

Optimasi Jalur Distribusi dengan Metode *Vehicle Routing Problem (VRP)*

Optimizing the Distribution Routes Using Vehicle Routing Problem (VRP) Method

Agung Chandra¹ Bambang Setiawan²

^{1,2}Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia

Corresponding email: agung.chandra@mercubuana.ac.id

ABSTRACT

The purpose of the study was to apply the method of Vehicle Routing Problem (VRP) Method to accelerate product distribution and minimize the use of fuel. The method of VRP is one of the solutions to find the shortest route from 57 locations in Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi), four locations in Bandung, and three locations in Surabaya. The result shows that the most efficient method of VRP is by combining the heuristics and meta-heuristics – simulated annealing methods which reduce the distance about 11.79 % in Jabodetabek, 0 % in Bandung, and 8.98 % in Surabaya.

Keywords: *VRP method; heuristics; metaheuristics*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengaplikasikan metode *Vehicle Routing Problem (VRP)* untuk mempercepat distribusi produk dan meminimalkan penggunaan bahan bakar. Metode VRP merupakan salah satu jawaban untuk menemukan jalur terpendek untuk 57 lokasi di area Jabodetabek, empat lokasi di area Bandung, dan tiga lokasi di area Surabaya. Hasil penelitian ini menemukan metode VRP yang paling efisien adalah dengan mengkombinasikan metode heuristics dengan metode metaheuristics-simulated annealing yang menghasilkan pengurangan jarak sebesar 11,79% untuk area Jabodetabek, 8.98% untuk area Surabaya, dan 0% untuk area Bandung.

Kata Kunci: metode VRP; heuristik; metaheuristik

PENDAHULUAN

Produk perusahaan manufaktur memerlukan distribusi yang baik agar bisa sampai ke pelanggan, secara langsung dari manufaktur ke pelanggan maupun tidak langsung melalui distributor. Bentuk pendistribusian barang juga bisa terjadi dari distributor ke pelanggan. Apa pun bentuk distribusinya buat perusahaan, maka hal yang terpenting adalah distribusi tersebut bisa menghasilkan biaya terendah.

Oleh karena itu, distribusi memegang peran penting sebagai konektor antara perusahaan dengan pelanggan. Pendistribusian bisa dilakukan dengan berbagai media yakni motor, truk, kereta api, kapal terbang, kapal laut. Pendistribusian produk atau barang bisa dilakukan sendiri oleh internal perusahaan dan bisa juga dilakukan dengan menggunakan jasa eksternal perusahaan atau dikenal dengan 3PL – *third party logistics*. Apapun yang dipilih nantinya harus bisa menghasilkan pelayanan terbaik kepada pelanggan.

Routing perjalanan yang digunakan untuk mendistribusikan produk memiliki berbagai variasi dari satu titik ke titik lainnya. Pertanyaannya adalah “bagaimana menentukan *routing* perjalanan dengan biaya rendah dan *routing* yang optimal?” Metode yang bisa digunakan adalah dengan menggunakan *Vehicle Routing Problem* (VRP). Metode ini nantinya akan memberikan *routing* yang optimal sehingga jarak ataupun waktu yang dihasilkan adalah yang terpendek ataupun tercepat, dengan demikian penggunaan bahan bakar menjadi lebih efisien dan mengurangi gas CO₂ (Jaramillo, 2010). Pengurangan bahan bakar akan membawa dampak pengurangan penggunaan sumber daya energi yang semakin lama semakin berkurang persediaan di dunia ini, sedangkan pengurangan gas CO₂ akan membawa dampak polusi di lingkungan sekitar kita. Dengan dasar inilah, metode VRP dikenal juga dengan sebutan *green VRP*.

Subjek penelitian ini merupakan perusahaan yang bergerak di bidang makanan dan setiap harinya produk tersebut didistribusikan ke berbagai titik cabang / *outlet* yang tersebar di Jabodetabek, Bandung, maupun Surabaya. Produk yang didistribusikan adalah barang basah (*wet goods*) dan barang kering (*dry goods*). Frekuensi pengiriman barang basah dari depot ke *outlet* terjadi setiap hari, sedangkan barang kering hanya terjadi satu sampai dua kali seminggu.

Pengiriman produk barang basah menggunakan truk yang mempunyai pendingin sedangkan barang kering tidak perlu menggunakan truk berpendingin. Meski jenis truk yang digunakan berbeda, pendistribusian produk sama-sama membutuhkan jalur terpendek. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode *routing* pendistribusian barang basah dan kering yang terbaik (terpendek) dari depot (*distribution center*) ke cabang (titik) yang ditentukan dengan menggunakan metode VRP.

