukan banyak energi alternatif yang lebih murah dan ramah lingkungan, aktivitas-aktivitas pada industri dan transportasi masih saja menggunakan banyak porsi dari BBM ini.

Penggunaan BBM di Indonesia menemukan masalahnya ketika tidak digunakan secara tepat sasaran. Seperti yang kita ketahui, bahan bakar fosil di Indonesia

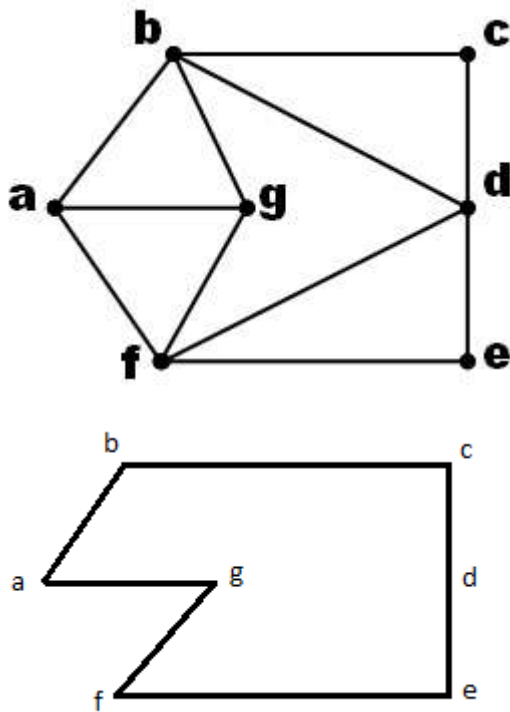
kian menipis dan teknologi untuk memproduksi energi terbarukan belum dikembangkan dengan baik. Selain itu, penggunaan BBM yang berlebihan juga mengakibatkan subsidi yang dikeluarkan pemerintah untuk konsumsi BBM semakin tinggi. Dengan begitu, setiap BBM yang dihasilkan di Indonesia, baik dari kilang minyak ataupun impor harus didistribusikan secara efektif dan efisien ke semua daerah yang membutuhkannya. Dalam distribusinya, dibutuhkan juga biaya operasional yang rendah. Biaya operasional ini dapat dioptimalkan dengan memperkecil jarak yang ditempuh selama distribusi BBM.

Selama mendistribusikan BBM dari suatu kilang minyak, hendaknya kita memiliki strategi untuk meminimalisasi jarak transportasi dengan memilih daerah-daerah mana saja yang akan dikunjungi lebih dahulu. Semua daerah nantinya akan dikunjungi mulai dari wilayah yang dekat dengan kilang minyak tersebut hingga kembali lagi ke kilang semula. Inti dari persoalan ini adalah meminimalisir jarak rute distribusi yang dimulai dari suatu kilang minyak atau pelabuhan ke semua daerah yang membutuhkan BBM dan kembali lagi ke kilang minyak asal. Persoalan ini tentunya analog dengan Travelling Salesperson Problem (TSP) yang salah satunya dapat diselesaikan dengan paradigma pemrograman dinamis. Penulis merasa bahwa paradigma pemrograman dinamis dapat menghasilkan rute distribusi terpendek dan lebih efektif dari algoritma Greedy yang lebih sederhana untuk diterapkan.

II. TEORI DASAR

A. Sirkuit Hamilton

Dalam konteks graf, dikenal istilah sirkuit Hamilton. Sirkuit Hamilton adalah rangkaian lintasan pada suatu graf yang mampu melewati semua titik pada graf tersebut dan kembali lagi ke titik asal. Semua titik pada graf tersebut tepat dilewati sekali kecuali titik awal perjalanan yang juga dilalui di akhir rute. Jika lintasan tersebut mampu melewati semua titik pada graf tetapi tidak kembali lagi ke titik semua, lintasan tersebut disebut lintasan Hamilton.



