

Penentuan Rute Belanja dengan TSP dan Algoritma Greedy

Megariza 13507076¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

¹megariza@students.itb.ac.id

Abstract— The Traveling Salesman Problem is one of the most intensively studied problems in computational mathematics. TSP (Traveling Salesman Problem) is a problem where a salesman must visit all town which is just once visited, and the salesman must start and finish at the same town. The objective is to get route with minimal total distance or cost. Assume n is the number of town and every town connected each other. If $n = 20$, total of Hamilton Circuit can be held is 6×10^{16} . Now TSP can be used to make a model of many other similar problem. One of the solving method of Traveling Salesman Problem is by Greedy Algorithm.

Index Terms—Traveling Salesman Problem, Greedy

I. PENDAHULUAN

Berbelanja merupakan kegiatan yang biasa dilakukan manusia sehari-hari. Tempat berbelanja pun beraneka ragam, mulai dari toko, pasar tradisional, hingga pasar swalayan. Masyarakat dewasa ini semakin banyak yang membeli kebutuhan hidupnya di pasar swalayan.

Efisiensi waktu dalam berbelanja sangat dipengaruhi oleh urutan pembelian barang. Urutan atau rute dalam pembelian barang dapat dimodelkan dengan TSP, dengan *cost* berupa waktu dan *constraint* yang mempengaruhinya adalah kepadatan pengunjung dan jarak.

II. DASAR TEORI

A. Sejarah TSP

Problem matematika terkait *traveling salesman problem* dibuat pada tahun 1800-an oleh matematikawan Irlandia Sir William Rowan Hamilton dan matematikawan Inggris Thomas Penyngton Kirkman.

Gambar di bawah adalah foto dari permainan Icosian Hamilton yang memerlukan pemain untuk melengkapi tur melalui dua puluh titik menggunakan hanya sejumlah

penghubung. Diskusi yang menarik tentang pekerjaan awal dari Hamilton dan Kirkman dapat ditemukan di buku “Graph Theory 1736-1936” oleh N. L. Biggs, E. K.



Gambar 1. Permainan Icosian Hamilton

Lloyd, dan R. J. Wilson, tahun 1976.

B. TSP

TSP adalah sebuah permasalahan di mana seorang salesman diharuskan mengunjungi semua kota dengan biaya minimal. Setiap kota hanya boleh dikunjungi sekali, dan perjalanan harus berakhir di kota yang pertama kali dikunjungi.

C. Algoritma Greedy

Algoritma *Greedy* adalah salah satu metode pemecahan persoalan optimasi yang paling populer. Secara harafiah, *greedy* memiliki arti tamak atau rakus. Orang yang tamak akan mengambil sebanyak mungkin apa yang tersedia tanpa memikirkan konsekuensi ke depan. Algoritma

greedy pun demikian.

Algoritma ini bersifat sederhana dan lempang dengan prinsip “*take what you can get now*”. Pada tiap langkah algoritma greedy, dipilih opsi yang memiliki nilai optimum lokal, dengan harapan bahwa langkah sisanya mengarah ke solusi yang optimum global.

Untuk menentukan solusi, algoritma greedy memiliki kendala (*constraint*) dan fungsi optimasi. Solusi yang memenuhi semua kendala disebut solusi layak, dan solusi layak yang mengoptimalkan fungsi optimasi disebut solusi optimum.

Berikut ini adalah elemen-elemen dalam persoalan optimasi dengan algoritma Greedy:

1. Himpunan kandidat, C

Merupakan himpunan yang berisi elemen-elemen pembentuk solusi. Pada setiap langkah, satu buah kandidat diambil dari himpunannya. Contohnya adalah himpunan simpul dalam graf untuk menentukan graf merentang minimum.

2. Himpunan solusi, S

Berisi kandidat-kandidat yang terpilih sebagai solusi persoalan. Dengan kata lain, himpunan solusi adalah himpunan bagian dari himpunan kandidat.

3. Fungsi seleksi

Fungsi yang pada setiap langkah memilih kandidat yang paling memungkinkan mencapai solusi optimal. Kandidat yang sudah dipilih pada suatu langkah tidak pernah dipertimbangkan lagi pada langkah selanjutnya. Biasanya setiap kandidat, x , diisikan sebuah nilai numerik, dan fungsi seleksi memilih x yang mempunyai bilangan nilai terbesar atau memilih x yang memiliki nilai terkecil.