Riset dilakukan pada cakupan distribusi barang basah (*wet goods*) dari depot (*distribution center*) ke *outlet*, hal ini dikarenakan frekuensi kirim barang basah dari depot ke *outlet* terjadi setiap hari dan memiliki 87% porsi pengiriman di subjek penelitian. *Outlet* yang diteliti adalah *outlet* yang saat ini masih berdiri dan *outlet* yang akan buka sampai dengan 31 Desember 2018. *Demand* yang diambil adalah *demand* rata-rata selama tahun 2017 untuk *outlet* yang sudah berdiri dan *demand outlet EMP* untuk *outlet* yang akan berdiri. Satuan *demand* dan kapasitas kendaraan pengangkut dalam meter kubik

Asumsi yang digunakan dalam kajian ini adalah jarak tempuh “ke” dan “dari” antar 2 vertices adalah sama. TSP merupakan dasar untuk mempelajari metode umum yang dapat diaplikasikan pada masalah optimisasi. TSP itu sendiri melibatkan seorang *salesman* yang harus melakukan perjalanan ke beberapa kota dengan menggunakan jalur terpendek

yang tersedia (Clarke & Wright, 1964; Dasgupta, Papadimitriou, & Vazirani, 2006) dan mengunjungi tiap kota hanya satu kali dan kembali ke titik asal (Dantzig, Fulkerson, & Johnson, 1954). Istilah TSP ini seringkali dikenal juga dengan VRP. Metode VRP pertama kali diperkenalkan oleh Dantzig dan Ramser (1959). Metode ini banyak digunakan untuk mendapatkan jarak terpendek pada saat pendistribusian barang dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Distribusi barang merupakan bagian dari manajemen rantai pasok (*supply chain management*).

Metode VRP akan menghasilkan berbagai *route* yang dihasilkan oleh sebuah kendaraan mulai dan selesai di depot. Marinakis dan Migdalas (2007) mendefinisikan VRP atau *capacitated vehicle routing problem* (CVRP) sebagai “*problem in which vehicles based on a central depot are required to visit geographically dispersed customers in order to fulfill known customer demands. The problems are to construct a low cost, feasible set of routes – one for each vehicle. A route is a sequence of locations that a vehicle must visit along with the indication of the service it provides. The vehicle must start and finish its tour at the depot.*”

Teknik VRP dibagi 2 yakni heuristik klasik dan *metaheuristics* (Parragh, Doemer, & Hard, 2008a; 2008b). Heuristik klasik berfokus pada pembuatan dan perbaikan *route*, serta 2 fase *heuristics*. *Metaheuristic algorithm* adalah *simulated annealing*, *genetic algorithm*, *neural network*, *tabu search*, dan *ant algorithms* (Cormen, Leiserson, Rivest, & Stein, 2002).

Pada kasus ini akan digunakan metode *heuristics – cluster first-route second*, *nearest neighbor*, *k-opt algorithm* dan *metaheuristics – simulated annealing*. Penelitian untuk VRP sudah banyak dilakukan baik metode *heuristics* maupun *metaheuristics*. Metode *cluster first-route second* berguna untuk menyederhanakan permasalahan dan membentuk kelompok

atau grup (Caplice, 2006). Kemudian dari grup dan urutan yang terbentuk diaplikasikan algoritma *heuristics nearest neighbor* untuk mendapatkan *approximate solution* (Saiyed, 2012). Setelah mendapatkan solusi awal, maka digunakan lagi metode *k-Opt algorithm*. *K-opt algorithm* ini akan memberikan solusi yang optimal. Dengan mendapatkan solusi optimal, maka diterapkan *metaheuristics – simulated annealing*. Metode ini merupakan suatu metode untuk mendapatkan solusi yang baik dan diaplikasikan pada permasalahan optimisasi kombinatorial.

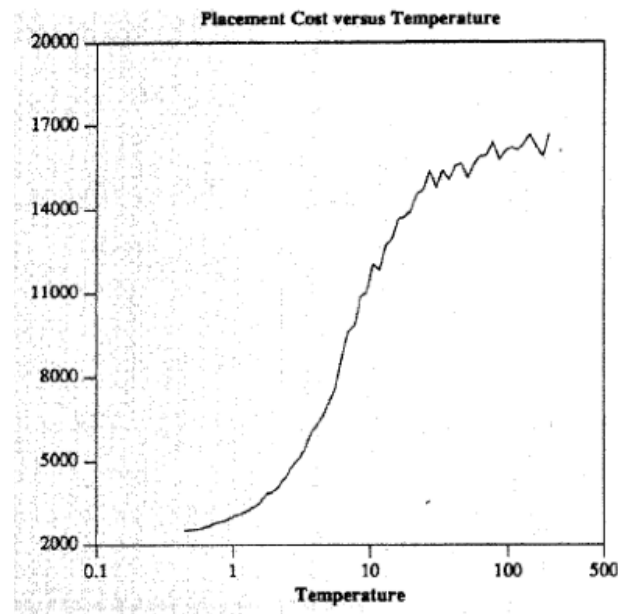
Simulated annealing merupakan *algorithm local search* dan dapat diilustrasikan sebagai berikut “Algoritma *annealing* bukanlah *deterministic* dan akan menghasilkan jawaban yang berbeda-beda pada saat di-run”. (Eglese, 1990) Proses *annealing* berjalan dari kanan ke kiri, dan semakin ke kiri maka *cost*-nya akan semakin jatuh, dan algoritma akan berhenti pada saat nilai *cost* sudah datar (Rutenbar, 1989) untuk beberapa titik temperatur (Gambar 1).

Penelitian ini bertujuan mengaplikasikan VRP untuk mempercepat distribusi produk dan meminimalkan penggunaan bahan bakar.

