

## ANALISIS DAN IMPLEMENTASI VRP (VEHICLE ROUTING PROBLEM) MENGUNAKAN BFS (BREADTH FIRST SEARCH) DAN BRANCH AND BOUND

Sang Putu Eka Kesuma Putra<sup>1</sup>, Suyanto<sup>2</sup>, Agung Toto Wibowo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom

---

### Abstrak

Pada tugas akhir ini, dilakukan pendekatan yang berbeda terhadap permasalahan VRP (Vehicle Routing Problem). Pendekatan tersebut adalah jarak yang digunakan menggunakan skala serta node tidak saling terhubung sempurna, dan node yang dilayani hanya node yang melakukan demand.saja. Terdapat 3 (tiga) parameter yang terlibat, yaitu kapasitas angkut kendaraan, demand, dan jarak. Ketiga parameter tersebut bersifat dinamis. Kombinasi demand dan kemungkinan rute menggunakan metode BFS (Breadth First Search). Sedangkan untuk mencari jarak terpendek antar node digunakan metode BnB (Branch and Bound). Kedua metode tersebut bersifat optimal, artinya akan menemukan solusi terbaik. Pertama demand-demand pelanggan dikombinasikan menggunakan BFS sehingga membentuk tree BFS demand. Pada saat melakukan proses BFS demand, dilakukan pula proses BnB. Setelah itu simpul-simpul dalam BFS demand dikelompokkan berdasarkan total demand dan jarak, sehingga mendapatkan kemungkinan rute. Dari kemungkinan rute tersebut dikombinasikan kembali menggunakan BFS sehingga mendapatkan list kemungkinan solusi. Dari list kemungkinan solusi, dipilih solusi yang memiliki jarak terkecil. Berdasarkan hasil pengujian, dengan menggunakan metode BFS dan BnB ini memberikan hasil yang optimal.

**Kata Kunci :** VRP (Vehicle Routing Problem), BFS (Breadth First Search), dan BnB (Branch and Bound)

---

### Abstract

On this final project, the approach that has been done is different with VRP (Vehicle Routing Problem). That approach are the distance using scale and node is not a perfect graph, and node that is served only node that have a demand. There are 3 (three) parameters that in concerned, that is vehicle capacities, demand, and distance. That three parameters have dynamic character. Combination demand and possibility of route using BFS (Breadth First Search) method. And to find a shortest path between node, using BnB (Branch and Bound) method. That two methods have a optimal character, with the meaning will find the best solution. First combine client's demand using BFS so that forming a BFS demand tree. While do the BFS demand process, also do the BnB process. After that, nodes in BFS demand is grouping by demand dan distance, so that will get a possibility route. From the possibility route, combine again with BFS. So that will get a list of solution possibility. From list of solution possibility, chose solution that has smallest cost. Pursuant of result examination, using BFS dan BnB will give a optimal solution.

**Keywords :** VRP (Vehicle Routing Problem), BFS (Breadth First Search), dan BnB (Branch and Bound)

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar belakang

Setiap perusahaan yang memproduksi barang atau jasa tidak akan terlepas dari penyaluran barang atau jasa yang dihasilkan atau barang yang akan dijual ke masyarakat. Setiap produsen berhak menentukan sistem pendistribusian yang akan dipilih dan disesuaikan dengan jenis barang, jenis armada yang digunakan serta luasnya daerah penjualan.

Semakin ketatnya persaingan dalam produk yang sama, membuat pendistribusian produk secara fisik menjadi hal utama dalam pelayanan kepada pelanggan yang meliputi kecepatan dan penyediaan produk, pendistribusian produk yang efisien, dan pemanfaatan waktu transportasi yang tepat dalam kegiatan pendistribusian, sehingga kecepatan dalam penyediaan produk menjadi keunggulan bersaing dengan kompetitor.

Permasalahan yang sering muncul dalam pendistribusian adalah permasalahan transportasi, terutama di kota – kota besar yang memiliki jalan yang sangat banyak. Bila dilihat dari kondisi ekonomi dunia saat ini, tidak stabilnya harga BBM juga menjadi salah satu permasalahan yang harus diperhatikan. Hal ini membuat pihak perusahaan harus merencanakan rute untuk kendaraan atau orang dalam melakukan perjalanan dari tempat asal (*supply*) ke tujuan (*demand*) sehingga dapat meminimumkan biaya transportasi angkutan, memaksimalkan penggunaan sumber daya, dan kebutuhan konsumen dapat terpenuhi tepat pada waktunya.