4. Fungsi kelayakan

Merupakan fungsi yang memeriksa apakah suatu kandidat yang dipilih dapat memberikan solusi yang layak, yakni kandidat tersebut bersama-sama dengan himpunan solusi yang sudah terbentuk tidak melanggar kendala yang ada. Kandidat yang layak dimasukkan ke dalam himpunan solusi, sedangkan kandidat yang tidak layak dibuang dan tidak pernah dipertimbangkan lagi.

5. Fungsi objektif

Yaitu fungsi yang memaksimalkan atau meminimumkan nilai solusi.

D. TSP Solver

Sejak permasalahan TSP ditemukan pada tahun 1800 oleh matematikawan Irlandia Sir William Rowan

Hamilton dan matematikawan Inggris Thomas Penyngton Kirkman, pusat perhatian studi ini adalah menemukan secara pasti nilai minimum dari persoalan TSP dengan konsekuensi dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk menyelesaikannya.

Terdapat berbagai macam penyelesaian TSP, yaitu:

1. Complete Enumeration

Metode ini akan mengenumerasi setiap kemungkinan yang terdapat dalam graf, setelah itu algoritma ini akan membandingkan lintasan mana yang paling minimum.

2. Branch and Bound

Sama dengan complete enumeration, pada algoritma Branch and Bound pun ternyata memiliki kompleksitas algoritma $(n-1)!$, dimana n adalah jumlah kota.

3. Dynamic Programming

M lengkap berarah isalkan $G = (V, E)$ adalah graf dengan sisi-sisi yang diberi harga $c_{ij} > 0$ untuk setiap i dan j adalah simpul-simpul di dalam V . Misalkan $V = n$ dan $n > 1$. Setiap simpul diberi nomor $1, 2, \dots, n$.

Asumsikan perjalanan (tur) dimulai dan berakhir pada simpul 1.

Setiap tur pasti terdiri dari sisi $(1, k)$ untuk beberapa $k \in V - \{1\}$ dan sebuah lintasan dari simpul k ke simpul 1.

Lintasan dari simpul k ke simpul 1 tersebut melalui setiap simpul di dalam $V - \{1, k\}$ tepat hanya sekali.

Prinsip Optimalitas: jika tur tersebut optimal maka lintasan dari simpul k ke simpul 1 juga menjadi lintasan k ke 1 terpendek yang melalui simpul-simpul di dalam $V - \{1, k\}$.

Misalkan $f(i, S)$ adalah bobot lintasan terpendek yang berawal pada simpul i , yang melalui semua simpul di dalam S dan berakhir pada simpul 1.

Nilai $f(1, V - \{1\})$ adalah bobot tur terpendek. Berdasarkan prinsip optimalitas tersebut, diperoleh hubungan rekursif sebagai berikut:

$$f(1, V - \{1\}) = \min_{k \in V - \{1\}} \{c_{1k} + f(k, V - \{1, k\})\} \quad (1)$$

Dengan merampatkan persamaan (1), diperoleh

$$f(i, \emptyset) = c_i, \quad 2 \leq i \leq n$$

(basis)

$$f(i, S) = \min_{j \in S} \{c_j + f(j, S - \{j\})\}$$

(rekurens) (2)

Persamaan (1) dapat dipecahkan untuk memperoleh $\{1\}$ jika kita mengetahui $f(k, V - \{1, k\})$ untuk semua pilihan nilai k . Nilai f tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2).

Kita menggunakan persamaan(2) untuk memperoleh $f(i, S)$ untuk $S = 1$, kemudian kita dapat memperoleh $f(i, S)$ untuk $S = 2$, dan seterusnya. Bila $S = n - 1$, nilai i dan S ini diperlukan sedemikian sehingga $i \in S$ dan $i \in S$.

4. Greedy Heuristic

Pada algoritma ini, pemilihan lintasan akan dimulai pada lintasan yang memiliki nilai paling minimum, setiap mencapai suatu kota, algoritma ini akan memilih kota selanjutnya yang belum dikunjungi dan memiliki jarak yang paling minimum. Algoritma ini disebut juga Nearest Neighbour.