METODE PENELITIAN

Objek penelitian ini adalah jalur distribusi dari *distribution center* ke *outlet* agar bisa diselesaikan dengan metode VRP dan TSP dan mendapatkan jalur terpendek (*shortest path*). Metode yang digunakan adalah *VRP – vehicle route problem / traveling salesman problem: nearest neighbor (construction heuristics - approximation solution)*, *k-opt (optimization techniques)* dan *metaheuristics - simulated annealing*.

Software yang digunakan adalah *spreadsheet traveling salesman problem – simulated annealing* dan *DSS – vehicle routing problem*. Data yang digunakan adalah titik koordinat – x dan y untuk tiap



Gambar 1. *Placement: Cost versus Temperature*
(Diadaptasi dari Rutenbar, 1989)

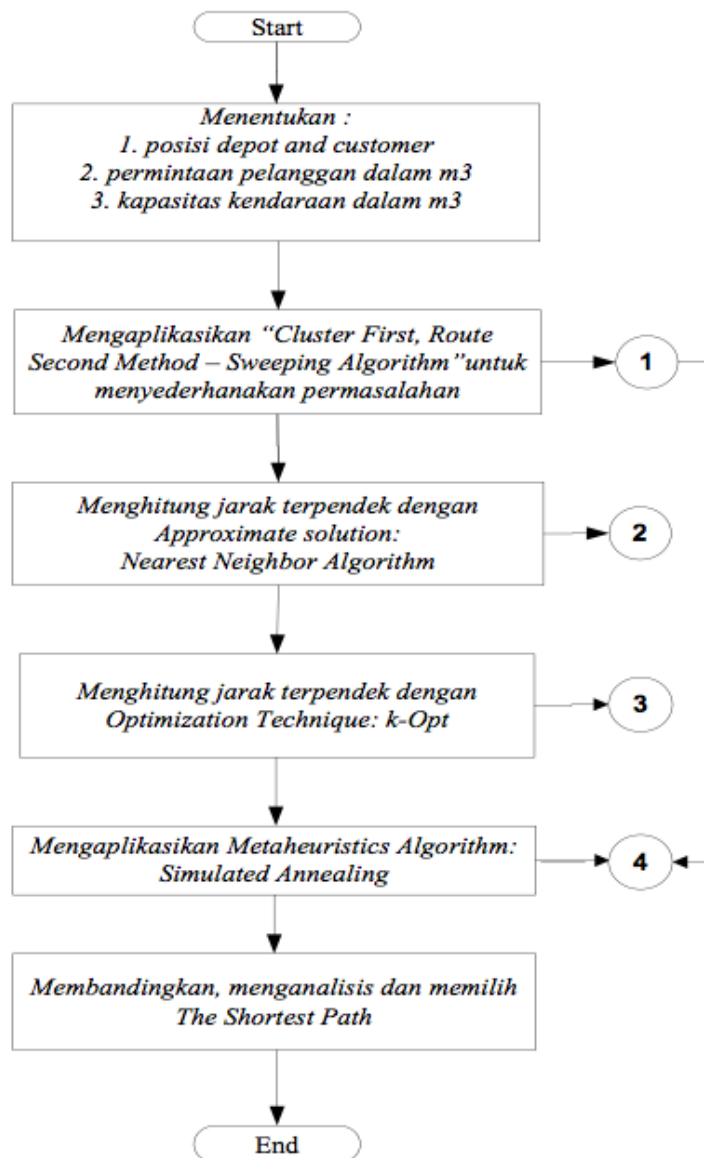
tujuan kirim dan hambatan yang mungkin ada, seperti adanya sungai atau bangunan. Titik-titik ini diambil dari *google maps*, jumlah tujuan yang ingin dilakukan perjalanan, dari titik ini maka bisa dihitung jarak tempuh yang dilakukan oleh sebuah unit kendaraan yaitu truk. Jumlah titik yang akan diambil datanya untuk penelitian ini adalah 57 titik di area Jabodetabek, 4 titik di area Bandung, dan 3 titik di area Surabaya. Seluruh titik ini merupakan *outlet* subjek penelitian.

Dari titik ini juga bisa digunakan untuk melihat tujuan kirim yang berdekatan sehingga memungkinkan untuk dilakukan pengelompokan kirim yang akan dilakukan oleh satu unit kendaraan. Data lain yang menunjang penelitian ini adalah faktor muatan truk itu sendiri dan diambil berdasarkan rata-rata muatan 3 bulan terakhir. Muatan atau *load* ini dihitung berdasarkan kubikasi (m³) dan kapasitas angkut truk yang digunakan.

