

PERANCANGAN ALGORITMA SIMULATED ANNEALING UNTUK RUTE KENDARAAN YANG MEMPERTIMBANGKAN BACKHAUL, RUTE MAJEMUK, DAN TIME WINDOW

Ferdian Cahyadi ^{#1}, Johan Oscar Ong ^{*2}, Jusak Sali Kosasih ^{#3}

^{#1}Departemen Sistem Informasi, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jl. Dipatiukur No 80-84, Bandung 40132

¹fer.cahyadi@yahoo.com

³jusak@ithb.ac.id

^{*}Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jl. Dipatiukur No 80-84, Bandung 40132

²johan@ithb.ac.id

Abstrak— Vehicle Routing Problem (VRP) menjadi hal yang sangat penting dalam masalah pendistribusian barang, karena perusahaan ingin mencapai hasil yang seefektif dan seefisien mungkin agar biaya yang dikeluarkan dapat diperkecil. Dalam VRP, perlu diperhatikan juga jumlah kendaraan yang digunakan dan waktu bongkar muat (loading/unloading) di tempat pelanggan, hal itu yang menjadi pembatas dalam VRP. Tujuan dari jurnal ini adalah untuk menyelesaikan masalah rute kendaraan yang mempertimbangkan backhaul, rute majemuk (multiple trips), dan time window atau yang dikenal dengan model/varian VRPBMTTW, dan akan menghitung jumlah kendaraan, total duration time (TDT), dan range of duration time (RDT). Untuk memecahkan masalah ini digunakan teknik Simulated Annealing (SA) yang merupakan suatu pendekatan algoritma yang efisien untuk memecahkan masalah optimasi kombinatorial yang sulit. Solusi awal ditingkatkan berulang-kali dengan membuat perubahan kecil hingga ditemukan solusi yang lebih baik.

Kata kunci— Vehicle Routing Problem, Backhaul, Multiple Trip, Time Window, Simulated Annealing

Abstract— Vehicle Routing Problem (VRP) become very important in the problem of distribution of goods, because the company wants to achieve results effectively and efficiently as possible so the cost can be reduced. In VRP, the number of vehicles used and the time of loading and unloading at the customer site, need to be considered too, it is a constraint in the VRP. The purpose of this journal is to solve the vehicle routing problem considering backhaul, multiple trips, and the time window, known as the model/variant VRPBMTTW, and will count the number of vehicles, the total duration time (TDT), and range of duration time (RDT). To solve this problem used technique Simulated Annealing (SA) which is an efficient algorithm approach to solve difficult combinatorial optimization problems. Initial solution repeatedly improved by making small changes to find a better solution.

Keywords— Vehicle Routing Problem, Backhaul, Multiple Trip, Time Window, Simulated Annealing

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini, para pelaku bisnis atau usaha saling bersaing dalam hal pemenuhan kebutuhan konsumennya. Berbagai cara ditempuh oleh perusahaan untuk memenuhi kebutuhan konsumennya tersebut, hal itu dilakukan agar perusahaan tidak kehilangan konsumennya yang tidak puas karena layanan yang diberikan oleh perusahaan tidak baik. Selain dalam hal pelayanan yang diberikan perusahaan kepada konsumen, barang yang dihasilkan oleh perusahaan juga harus memiliki kualitas yang baik, waktu produksi yang singkat, dan harga yang sesuai. Perusahaan harus terus melakukan peningkatan kinerja mereka untuk tetap bertahan dalam menghadapi pesaing lainnya.

Perusahaan harus dapat menganalisa apa yang diinginkan dan dibutuhkan oleh konsumen agar perusahaan mencapai hasil yang efektif dan efisien. Perusahaan dapat mencapai efisiensi dan efektivitas tersebut dengan berbagai cara, diantaranya yaitu minimasi biaya produksi, penentuan rute distribusi terdekat, penentuan jumlah kendaraan, jadwal pengiriman barang dan lain-lain. Dalam proses distribusi suatu produk, masalah penentuan rute kendaraan menjadi sebuah masalah yang penting bagi perusahaan, karena perusahaan dapat memperkecil biaya transportasi, yaitu dengan mencari rute kendaraan yang terdekat.