Gambar 1 Contoh graf Hamilton beserta sirkuit Hamilton(sumber: <http://kuliahmsi.blogspot.com/2010/07/lintasan-dan-sirkuit-hamilton.html>)

Pada gambar diatas misalnya, kita dapat menemukan lintasan Hamilton yaitu rute b-c-d-e-f-a-g-b. Karena rute tersebut mampu kembali ke titik awal, maka dapat dikatakan bahwa lintasan yang disebutkan diatas adalah sirkuit Hamilton.

Syarat cukup bagi suatu graf memiliki sirkuit Hamilton adalah setiap titik (simpul) dari graf tersebut memiliki derajat paling sedikit $\frac{n}{2}$ dimana n merupakan banyak simpul dari graf tersebut. Sirkuit Hamilton ini pasti dapat ditemukan di setiap graf lengkap. Dan pada graf tersebut sirkuit Hamilton yang dapat ditemukan adalah sebanyak $(n-1)!/2$.

B. Travelling Salesperson Problem

Persoalan pedanagn keliling (Travelling Salesperson Problem - TSP) merupakan persoalan yang cukup terkenal dalam topik graf. Persoalan ini mula-mula dimodelkan dengan seorang pedagang yang berkeliling mengunjungi sejumlah kota yang jarak antarkotanya diketahui. Pedagang tersebut harus mencari rute terpendek yang dimulai dari titik asal pedagang tersebut, melewati semua kota, dan kembali lagi ke titik asal.

Representasi jarak antarkota pada persoalan diatas tentunya adalah graf lengkap berbobot. Seperti yang sudah dijelaskan pada bagian sebelumnya, pada graf lengkap dengan n titik, kita bisa menemukan $(n-1)!/2$ sirkuit Hamilton. Kita cukup membandingkan sirkuit mana saja

yang memiliki total panjang rute minimum dari sekian pilihan sirkuit Hamilton tersebut.

Bermacam-macam algoritma dapat digunakan untuk menentukan sirkuit Hamilton dari suatu graf lengkap. Mulai dari *exhaustive search* secara mengenumerasi semua sirkuit yang mungkin didapat, algoritma runut balik (*backtracking*), algoritma *branch and bound* baik dengan metode matriks tereduksi maupun setengah bobot tur lengkap, hingga pemrograman dinamis yang akan dibahas dalam bagian berikutnya.

C. Pemrograman Dinamis

Pada pemecahan masalah optimasi dengan paradigma pemrograman dinamis, solusi diuraikan menjadi sekumpulan tahap dimana solusi dari tiap-tiap tahap saling optimal dan dapat dipandang sebagai serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Pada penyelesaian dengan metode ini terdapat sejumlah berhingga pilihan yang mungkin, solusi pada setiap tahap yang dibangun dari hasil solusi tahap sebelumnya, dan prasyarat optimasi dan kendala yang membatasi sejumlah pilihan yang harus dipertimbangkan di setiap tahapnya.

Metode pemrograman dinamis ini mengingatkan kita pada algoritma Greedy. Hanya saja, pada algoritma Greedy pengambilan keputusan di setiap tahap didasarkan hanya pada informasi lokal sehingga tidak selalu bekerja dengan baik pada permasalahan yang lebih global. Berbeda dengan pemrograman dinamis yang menganut prinsip optimalitas. Prinsip ini mengatakan bahwa jika kita bekerja dari tahap k ke tahap $k+1$ dengan pilihan optimal dari tahap k . Prinsip ini tentunya mengembangkan pencarian solusi secara *exhaustive search* dengan mengabaikan pilihan yang tidak mengarah ke solusi optimal. Prinsip tersebut juga membuat pengambilan keputusan di suatu tahap merupakan keputusan yang benar untuk tahap-tahap selanjutnya. Tentunya pada pemrograman dinamis ini akan terdapat lebih dari satu rangkaian keputusan.

Pada pemrograman dinamis, persoalan terbagi dalam beberapa tahap yang di setiap tahapannya hanya diambil satu keputusan. Masing-masing tahap terdiri dari sejumlah status yang berhubungan dengan tahap tersebut. Hasil yang diambil pada setiap tahap ditransformasikan kembali menjadi status untuk tahap berikutnya. Ongkos yang dihasilkan pada suatu tahap meningkat secara teratur. Pada metode ini, terdapat hubungan rekursif yang mengidentifikasi keputusan terbaik untuk setiap status dan memberlakukan prinsip optimalitas.