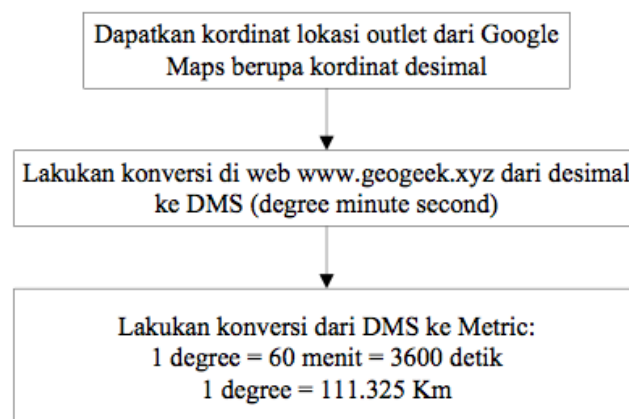
Untuk mendapatkan jalur distribusi yang terpendek, maka dibuat kerangka kerja (*framework*) penelitian dalam bentuk diagram alir (Gambar 2). Diagram alir ini

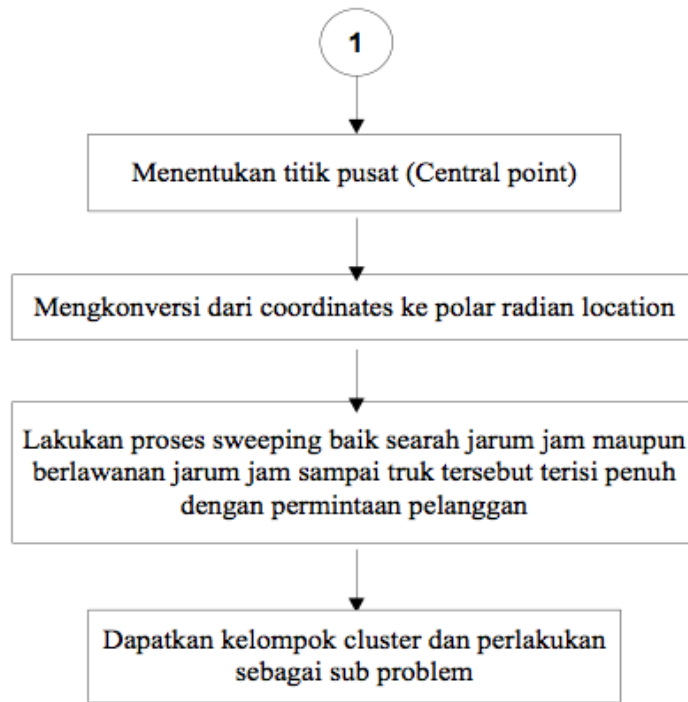
menunjukkan bahwa pada fase pertama kalkulasi jarak tempuh menggunakan metode *nearest neighbor*. Kemudian hasil dari metode *nearest neighbor* digunakan untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan menggunakan metode solusi optimal yakni *k-opt*. Terakhir adalah dengan menggunakan metode *simulated annealing*. Hasil jarak tempuh yang didapat dengan metode *simulated annealing* dibandingkan dengan metode *k-opt*. Hasil yang terpendeklah yang akan digunakan. Alur konversi satuan jarak tempuh adalah koordinat desimal (*google map*) – DMS – kilometer (Gambar 3).

Kordinat titik dari *google maps* berupa kordinat desimal yang menunjukkan posisi *latitude* dan *longitude*. *Positive latitude* adalah bagian utara *equator*, sedangkan *negative latitude* adalah bagian selatan *equator*. *Positive longitude* adalah bagian timur *prime meridian* dan *negative longitude* adalah bagian barat *prime meridian* (Gambar 4).