PT.XYZ adalah sebuah perusahaan yang bergerak pada bidang distributor bahan-bahan kimia. Dalam kegiatan distribusi bahan kimia tersebut, PT. XYZ menggunakan beberapa kendaraan untuk mengantarkan kepada pelanggannya. Dalam satu kendaraan tersebut hanya diperbolehkan untuk mengangkut satu jenis produk saja agar

bahan kimia tersebut tidak tercampur-campur dengan bahan kimia yang lain.

Dalam proses distribusi bahan kimia ini, satu kendaraan dapat menangani beberapa pelanggan, dalam hal ini pelanggan dibedakan menjadi dua yaitu pelanggan antar dan pelanggan ambil. Pelanggan antar dilayani terlebih dahulu, kemudian melayani pelanggan ambil. Kendaraan akan mengantarkan produk tersebut sesuai dengan interval waktu yang telah ditetapkan oleh pelanggan. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya waktu menunggu saat kendaraan tiba di tempat pelanggan sebelum interval waktu yang telah ditetapkan.

Penelitian VRPBMTTW ini sebelumnya sudah dikembangkan oleh Johan Oscar Ong dan Suprayogi (2010) dengan menerapkan algoritma *Sequential Insertion* sebagai solusi awal dan metode *Ant Colony Optimization* (ACO). Sedangkan pada penelitian ini akan digunakan metode *Simulated Annealing* (SA) yang dimodifikasi berdasarkan pada penelitian yang dikembangkan oleh Henry Pantas (2002).

II. LANDASAN TEORI

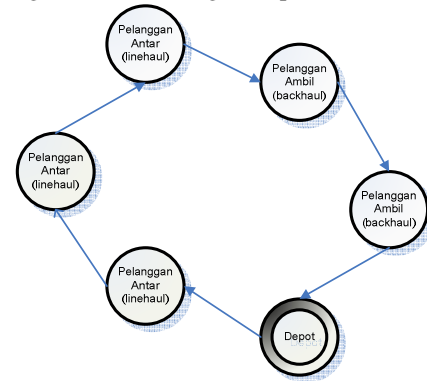
Permasalahan VRP dapat didefinisikan sebagai permasalahan mencari rute dengan ongkos minimal dari suatu depo ke pelanggan yang letaknya tersebar dengan jumlah permintaan yang berbeda-beda seperti yang dinyatakan oleh Braysy (2001). Rute dibuat sedemikian rupa sehingga setiap pelanggan dikunjungi hanya satu kali oleh satu kendaraan. Toth dan Vigo (2002) menyatakan untuk mencapai hasil yang optimal, dibutuhkan sebuah *road network* yang cocok sehingga biaya transportasi dapat diminimasi. Tujuan dari masalah penentuan rute kendaraan (*Vehicle Routing Problem*) menurut Toth dan Vigo (2002) adalah sebagai berikut :

- Meminimalisasi biaya transportasi global, tergantung pada jarak tempuh global dan untuk biaya tetap terkait dengan penggunaan kendaraan.
- Meminimalisasi jumlah kendaraan yang digunakan untuk melayani semua pelanggan.
- Menyeimbangkan rute antara waktu perjalanan dan beban kendaraan.