VRP adalah sebuah problem kombinatorial yang terletak pada irisan dua masalah yang sudah dikenal, yaitu TSP(*Travelling Salesman Problem*) dan BPP(*Bin Packing Problem*). VRP menjadi sangat sulit untuk diselesaikan secara praktis. Penggunaan VRP meningkat sebagai inti masalah dalam bidang transportasi, distribusi dan logistik. Dalam beberapa sektor pasar, transportasi sangat berpengaruh pada harga barang yang ditetapkan. Pada referensi [4, 83] disebutkan bahwa sebuah kota diasosiasikan dengan sebuah *demand* atau konsumen, dan tiap kendaraan yang dipakai untuk perjalanan dianggap memiliki kapasitas tertentu. Total jumlah demand dalam rute, tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan yang ditugasi melewati rute tersebut. Hal ini membuat VRP kadang juga disebut sebagai *Capacitated Vehicle Routing Problem*. Dalam VRP juga terdapat suatu depot, dimana tiap kendaraan harus berangkat dan kembali ke depot itu. Dalam VRP selain untuk meminimalkan total jarak atau total biaya travel, dapat juga untuk meminimalkan jumlah kendaraan yang digunakan. Jadi dalam VRP sendiri, terdapat beberapa batasan, antara lain : jumlah kendaraan, kapasitas angkut kendaraan, jarak maksimum, time limit, dan maksimum point yang harus dikunjungi [3, 6].

Dalam teorinya jarak antar kota dapat diibaratkan seperti suatu matrik dengan ukuran  $N \times N$ , dimana  $N$  adalah jumlah kota atau point. Jadi tiap kota saling terhubung sama seperti masalah TSP. Akan tetapi pada dunia nyata, terdapat beberapa kota yang tidak terhubung secara langsung. Sehingga mungkin untuk tidak mendapatkan jarak tempuh yang optimal dan bila menambahkan suatu

point, maka jarak yang harus ditentukan sebanyak  $2*(N-1)$ . Hal inilah yang merupakan kelemahan dari VRP.

Dalam tugas akhir ini, kelemahan dari VRP tersebut berusaha dipecahkan dengan memanfaatkan dua *constraint* atau batasan VRP, yakni jarak dan kapasitas kendaraan. Selain itu, didefinisikan juga suatu batasan jumlah *demand*. Jadi parameter yang digunakan adalah jarak, kapasitas kendaraan, dan jumlah *demand*. Metode yang digunakan adalah BFS (*Breadth First Search*) dan BnB (*Branch and Bound*). Karena VRP terdapat permasalahan kombinatorial, maka BFS ini berguna untuk menyimpan kemungkinan rute dan jumlah *demand* dari rute. Latar belakang penggunaan BFS ini adalah karena algoritma ini dapat memberi gambaran secara jelas terhadap masalah kombinatorial dalam VRP. Selain itu BFS juga memiliki sifat *Complete* dan *optimal*. *Complete* adalah garansi bahwa solusi terdapat pada ruang pencarian, sedangkan *optimal* adalah solusi yang didapat memerlukan biaya terkecil. *Branch and bound* sendiri berguna untuk mencari rute terpendek antar point. Alasan penggunaan BnB sendiri dikarenakan algoritma ini memiliki jaminan solusi yang *optimal* [13]. Tiap simpul pada BnB diberi nilai *cost* untuk mempercepat pencarian mencapai simpul solusi, sehingga menghemat waktu pencarian. Sifatnya yang dimiliki sama seperti BFS, yakni *complete* dan *optimal* [13]. Karena VRP bertujuan untuk meminimalkan biaya travel, maka BnB sangat cocok digunakan untuk mencari jarak terpendek antar node.