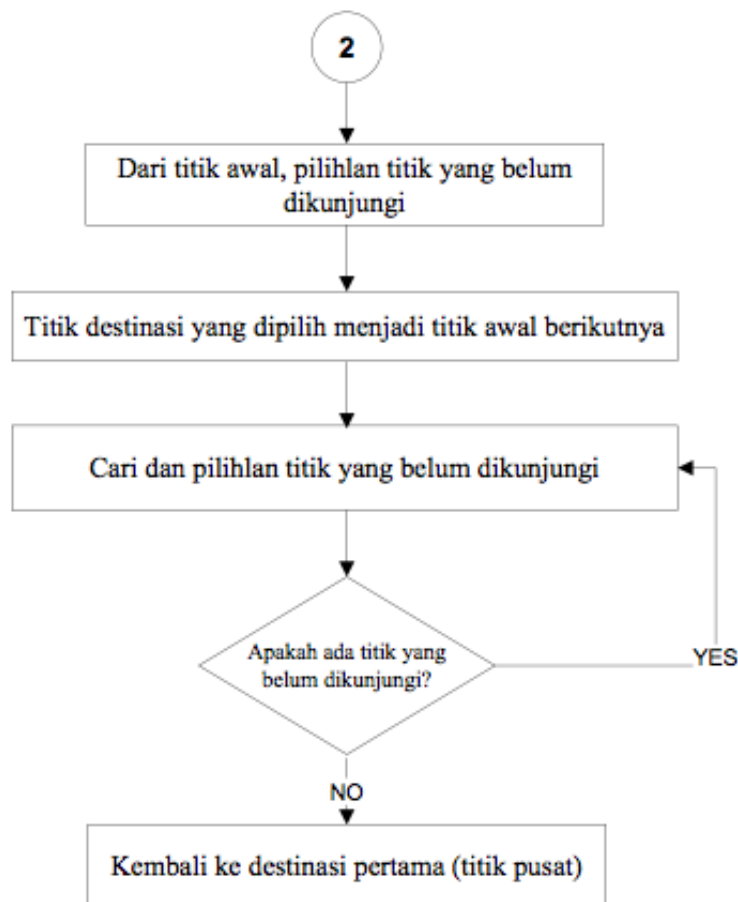


Gambar 2 Kerangka Kerja Penelitian

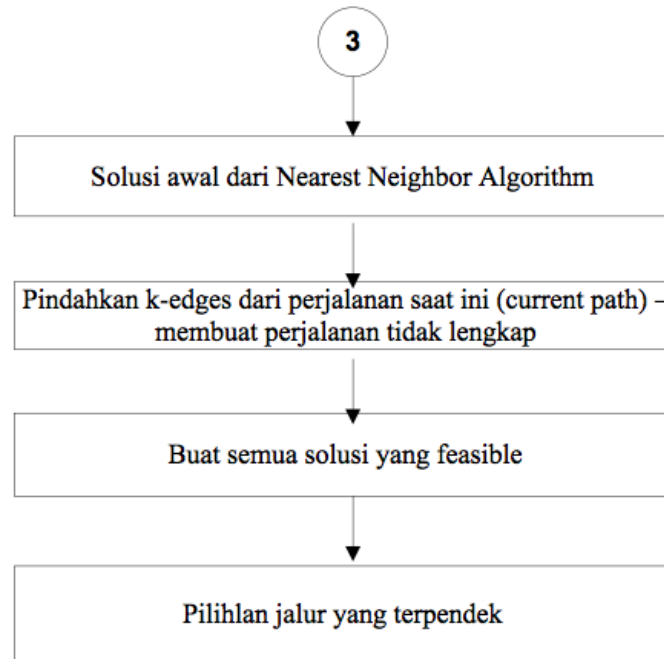
Gambar 3 Alur Konversi dari *Decimal Degree* ke DMS dan Kilometer



Gambar 4 Cluster First, Route Second-Sweeping Algorithm



Gambar 5 Approximate Solution - Nearest Neighbor Algorithm



Gambar 6 *k-Opt Algorithm – Optimization Technique*

Kunci dari algoritma *nearest neighbor* adalah selalu menemukan tujuan/destinasi terdekat, kemudian setelah selesai kembali ke titik awal (Gambar 5).

Algoritma 2-opt dan 3-opt merupakan algoritma yang berfungsi untuk menghasilkan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan *construction heuristics*. 2-opt *algorithm* memindahkan 2 sisi dan menghubungkan kembali 2 jalur (Laporte, 2006; Oliveira & Carravilla, 2009). Metode ini juga dikenal dengan nama 2-opt *move*. Prinsip yang sama juga berlaku untuk 3-opt *algorithm*, hanya saja sisi yang dipindahkan adalah sebanyak 3 sisi (Gambar 6).

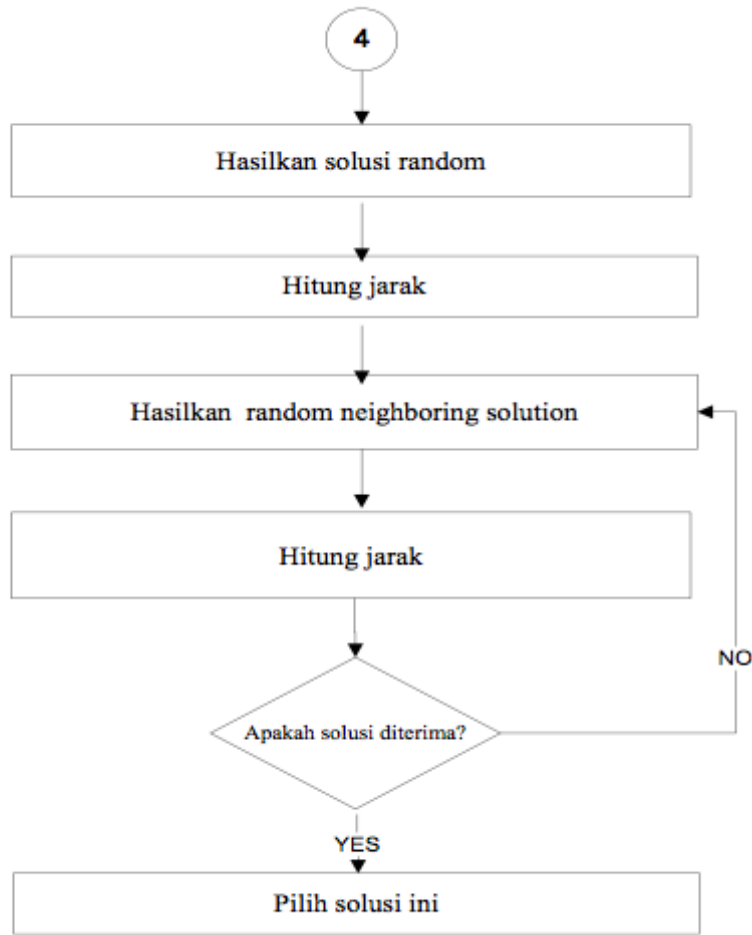
Simulated annealing merupakan metode untuk menemukan solusi yang bagus, meskipun tidak sempurna dalam masalah optimisasi (Gambar 7).