Kompleksitas algoritma ini memang sangat mengagumkan yaitu $O(n)$, tetapi hasil yang kita dapat bisa sangat jauh dari hasil yang optimal, semakin banyak kota semakin besar pula perbedaan hasil yang dicapai.

Misalnya untuk contoh kasus yang sama dengan algoritma Branch and Bound sebelumnya yang menghasilkan nilai 15, maka algoritma ini menghasilkan nilai 18 berbeda sebesar 20% dari hasil sebelumnya padahal jumlah kota hanya 5 buah.

Algoritma inilah yang akan digunakan untuk memecahkan permasalahan dalam makalah ini.

E. Pasar Swalayan

Pasar adalah tempat bertemunya calon penjual dan calon pembeli barang atau jasa. Di pasar, antara penjual dan pembeli akan dilakukan transaksi.

Jenis pasar menurut bentuk kegiatannya dibagi menjadi dua, yaitu pasar nyata dan pasar tidak nyata. Pasar nyata adalah pasar di mana barang-barang yang diperjualbelikan dapat dibeli langsung oleh pembeli. Contoh pasar nyata adalah pasar tradisional dan pasar swalayan. Pasar tidak nyata adalah pasar di mana para pedagang tidak menawar

barang-barang yang akan dijual. Pembelian tidak dilakukan secara langsung, tetapi hanya dengan menggunakan surat dagangnya saja. Contoh pasar tidak nyata adalah pasar *online*, pasar saham, dan pasar valuta asing.

Menurut cara transaksinya, pasar dibedakan menjadi pasar tradisional dan pasar modern. Pasar tradisional adalah pasar yang bersifat tradisional, di mana penjual dan pembeli dapat mengadakan tawar-menawar secara langsung. Pasar modern adalah pasar yang bersifat modern di mana barang-barang diperjualbelikan dengan harga pas dan pembeli melayani dirinya sendiri.

Pasar swalayan termasuk ke dalam golongan pasar nyata dan pasar modern.²



Gambar 2. Susunan barang di Pasar Swalayan

Barang-barang di pasar swalayan biasanya diletakkan di rak-rak secara rapi dan berurutan. Rak-rak itu kemudian disusun berhadap-hadapan sehingga dapat memudahkan pembeli yang ingin mengambil barang.

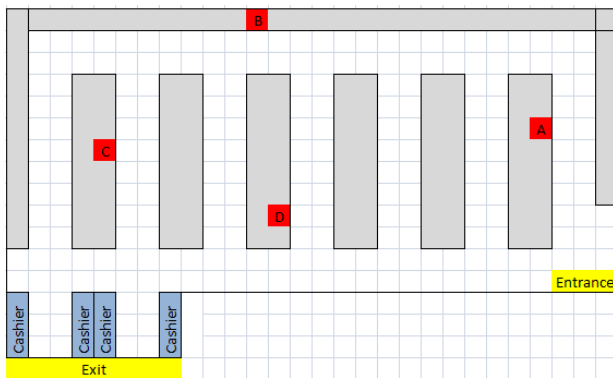
Tata letak pasar swalayan biasanya sangat teratur, di mana meja kasir terletak di ujung pasar swalayan.

III. PENERAPAN

A. Pemodelan dengan TSP

Dengan mengasumsikan letak barang diketahui dan setiap barang pasti ada di satu tempat yang tetap, rute dalam berbelanja dapat dimodelkan sebagai TSP. Barang-barang yang akan dibeli diinterpretasikan sebagai titik-titik atau kota-kota yang harus dilalui tepat satu kali. Namun titik yang pertama dikunjungi tidak harus menjadi titik terakhir yang dikunjungi. Titik terakhir adalah tempat di mana mesin kasir berada. Sedangkan lorong-lorong yang dilalui untuk mengambil barang tersebut adalah graf simetris berbobot yang dinamis.

Biaya dalam permasalahan ini adalah waktu. Terdapat beberapa hal yang menjadi kendala (*constraint*) dalam



Gambar 3. Denah pasar swalayan dan barang yang akan dibeli pemodelan masalah ini, yaitu jarak dan kepadatan lorong. Kedua hal tersebut mempengaruhi waktu pemenuhan tugas pembelian barang.