Dalam pemodelan masalah penentuan rute kendaraan (*Vehicle Routing Problem*) dikenal beberapa varian yang merupakan perluasan atau pengembangan dari yang sebelumnya, seperti VRP with backhauls (VRPB), VRP with multiple trips (VRPMT), dan VRP with time windows. Dari semua varian tersebut memiliki karakteristik yang membedakannya. Ketiga varian tersebut dapat juga dikombinasikan atau digabungkan menjadi satu, seperti VRP with Backhauls and Time Windows (VRPBTW) dan VRP with Backhauls, Multi Trips, and Time Windows (VRPBMTTW). Varian VRP with Backhauls, Multi Trips, and Time Windows (VRPBMTTW) ini banyak dibahas oleh peneliti, diantaranya adalah Brandao dan Mercer (1997), Tung dan Pinnoli (2000), Suprayogi (2003), Hajri-Gabouj dan Darmoul (2003), dan Suprayogi, dkk (2007).

Goetschalckx dan Jacobs (1989) menyatakan *Vehicle Routing Problem with Backhauls* (VRPB), juga dikenal sebagai masalah *linehaul-backhaul* yang merupakan perluasan

dari *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang melibatkan pengiriman dan pengambilan barang. Titik *linehaul* (pengiriman) adalah tempat dimana barang akan dikirim dari depot pusat. Sedangkan titik *backhaul* (pengambilan) adalah tempat mengembalikan barang ke depot.



Gambar 1. Backhaul

(Johan Oscar Ong dan Suprayogi, 2010)

Dalam melayani pelanggannya yang berada pada satu rute, kendaraan lebih mendahulukan pelanggan antar (*linehaul*) dibandingkan dengan pelanggan ambil (*backhaul*). Hal ini dilakukan agar dapat mencapai hasil yang efektif. Karakteristik *Vehicle Routing Problem with Backhaul* (VRPB) menurut Toth dan Vigo (2002) adalah sebagai berikut :

- Tiap sirkuit mengunjungi titik depot.
- Dalam satu sirkuit, setiap titik pelanggan dikunjungi tepat satu kali.
- Jumlah permintaan pada tiap titik yang dikunjungi tidak melebihi kapasitas muatan kendaraan.
- Setiap pelanggan antar (*linehaul*) dilayani terlebih dahulu sebelum pelanggan ambil (*backhaul*).

Vehicle Routing Problem with Backhauls and Time Windows merupakan gabungan antara fungsi *backhauls* dan *time window*. Dalam VRPBTW ini selain memperhatikan *backhaul*, harus diperhatikan juga *time window*nya. Tangiah (1995) mendefinisikan VRPTW sebagai permasalahan untuk menjadwalkan sekumpulan kendaraan, dengan kapasitas dan *travel time* terbatas, dari depot pusat ke sekumpulan konsumen yang tersebar secara geografis, dengan jumlah permintaan diketahui, dalam *time windows* tertentu. Dalam permasalahan ini diperhatikan juga mengenai waktu yang dibutuhkan ketika kendaraan melakukan bongkar muat (*loading* dan *unloading*) pada tempat pelanggan. Jika kendaraan datang ke konsumen sebelum *earliest time* dari konsumen tersebut, maka akan menghasilkan *idle* atau waktu tunggu. Kendaraan yang datang ke konsumen setelah *latest time* adalah keterlambatan. Dengan adanya *time window* maka kendaraan dapat melakukan kegiatan bongkar muat sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sebelumnya, sehingga semua pelanggan dapat dilayani dengan baik dan diharapkan tidak terjadi keterlambatan dalam melakukan pengantaran barang kepada pelanggan antar (*linehaul*) dan pengambilan barang dari pelanggan ambil (*backhaul*).

Dalam VRPBMTTW dipertimbangkan juga *multiple trips* yaitu kendaraan dapat melayani beberapa rute dalam tiap tur yang dilakukan atau dikenal dengan istilah rute majemuk. Dalam setiap tur dapat terdiri dari beberapa rute dimana kendaraan harus kembali ke depot terlebih dahulu sebelum melayani rute berikutnya. Kondisi rute majemuk ini hanya dapat dipenuhi apabila waktu pelayanan masih dalam horison perencanaan.