HASIL DAN PEMBAHASAN

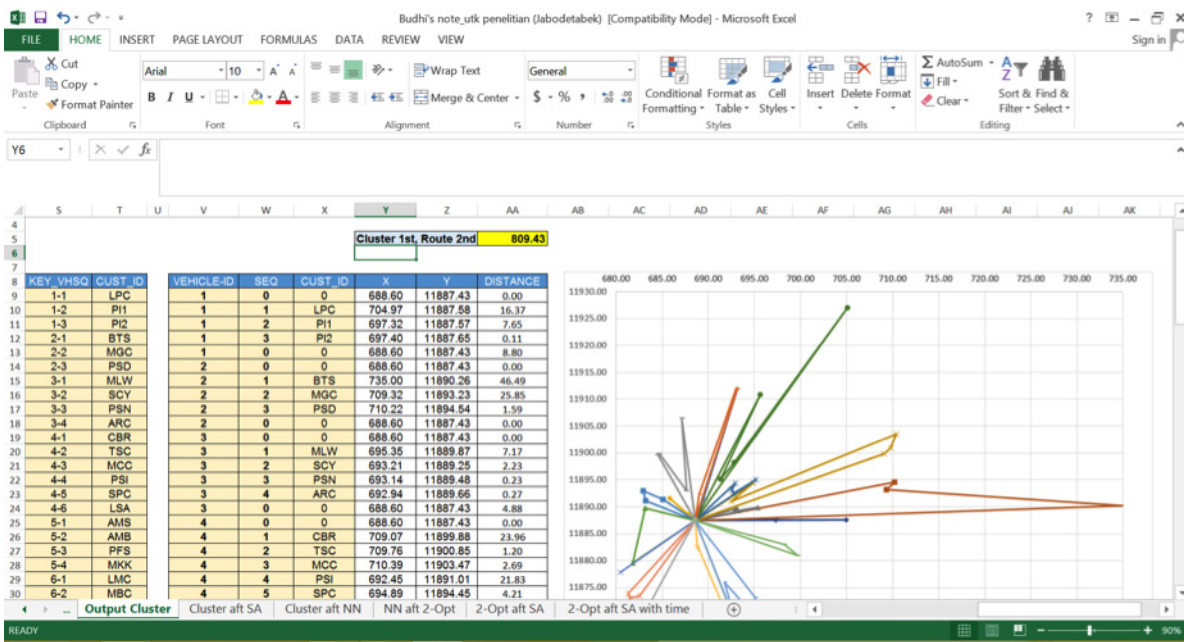
Ada 3 area yang diselesaikan dengan spreadsheet VRP. Area pertama yakni Jabodetabek, area kedua yakni Bandung dan area yang ketiga adalah Surabaya. Titik

destinasi untuk area Jabodetabek, Bandung dan Surabaya terdiri dari *outlet* subjek penelitian yang sebagian besar berada pada pusat perbelanjaan. Area Bandung saat ini mencakup *outlet* yang terletak di Bandung Electronic Center (BEC), Trans Studio Mall (TSM), dan Cihampelas Walk (CWK). Area Surabaya mencakup Graha Family (GFM), Tunjungan Plaza 6 (TP6), dan Supermal Pakuwon Indah (SPI). Untuk area Jabodetabek - area Bogor saat ini hanya mencakup Botani Square Bogor (BTS), Depok mencakup Margo City (MGC), Pesonal Square Depok (PSD), Jabodetabek - area Bekasi mencakup Mall Metropolitan Bekasi (MMB), Ruko Summarecon Bekasi (RSB), Summarecon Mall Bekasi (SMB), Resinda Mall Plaza (RMP); sedangkan Jabodetabek – area Tangerang mencakup Supermal Karawaci (SMF & SMK), Summarecon Mall Serpong (SMS), Rest Area (RTA), Aeon Mall Serpong (AMS); dan sisanya masuk area Jakarta. Ketiga area ini diselesaikan dengan prosedur yang sama pada Gambar 1.

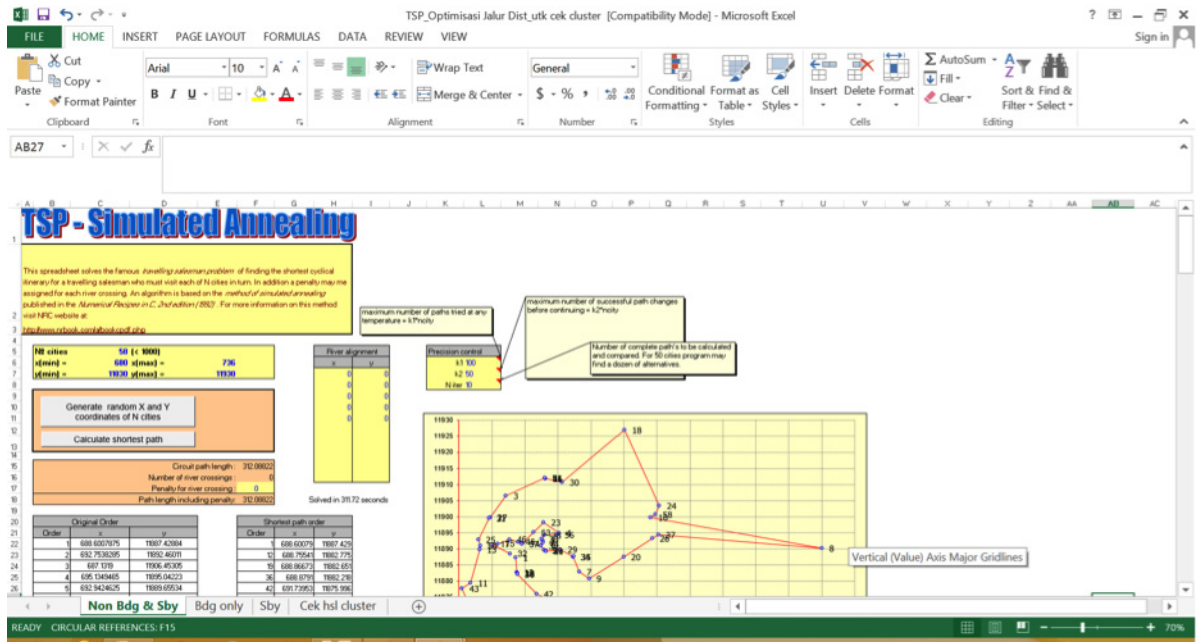
Hasil dari area Jabodetabek untuk kalkulasi ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 7 Metaheuristics – Simulated Annealing