## 1.2 Perumusan masalah

Dalam tugas akhir ini dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengimplementasikan metode BFS dan BnB untuk menghasilkan optimasi dalam VRP.
2. Bagaimana jarak disimpan dengan cara lain dan tidak dengan menggunakan matrix jarak. Sehingga dapat sesuai dengan dunia nyata dan mengurangi kerumitan jalur.
3. Bagaimana pengaruh cara penyimpanan jarak dengan optimasi.
4. Bagaimana pengaruh metode yang digunakan terhadap waktu komputasi dan optimasi.

Adapun batasan masalah agar tidak meluasnya materi pembahasan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Jumlah depot yang digunakan satu.
2. Jenis VRP yang digunakan adalah *Capacitated VRP*(CVRP)
3. Jalur berupa jalur dua arah.
4. Tanpa menggunakan tingkat kemacetan.
5. Parameter bersifat dinamik.
6. *Demand* tidak boleh melebihi kapasitas maksimum kendaraan

### 1.3 Tujuan

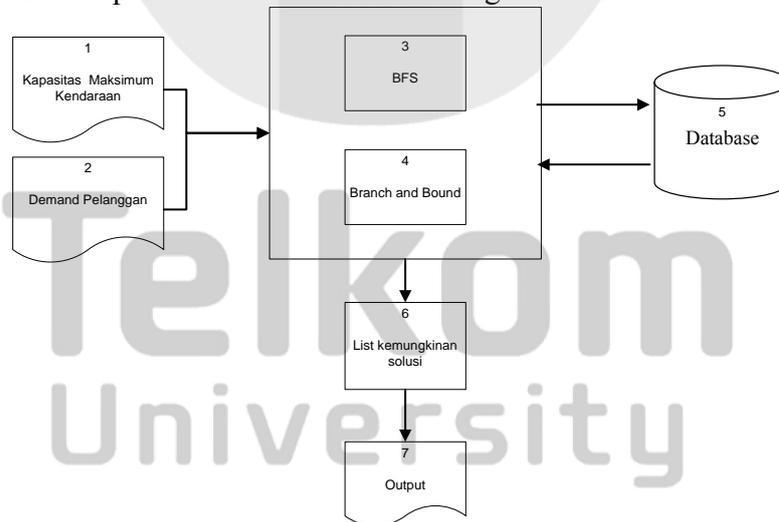
Dalam tugas akhir ini, hal-hal yang diharapkan untuk dicapai adalah sebagai berikut :

1. Mengimplementasikan metode BFS dan BnB untuk menemukan optimasi dalam VRP.
2. Menggunakan pendekatan penyimpanan jarak yang berisi jarak skala antara pixel pada gambar, dengan jarak sebenarnya dari hubungan antar node. Bukan hubungan ke semua node, sehingga dapat sesuai dengan dunia nyata dan mengurangi kerumitan jalur.
3. Menganalisa pengaruh parameter yang bersifat dinamik terhadap jalur dan optimasi.
4. Menganalisa metode yang digunakan dan parameter yang terlibat dengan hasil yang diberikan guna mencapai optimasi.
5. Menganalisa waktu komputasi dan optimasi dari metode yang digunakan.

### 1.4 Metodologi penyelesaian masalah

Secara umum metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur  
 Pada tahap ini, yang dilakukan adalah mengumpulkan data berupa referensi-referensi untuk mempelajari konsep dari *Vehicle Routing Problem (VRP)* beserta penggunaan metodenya.
2. Analisa dan desain  
 Menganalisa kebutuhan, mengumpulkan data yang diperlukan, dan melakukan perancangan untuk tahap implementasi. Adapun desain dari skema proses sistem ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Desain skema proses

3. Implementasi  
 Tahap ini meliputi implementasi pembangunan perangkat lunak dengan bahasa pemrograman delphi dan database SQL server 2000 dengan menggunakan metode heuristic search.