Pengertian *Annealing* menurut Dowsland (1993) adalah bahan padat yang dipanaskan melampaui titik cairnya dan kemudian didinginkan kembali menjadi keadaan padat. Kirkpatrick dkk (1983) menyarankan menggunakan SA (*Simulated Annealing*) untuk optimisasi, yang diterapkan pada desain VLSI (*Very Large Scale Integration*) dan TSP (*Travelling Salesman Problem*).

Simulated Annealing (SA) merupakan suatu pendekatan algoritma untuk memecahkan masalah optimasi kombinatorial. *Simulated Annealing* (SA) dapat dipandang sebagai versi yang disempurnakan dari metode perbaikan iteratif (yang berulang) dimana solusi awal ditingkatkan berulang-kali dengan membuat perubahan kecil hingga ditemukan solusi yang lebih baik. *Simulated Annealing* (SA) mengacak prosedur pencarian lokal dan dalam beberapa kasus memungkinkan untuk melakukan perubahan solusi yang memperburuk. Ini merupakan upaya untuk mengurangi kemungkinan terjebak dalam solusi optimal lokal. Algoritma *Simulated Annealing* (SA) merupakan suatu pendekatan yang efisien untuk memecahkan masalah kombinatorial yang sulit.

Algoritma SA mengeluarkan minimum lokal dengan menggunakan bilangan acak dalam pemilihan perpindahan. Pada setiap iterasi dari algoritma *Simulated Annealing*, perpindahan dipilih secara acak dan perubahan biaya dihitung untuk perpindahan.

$\Delta \leftarrow \hat{f}(v') - \hat{f}(v)$, jika perpindahan dari v ke v' dipertimbangkan, hal itu dapat diterima dengan probabilitas. Jika Δ bernilai positif (perpindahan tidak membaik) atau dengan probabilitas 1 jika Δ tidak bernilai positif. Algoritma SA menurut Vob dan Woodruff adalah sebagai berikut :

Dimulai dengan memilih solusi v secara acak

$T \leftarrow \text{InitializeTemp (INITPROB)}$

REPEAT

REPEAT SIZEFACTOR $\times |N(v)|$

Pilih v' secara acak $\in N(v)$

$\Delta \leftarrow \hat{f}(v') - \hat{f}(v)$

IF ($\Delta \leq 0$) OR ($\exp(-\Delta / T) < \text{URan}(0,1)$)

$v \leftarrow v'$

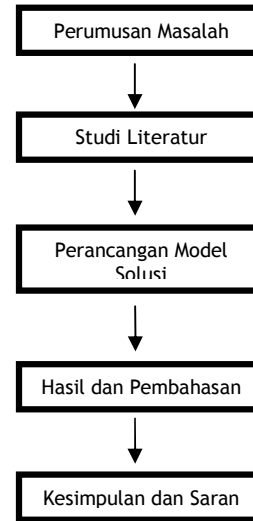
BestCheck (v)

$T \leftarrow \text{TEMPFACTOR} \times T$

UNTIL Frozen (MINPERCENT)

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu langkah, tahapan atau prosedur yang dilakukan di dalam suatu penelitian untuk menemukan kebenaran dari suatu masalah. Tahapan penelitian yang dilakukan dalam jurnal ini adalah sebagai berikut :