Terdapat dua pendekatan dalam pemrograman dinamis yaitu program dinamis maju dna program dinamis mundur. Kedua pendekatan ekuivalen dan menghasilkan solusi optimum yang sama. Hanya saja runtutan keputusan untuk program dinamis maju adalah $x_1, x_2, \dots, x_n$ sedangkan pada pendekatan secara mundur, sebaliknya.

Secara umum terdapat empat langkah dalam memnembangkan algoritma program dinamis yaitu pendefinisian struktur solusi optimal, definisi rekursif nilai

solusi optimal, penghitungan solusi optimal secara maju atau mundur, dan konstruksi solusi optimal. Pada akhir dari

transportasi masing-masing. Peta lokasi antarkota tersebut digambarkan dalam peta berikut ini:



Gambar 2 Peta kota Cilacap dan sekitarnya diambil dari googlemaps

program dinamis ini, mungkin terdapat lebih dari satu penyelesaian.

D. Pendefinisian Persoalan Travelling Salesperson Problem Menggunakan Program Dinamis

Pada permasalahan Travelling Salesperson Problem (TSP), jarak antardaerah didefinisikan sebagai graf berbobot. Misalkan setiap daerah ditandai dengan nomor 1, 2,..., n. Misalkan pula perjalanan dimulai dari daerah 1 hingga kembali lagi ke daerah 1. Perjalanan pasti melewati setiap simpul pada $V - \{1, k\}$ tepat sekali. Jika perjalanan tersebut optimal maka lintasan dari titik k ke 1 juga menjadi lintasan k ke 1 yang terpendek.

Misalkan $f(i, S)$ adalah bobot lintasan terpendek yang berawal di i yang melalui semua simpul pada S dan berakhir pada simpul 1. Nilai $f(1, V - \{1\})$ adalah bobot perjalanan terpendek. Berdasarkan prinsip optimalitas tersebut, diperoleh hubungan rekursif berikut:

$$f(1 - V - \{1\}) = \min\{c_{1k} + f(k, V - \{1, k\})\}$$

Untuk hubungan basis dan rekurensnya, dari persamaan sebelumnya diperoleh:

$$f(i, \{ \}) = c_{1i} \text{ untuk } 2 \leq i \leq n \text{ (basis)}$$

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

III. PEMBAHASAN

Lokasi kilang minyak yang akan dimodelkan pada pencarian rute distribusi BBM kali ini adalah kilang minyak di Cilacap, Jawa Tengah. Pada persoalan kali ini, dari Cilacap, BBM akan didistribusikan kembali ke kota-kota yang terletak disekitar Cilacap seperti Purwokerto, Purbalingga, Banjarnegara, dan Kebumen. Pada kota-kota tersebut, BBM yang sudah disalurkan akan disalurkan kembali untuk digunakan dalam keperluan industri dan

Untuk jarak antarkota, akan digunakan data berikut (jarak dituliskan dalam satuan kilometer):

Jarak	Cilacap	Purwokerto	Purbalingga	Banjarnegara	Kebumen
Cilacap	0	61	81	132	94
Purwokerto	61	0	20	69	75
Purbalingga	81	20	0	49	95
Banjarnegara	132	69	49	0	114
Kebumen	94	75	95	114	0

Tabel 1 Potongan jarak antarkota wilayah Jawa Tengah

Untuk berikutnya, akan digunakan indeks berikut untuk menyebutkan daftar kota yang ada pada lingkup persoalan kali ini:

Kota	Indeks
Cilacap	1
Purwokerto	2
Purbalingga	3
Banjarnegara	4
Kebumen	5

Tabel 2 Indeks tiap kota dalam persoalan kali ini

Perjalanan distribusi BBM tentunya dimulai dari kota Cilacap (1). Dengan begitu, kita dapat melakukan tahap-tahap pencarian tiap jalur berikutnya sebagai berikut:

Tahap 1:

Menggunakan rumus basis: $f(i, \{ \}) = c_{1i}$ dimana

$2 \leq i \leq n$. Dalam hal ini juga untuk tahap berikutnya, nilai n adalah 5 karena banyak kota yang akan dikunjungi pada tur lengkap adalah 5.