4. Pengujian dan analisa hasil  
Melakukan pengujian terhadap perangkat lunak dan melakukan analisa terhadap keluaran dari aplikasi.  
Skenario pengujian :
  - Terdapat sekumpulan node dengan jarak antara node dengan node *successornya*, dan jarak heuristik suatu node ke semua node..
  - Terdapat kapasitas maksimum kendaraan, lalu beberapa kota melakukan *demand*.
 Analisa hasil :
  - Menganalisa keakuratan hasil dari perangkat lunak
  - Menganalisa pengaruh parameter terhadap optimasi.
  - Menganalisa metode yang digunakan dengan hasil yang dikeluarkan.
  - Menganalisa waktu komputasi.
5. Penyusunan laporan  
Tahap terakhir ini adalah penyusunan laporan hasil penelitian dan kesimpulan serta saran terhadap penelitian ini.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dengan pembahasan sebagai berikut :

- |       |  |
|-------|--|
| Bab 1 | Pendahuluan<br>Berisi latar belakang, perumusan masalah dan batasan masalah, tujuan, metodologi penyelesaian masalah dan sistematika penulisan.  |
| Bab 2 | VRP ( <i>Vehicle Routing Problem</i> )<br>Bab ini memuat penjelasan mengenai konsep VRP, permasalahan VRP, penyelesaian VRP, dan metode BnB( <i>branch and Bound</i> )   |
| Bab 3 | Rancang Bangun Implementasi<br>Bab ini memuat penjelasan mengenai metode-metode yang dirancang untuk menyelesaikan masalah VRP, data atau parameter yang digunakan, skenario, dan alat ukur kesuksesan.  |
| Bab 4 | Implementasi dan Analisis Hasil Percobaan<br>Bab ini berisi penjelasan mengenai implementasi system berupa lingkungan implementasi, implementasi antarmuka, dan struktur data, serta berisi penjelasan mengenai pengujian yaitu data yang digunakan, skenario pengujian, dan analisis dan hasil pengujian. |
| Bab 5 | Kesimpulan dan Saran<br>Bab ini berisi kesimpulan dan saran  |

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil pada Tugas Akhir ini antara lain :

1. Metode BFS dan BnB dapat digunakan untuk memecahkan masalah VRP. Dengan menggabungkan kedua metode tersebut, solusi yang dihasilkan merupakan rute VRP yang optimal. Selain itu, rata-rata waktu komputasi dari skenario pengujian masih dalam batas toleransi. Sedangkan untuk alokasi memory, kedua metode tersebut memerlukan space memory yang cukup besar.
2. Berdasarkan skenario pengujian 1 dan 2, dapat disimpulkan bahwa variasi terhadap jumlah pelanggan mempengaruhi jumlah node yang dibentuk. Sehingga mempengaruhi waktu komputasi secara signifikan, tetapi tidak terlalu mempengaruhi penggunaan memory.
3. Berdasarkan pengujian 3 dan 4, dapat disimpulkan bahwa variasi posisi pelanggan yang melakukan *demand*. Baik itu berdekatan dengan *depot* atau berjauhan, tidak terlalu mempengaruhi waktu pemrosesan. Hal ini dikarenakan jumlah pelanggan yang memasukkan *demand* sedikit. Faktor posisi atau jarak antara *depot* dan *demand* menjadi salah satu hal yang mempengaruhi terhadap kasus terbaik dan kasus terburuk
4. Variasi terhadap nilai *demand* berpengaruh terhadap waktu komputasi, dan penggunaan memory. Hal ini terlihat dari perbandingan antara skenario pengujian 5 dan 6. Nilai *demand* merupakan faktor utama menentukan kapan suatu kasus merupakan kasus terbaik dan merupakan kasus terburuk, selain faktor variasi. Kasus terbaik dicapai apabila nilai *demand* pelanggan besar. Atau dapat dikatakan memiliki selisih yang kecil dengan kapasitas angkut kendaraan, dan posisi antara *depot* dan *demand* saling berdekatan. Sedangkan untuk kasus terburuk, didapatkan apabila nilai *demand* pelanggan kecil atau memiliki selisih yang sangat jauh dengan kapasitas angkut kendaraan, dan posisi antara *depot* dan *demand* saling berjauhan.
5. Hal lain yang perlu menjadi perhatian adalah node *successor*. Apabila suatu node melakukan *demand* dan node tersebut tidak memiliki node *successor*, maka terjadi iterasi yang berulang dan menyebabkan proses tidak pernah selesai.
6. Berdasarkan hasil pengujian dari skenario diatas, penggabungan metode BFS dan BnB untuk menyelesaikan masalah VRP memiliki waktu komputasi dan pemanfaatan memory yang masih dapat ditoleransikan. Kecuali untuk kasus terburuk, memory yang digunakan meningkat secara signifikan.
7. Perbedaan pendekatan pada jarak dan node yang dikunjungi pada kasus VRP menghasilkan solusi yang lebih optimal. Karena memproses node yang hanya melakukan *demand*. Bukan memproses semua node. Selain itu, jarak menggunakan perbandingan skala dan tidak menganggap setiap node terhubung sempurna. Sehingga memberikan gambaran permasalahan sesuai dengan kenyataan.