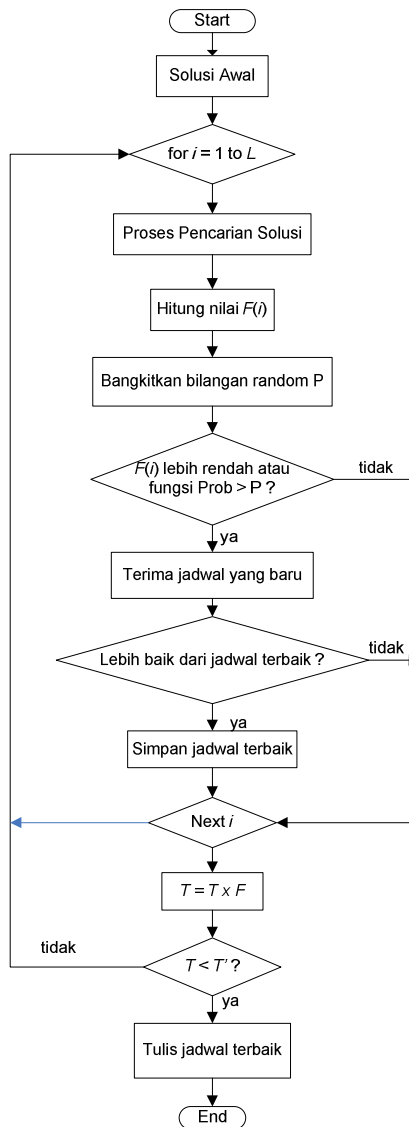


Gambar 2. Metode Penelitian

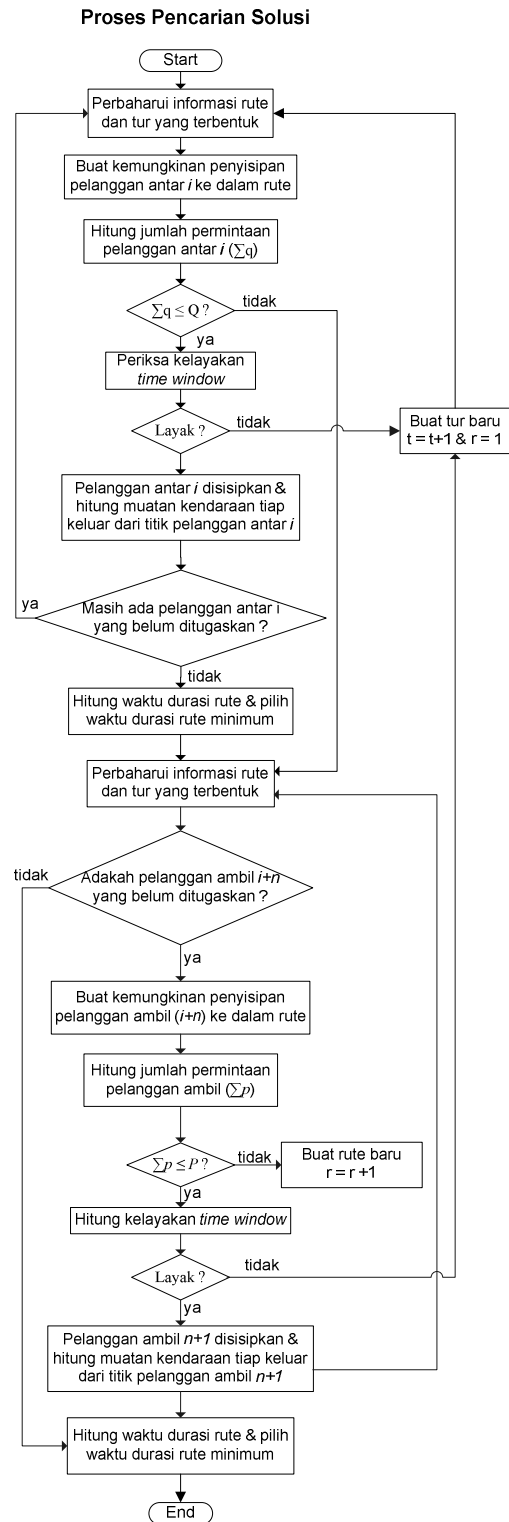
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa pembatas yang terdapat dalam penelitian ini adalah :

- Tiap rute dimulai dan diakhiri pada depot
- Kendaraan dibatasi horison perencanaan yang menandai dimulai dan diakhiri aktivitasnya.
- Pelanggan antar dan ambil dipisahkan karena bersifat deterministik dan diketahui.
- Pelanggan antar dilayani terlebih dahulu, setelah itu melayani pelanggan ambil.
- Tiap pelanggan hanya dapat dikunjungi satu kali oleh satu kendaraan.
- Muatan kendaraan pada saat pengantaran dan pengambilan tidak melebihi kapasitas.
- Saat pelayanan hanya dapat dimulai pada saat paling awal dan sebelum atau sama dengan saat paling akhir.
- Range of Duration Time* (RDT) dalam penelitian ini adalah selisih waktu durasi terpanjang dan waktu durasi terpendek.