Melalui rumus basis tersebut, didapat:

$$f(2, \{\}) = 61$$

$$f(3, \{\}) = 81$$

$$f(4, \{\}) = 132$$

$$f(5, \{\}) = 94$$

Pada tahap kedua, digunakan formula rekurens pertama yaitu:

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

dimana banyak anggota dari S adalah 1.

Pada operasi hitung yang dilakukan, diperoleh:

$$f(2, \{3\}) = \min\{c_{23} + f(3, \{\})\} = \min\{20 + 81\} = 101$$

$$f(2, \{4\}) = \min\{c_{24} + f(4, \{\})\} = \min\{69 + 132\} = 201$$

$$f(2, \{5\}) = \min\{c_{25} + f(5, \{\})\} = \min\{75 + 94\} = 169$$

$$f(3, \{2\}) = \min\{c_{32} + f(2, \{\})\} = \min\{20 + 61\} = 81$$

$$f(3, \{4\}) = \min\{c_{34} + f(4, \{\})\} = \min\{49 + 132\} = 181$$

$$f(3, \{5\}) = \min\{c_{35} + f(5, \{\})\} = \min\{95 + 94\} = 189$$

$$f(4, \{2\}) = \min\{c_{42} + f(2, \{\})\} = \min\{69 + 61\} = 130$$

$$f(4, \{3\}) = \min\{c_{43} + f(3, \{\})\} = \min\{49 + 81\} = 130$$

$$f(4, \{5\}) = \min\{c_{45} + f(5, \{\})\} = \min\{114 + 94\} = 208$$

$$f(5, \{2\}) = \min\{c_{52} + f(2, \{\})\} = \min\{75 + 61\} = 136$$

$$f(5, \{3\}) = \min\{c_{53} + f(3, \{\})\} = \min\{95 + 81\} = 176$$

$$f(5, \{4\}) = \min\{c_{54} + f(4, \{\})\} = \min\{114 + 132\} = 246$$

Pada tahap ketiga, digunakan formula rekurens sebagai berikut:

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

dimana banyak anggota dari S adalah 2.

Pada operasi hitung yang dilakukan, diperoleh hasil yang dinyatakan pada tabel berikut ini:

$f(i, S)$	$\min\{c_{ij} + f(j, S - \{j\})\}$	min
$f(2, \{3,4\})$	$\min\{20+181, 69+130\}$	199
$f(2, \{3,5\})$	$\min\{20+189, 75+176\}$	209
$f(2, \{4,5\})$	$\min\{69+208, 75+246\}$	277
$f(3, \{2,4\})$	$\min\{20+201, 49+130\}$	179
$f(3, \{2,5\})$	$\min\{20+169, 95+136\}$	189
$f(3, \{4,5\})$	$\min\{49+208, 95+246\}$	257
$f(4, \{2,3\})$	$\min\{69+101, 49+81\}$	130
$f(4, \{2,5\})$	$\min\{69+169, 114+136\}$	238
$f(4, \{3,5\})$	$\min\{49+189, 114+176\}$	238
$f(5, \{2,3\})$	$\min\{75+101, 95+81\}$	176
$f(5, \{2,4\})$	$\min\{75+201, 114+130\}$	244
$f(5, \{3,4\})$	$\min\{95+181, 114+130\}$	244

Tabel 3 Nilai fungsi optimasi pada tahap ketiga

Pada tahap keempat, digunakan formula rekurens sebagai:

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

dimana banyak anggota dari S adalah 3. Hasil perhitungan bobot dari tahap keempat dituliskan dalam tabel berikut:

$f(i, S)$	$\min\{c_{ij} + f(j, S - \{j\})\}$	min
$f(2, \{3,4,5\})$	$\min\{20+257, 69+238, 75+244\}$	277
$f(3, \{2,4,5\})$	$\min\{20+277, 49+238, 95+244\}$	287
$f(4, \{2,3,5\})$	$\min\{69+209, 49+189, 114+176\}$	238
$f(5, \{2,3,4\})$	$\min\{75+199, 95+179, 114+130\}$	244