## 5.2 Saran

Saran-saran untuk pengembangan tahap selanjutnya antara lain :

1. Data jarak yang digunakan dapat terhubung dengan situs penyedia penghitung jarak antar kota
2. Peta yang digunakan berupa peta GPS dan terhubung dengan penyedia layanan navigasi. Sehingga apabila terdapat jalan baru tidak perlu mengganti peta, dan cukup mengupdatenya secara otomatis



## Referensi

- [1] Ruiz, Ruben, 2001, "A Decision Support System For A Real Vehicle Routing Problem", Universidad Politecnica de Valencia, Spain.
- [2] Laporte, Gilbert dan Frederic Semet, 1999, "Classic Heuristic For The Vehicle Routing Problem", Universite de valenciennes et du Hainaut-Cambresis, France.
- [3] Lohatepanont, Manoj, 1999, "Intro to Logistic and Vehicle Routing Problem", Faculty Of Engineering, Chulalongkorn University.
- [4] Sutapa, I Nyoman dan I Gede Agus Widyadana, 2004, Studi tentang Travelling Salesman dan Vehicle Routing Problem dengan Time Windows. Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra
- [5] Goel, Asvin, 2006, "A General Vehicle Routing Problem", Computer Science Faculty, University of Leipzig, German.
- [6] Archetti, C, 2007, "The Split Delivery Vehicle Routing Problem with Small Capacity", Departement of Electronics for Automation , University of Brescia, Italy.
- [7] Csiszar, Sandor, 2005, "Route Elimination Heuristic for Vehicle Routing Problem with Time Windows", Departement of Microelectronics and Technology, Acta Polytechnica, Hungary.
- [8] Ralphs, Ted, Joe Hartman, dkk, 2001, "Capacitated Vehicle Routing and Some Related Problems", Industrial and Systems Engineering, Rutgers University.
- [9] Pearl, Judea, 2006, "Heuristic Search Theory: Survey Of Recent Results", Departements of Computer Science and Engineering Systems, University of California, California.
- [10] Benjamin, Wah dan Chee-Fen Yu, 2000, "Efficient Branch and bound Algorithms on a Two Level Memory System", Electrical Engineering, Purdue University, West Lafayette.
- [11] Sazhin, Anton dkk, 2000, "A Multi Queue Branch and Bound Algorithm for Anytime Optimal Search with Biological Applications", Information and Computer Science, University of California, California.
- [12] Zhou, Rong dan Eric A. Hansen, 2007, "Anytime Heuristic Search", Departement of Computer Science and Engineering, Mississippi State University, USA.

- [13] Pohl, Ira, 2006, "The Avoidance of (Relative) Catastrophe, Heuristic Competence Genuine Dynamic Weighting and Computational Issues In Heuristic Problem Solving", Information Sciences, University of California, California.
- [14] Thangiah, Sam R, 1997, "Vehicle Routing with Time Windows using Genetic Algorithms", Computer Science Departement, Slippery Rock University, USA.
- [15] Kallehauge, B., J. Larsen, dan O.B.G Madsen, 2001, "Lagrangian Duality Applied On Vehicle Routing With Time Windows Experimental Results", Informatics and Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, Denmark.
- [16] Hamidi,Ivan., Diko Aldillah, dan Victor, 2005, Algoritma A\* (A Star) Sebagai Salah Satu Contoh Metode Pemrograman *Branch and Bound* . Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung.
- [17] Munir,Rinaldi M.T.Diktat Kuliah Strategi Algoritmik.2006.Bandung