Gambar 3. Flowchart Simulated Annealin



Gambar 4. Flowchart Proses Pencarian Solusi (Generate Solution)

Flowchart Simulated Annealing (Gambar 3) adalah flowchart yang diadopsi dari Henry (2002) yang

mendeskripsikan alur proses perhitungan untuk mencari jadwal terbaik. Proses akan berhenti ketika ditemukan jadwal yang lebih baik dari jadwal terbaik. Langkah awal yang dilakukan adalah dimulai dari hasil solusi awal yang sudah didapatkan sebelumnya, kemudian hitung nilai $F(i)$ dengan fungsi $F(i) = (NV.100000) + (TDT.100) + (RDT.0.00005)$, hasil perhitungan algoritma Proses Pencarian Solusi (*Generate Solution*) (Gambar 4) yang didapat adalah $NV = 4$, $TDT = 162$, dan $RDT = 35$. Maka $F(i) = (4 \times 100000) + (162 \times 100) + (35 \times 0.00005) = 416.200,002$, kemudian bangkitkan bilangan random P kemudian lakukan pemeriksaan apakah $F(i)$ lebih rendah dari P , jika tidak maka lakukan perhitungan ulang, jika ya maka terima jadwal yang baru. Setelah itu periksa apakah jadwal baru lebih baik dari jadwal yang terbaik, jika tidak lakukan perhitungan ulang, jika ya maka simpan jadwal terbaik tersebut. Kemudian hitung nilai T dengan rumus $T = T \times F$, dimana T adalah temperatur dan F adalah faktor penurunan temperatur. Jika T lebih kecil daripada T' maka tulis jadwal terbaik, jika tidak maka lakukan perhitungan ulang.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian varian VRPBMTTW ini, menggunakan algoritma *Simulated Annealing* dan dikembangkan *Proses*

Pencarian Solusi (Generate Solution) yang bertujuan untuk mencari rute/jadwal terpendek. Dengan ditemukannya rute terpendek maka perusahaan dapat menghemat biaya/ongkos pengiriman.

REFERENSI

- [1] Braysy, O., 2001. Genetic Algorithms for the Vehicle Routing Problem with Time Windows, PhD thesis, Department of mathematics and Statistics, University of Vaasa, Finlandia.
- [2] Dowsland. 1993. Chapter 2 in Reeves, Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems.
- [3] Fitria, Lisyee., dkk. Penentuan Rute Truk Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah di Bandung, Jurnal Teknik Industri, Vol. 11, No. 1, Juni 2009.
- [4] Goetschalckx, Marc., Jacobs-Blecha, Charlotte. 1989. European Journal of Operational Research 42, 39-51.
- [5] Ong, Johan Oscar dan Suprayogi. 2010. Vehicle Routing Problem With Backhaul, Multiple Trips and Time Window. International Seminar on Industrial Engineering and Management.
- [6] Panggabean, Henry. P., 2002. Penjadwalan Job Shop Statik dengan Algoritma Simulated Annealing.
- [7] Sutapa, I Nyoman., Widyadana, I Gede., dan Christine, Studi Tentang Travelling Salesman dan Vehicle Routing Problem Dengan Time Windows.
- [8] Thangiah, Sam. R., Potvin, Jeans-Yves., Sun, Tong. Heuristic Approaches to Vehicle Routing with Backhauls and Time Windows. International Journal of Computers and Operations Research.
- [9] Toth, Paolo dan Vigo, Daniele. 2002. The Vehicle Routing Problem.