Kotak abu-abu merepresentasikan rak, yang tidak mungkin dilewati dalam pemenuhan tugas. Kotak berwarna merah merupakan titik-titik keberadaan barang yang akan dibeli. Kotak kuning dengan tulisan “*Entrance*” merupakan titik awal yang dikunjungi. Sedangkan kotak kuning dengan tulisan “*Exit*” merupakan titik terakhir yang akan dikunjungi.

B. Penyelesaian dengan Greedy

Penyelesaian dengan algoritma Greedy dimulai dengan penentuan elemen-elemen Greedy sebagai berikut:

1. Himpunan kandidat, C

Merupakan himpunan yang berisi elemen-elemen pembentuk solusi. Pada setiap langkah, satu buah kandidat diambil dari himpunannya.

Pada permasalahan ini, himpunan kandidatnya adalah himpunan titik-titik tempat barang dan kasir berada.

2. Himpunan solusi, S

Berisi kandidat-kandidat yang terpilih sebagai solusi persoalan. Dengan kata lain, himpunan solusi adalah himpunan bagian dari himpunan kandidat.

Himpunan solusi dari permasalahan ini adalah himpunan rute yang ada untuk memenuhi tugas mengunjungi semua titik merah.

3. Fungsi seleksi

Fungsi yang pada setiap langkah memilih kandidat yang paling memungkinkan mencapai solusi optimal.

Fungsi yang digunakan pada permasalahan ini yaitu menghitung rute dengan waktu tersingkat.

4. Fungsi kelayakan

Merupakan fungsi yang memeriksa apakah suatu kandidat yang dipilih dapat memberikan solusi yang layak, yakni kandidat tersebut bersama-sama dengan himpunan solusi yang sudah terbentuk tidak melanggar kendala yang ada.

Fungsi kelayakan pada permasalahan ini menentukan apakah seluruh titik merah telah dikunjungi, apakah perjalanan dimulai di titik “*Entrance*”, dan apakah perjalanan berakhir di titik “*Exit*”.

5. Fungsi objektif

Yaitu fungsi yang memaksimalkan atau meminimumkan nilai solusi.

Pada permasalahan ini, fungsi objektif mengeluarkan rute yang telah dipilih melalui fungsi kelayakan.

Pada setiap tahapan algoritma, akan dipilih titik yang memiliki cost paling minimum, yaitu perpaduan antara jarak yang pendek dengan kepadatan lorong yang lengang. Pada setiap tahapan pula, algoritma harus mengecek kembali perubahan cost, karena kepadatan pengunjung yang bersifat dinamis. Bisa jadi di tahap pertama kepadatan pengunjung di suatu lorong berjumlah sepuluh, namun di tahap selanjutnya menjadi lima.

IV. ANALISIS

Walaupun dalam setiap tahapan algoritma memilih graf dengan nilai minimum, belum tentu hasilnya akan paling baik. Karena belum tentu nilai minimum lokal yang dipilih juga akan menghasilkan nilai minimum global, apalagi dengan kepadatan lorong yang berubah-ubah.

V. KESIMPULAN

Penerapan pemodelan dengan TSP dalam studi kasus berbelanja dapat diterapkan. Selain itu, algoritma greedy juga dapat diterapkan dalam studi kasus ini, walaupun belum tentu menghasilkan hasil yang optimal global.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih terutama kepada Allah SWT karena berkat petunjuk dan kesabaran yang diberikan-Nya makalah ini dapat diselesaikan.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Rinaldi Munir, M.T. selaku dosen pengajar kuliah IF3051 Strategi Algoritma karena berkat pengajaran yang beliau berikan dan buku diktat beliau tulis, makalah ini dapat disempurnakan.

REFERENCES

- [1] <http://www.tsp.gatech.edu/history/index.html> waktu akses 8 Desember 2011 pukul 19.00.
- [2] <http://syadiashare.com/jenis-jenis-pasar.html> waktu akses 9 Desember 2011 pukul 06.00.
- [3] Rinaldi Munir, "Diktat Kuliah Strategi Algoritma", Program Studi Teknik Informatika ITB, 2009
- [4] <http://www.cs.berkeley.edu/~demmel/cs267-1995/assignment5.html> waktu akses 8 Desember 2011 pukul 19.09.
- [5] <http://lcm.csa.iisc.ernet.in/dsa/node186.html> waktu akses 9 Desember 2011 pukul 08.00.

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, 8 Desember 2011

ttd



Megariza

13507076