Tabel 4 Nilai fungsi optimasi pada tahap keempat

Pada tahap kelima, berdasarkan persamaan awal diperoleh

$$f(1, \{2,3,4,5\}) =$$

$$\min\{c_{12} + f(2, \{3,4,5\}),$$

$$c_{13} + f(3, \{2,4,5\}),$$

$$c_{14} + f(4, \{2,3,5\}),$$

$$c_{15} + f(5, \{2,3,4\})\}$$

$$= \min\{338, 368, 370, 338\} = 338$$

Dengan demikian bobot rute perjalanan distribusi BBM dari kota Cilacap dan berakhir di titik yang sama adalah 338 km. Terdapat 2 lintasan yang memiliki bobot tersebut yaitu 1, 2, 3, 4, 5, 1 dan 1, 5, 4, 3, 2, 1. Terlihat bahwa kedua rute tersebut hanyalah berbeda arahnya saja.

Walaupun secara intuitif, dari peta yang ditunjukkan memang terlihat jelas bahwa rute minimum didapat secara melingkar dari kota Cilacap, tetapi dengan pemrograman dinamis ini, optimasi rute tersebut dapat dibuktikan secara tegas. Saat ternyata solusi optimal yang dihasilkan sejumlah bilangan genap (dalam persoalan kali ini adalah 2), solusi tersebut adalah ekuivalen karena rute yang dihasilkan adalah kebalikan dari rute lainnya. Dalam persoalan berikutnya, jika ternyata jalan antara dua kota yang merupakan jalur terpendek memiliki jalan yang kurang baik untuk dilewati, sebaiknya pemerintah kota memperbaikinya karena dapat meningkatkan efisiensi distribusi BBM.

IV. KESIMPULAN

Dari uraian sebelumnya tentang penerapan paradigma pemrograman dinamis, kita dapat menarik beberapa kesimpulan, diantaranya adalah:

1. Paradigma pemrograman dinamis dapat diimplementasikan dalam pencarian solusi optimal dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya dengan mencari rute terpendek pada suatu perjalanan yang berawal dan berakhir pada titik yang sama.

2. Pencarian rute distribusi BBM menggunakan program dinamis mungkin memberikan lebih dari satu solusi permasalahan dan akan selalu memberikan solusi yang lebih optimal dibandingkan penggunaan algoritma Greedy.
3. Pemilihan rute distribusi BBM berdasarkan paradigma pemrograman dinamis dapat memberi usulan pengembangan pembangunan jalan terhadap dua wilayah terpilih yang jaraknya lebih dekat bila dilalui langsung.



Aditya Agung Putra/13510010

V. REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi, *Matematika Diskrit*. Bandung: Penerbit Informatika, 2004.
- [2] Munir, Rinaldi, Diktat Kuliah IF 3051 Strategi Algoritma. Bandung: Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung, 2009.
- [3] "Peta Jarak Antar Kota di Provinsi Jawa", URL: <http://kusmoro.blogspot.com/2012/04/peta-jarak-antar-kota-di-prov-jawa.html>, diakses tanggal 21 Desember 2012, 13.00
- [4] "Jarak Antar Kota", URL: <http://www.scribd.com/doc/100392353/Jarak-Antar-Kota>, diakses tanggal 21 Desember 2012, 13.00 WIB

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Selama pembuatan makalah ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut ini:

1. Pengajar matakuliah IF 3051, pak Rinaldi Munir dan Ibu Masayu Leylia Khodra yang sudah mengajarkan macam-macam penyelesaian masalah optimasi selama satu semester ini.
2. Penulis materi tentang program dinamis di dunia maya yang sudah memberikan referensi yang cukup terhadap penyelesaian makalah ini.
3. Panitia kompetisi OSN Pertamina 2011 yang sudah memberikan inspirasi tentang permasalahan distribusi BBM sehingga saya memilih topik yang bersangkutan pada makalah kali ini.

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, 21 Desember 2012