Gambar 8 Hasil Cluster First, Route Second – Sweep Algorithm



Gambar 9 Hasil Metaheuristics – Simulated Annealing

Tabel 1 Hasil Kalkulasi dari Berbagai Algoritma – Jabodetabek Region

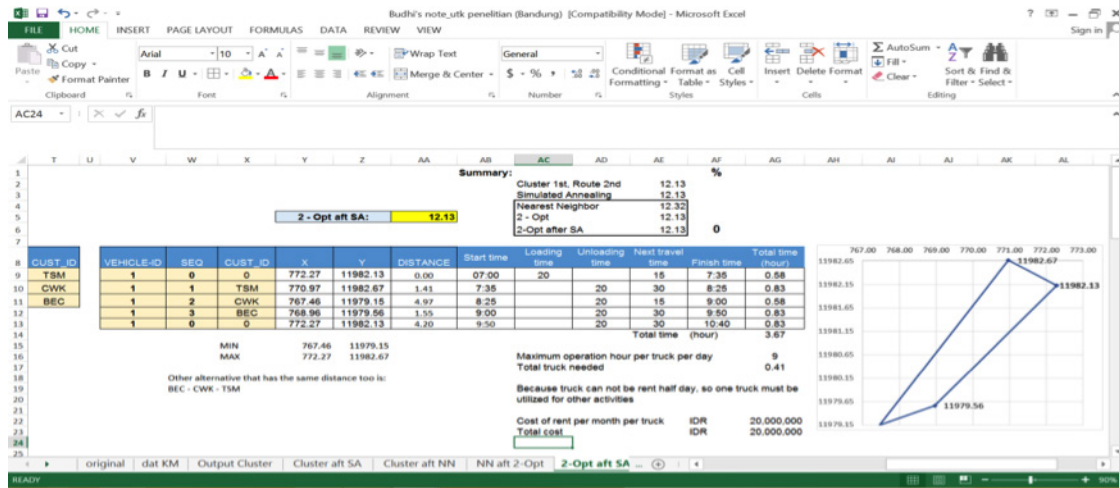
Metode	Hasil (Kilometer)
Cluster First, Route Second – Sweeping Method	809,43
Sweeping Method after Simulated Annealing	758,35
Sweeping Method after Nearest Neighbor	765,91
Nearest Neighbor after k-Opt	760,43
k-Opt after Simulated Annealing	713,97

Tabel 2 Hasil dari Berbagai Algoritma – Bandung Region

Metode	Hasil (Kilometer)
Cluster First, Route Second – Sweeping Method	12,13
Sweeping Method after Simulated Annealing	12,13
Sweeping Method after Nearest Neighbor	12,13
Nearest Neighbor after k-Opt	12,13
k-Opt after Simulated Annealing	12,13

Tabel 1 menunjukkan bahwa penerapan metode *simulated annealing* memiliki hasil yang lebih baik pada saat metode k-opt diterapkan. Penerapan *simulated annealing* bisa memperpendek jarak sebesar 6,31% tanpa penerapan metode k-opt, dan 11,79% dengan penerapan k-opt.

Namun hasil yang berbeda ditunjukkan pada area Bandung, mengingat semua algoritma menunjukkan hasil yang sama (Tabel 2). Hal ini dikarenakan area Bandung hanya terdapat 3 (tiga) titik destinasi dengan kata lain tidak memiliki banyak alternatif pada saat algoritma dieksekusi.



Gambar 10 Optimal Truck and Rental Cost for Bandung Region

Tabel 3 Hasil dari Berbagai Algoritma – Surabaya Region

Metode	Hasil (Kilometer)
Cluster First, Route Second – Sweeping Method	18,71
Sweeping Method after Simulated Annealing	17,03
Sweeping Method after Nearest Neighbor	17,03
Nearest Neighbor after k-Opt	17,03
k-Opt after Simulated Annealing	17,03

Pada area Surabaya, hanya metode *sweeping* yang menunjukkan hasil yang berbeda (Tabel 3).

SIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa jarak terpendek untuk area Jabodetabek dengan 57 lokasi dicapai dengan menggunakan gabungan metode heuristik dan metaheuristik – simulated annealing dan dapat memperpendek jarak sebesar 11,7%. Sedangkan area Bandung menunjukkan hasil yang sama untuk semua metode; sedangkan area Surabaya dengan *simulated annealing* bisa memperpendek jarak sebesar 8,9%.

Keterbatasan kajian ini tidak menggunakan keseluruhan metode *heuristic* dan *metaheuristic*. Oleh karena

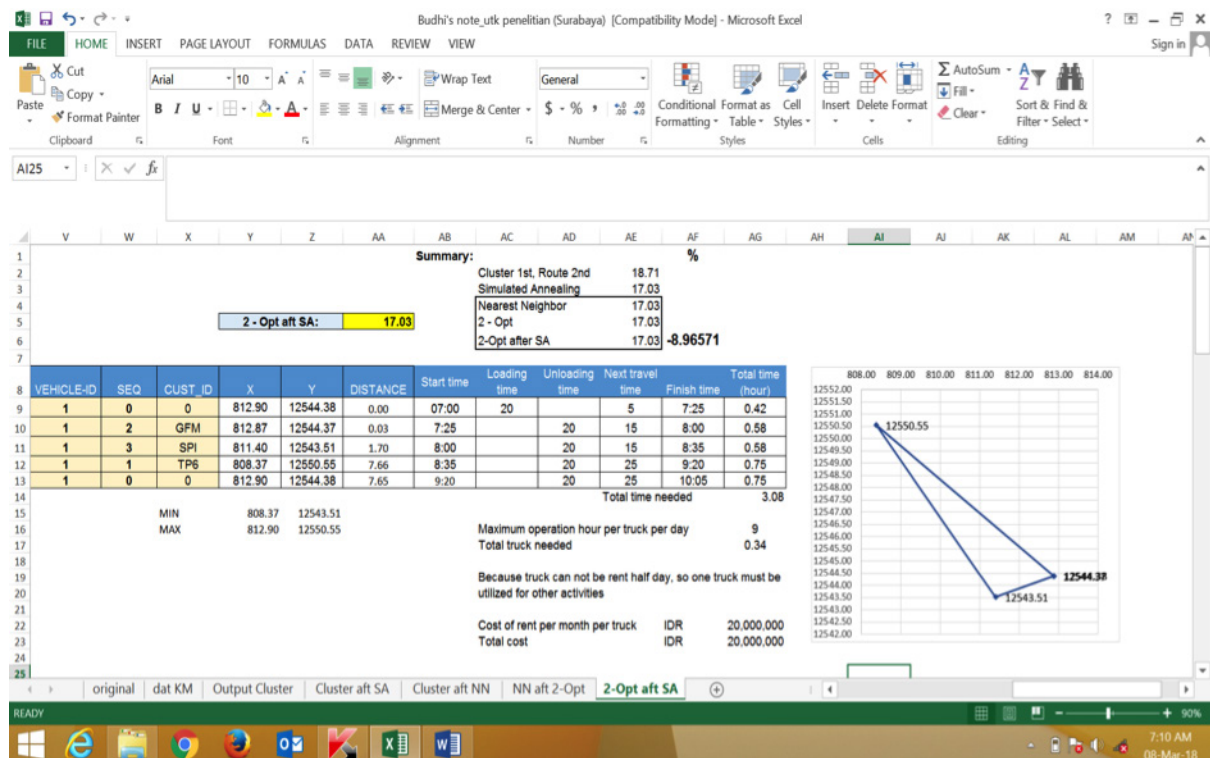
itu perlukan penelitian lebih lanjut untuk membandingkan berbagai metode *heuristic* dan *metaheuristic* lainnya, seperti *geometric algorithm*, *tabu search*, *algoritma genetic*, *optimasi ant colony* dan *minimum spanning tree*.

DAFTAR PUSTAKA

Caplice, C. (2006). *Transportation management: Vehicle routing*. Cambridge, MA: MIT Center for Transportation and Logistics.

Clarke, G., & Wright, J.W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12(4), 568-581.

Cormen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest, R.L., & Stein, C. (2009). *Introduction to algorithms*



Gambar 11 Optimal Truck and Rental Cost for Surabaya Region

- (3rd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Dantzig, G.B., Fulkerson, D.R., & Johnson, S.R. (1954). Solution of a large scale traveling salesman problem. *Operations Research* 2, p.393-410.
- Dantzig, G.B., & Ramser, J.H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6(1), 80-91.
- Dasgupta, S., Papadimitriou, C.H. & Vazirani, U.V. (2006). *Algorithms*. New York: McGraw-Hill Education.
- Eglese, R.W. (1990). Simulated annealing: a tool for operational research. *European Journal of Operational Research*, 46, 271-281.
- Jaramillo, J.R. (2010). *The green single vehicle routing problem*. Myrtle Beach, SC: SE INFORMS Annual Meeting.
- Laporte, G. (2006). *A short history of the traveling salesman problem*. Montreal, Canada: Center for Research on Transportation & GERAD HEC.
- Marinakis, Y., & Migdalis, A. (2007). Annotated bibliography in vehicle routing. *Operational Research*, 7(1), 27-46.
- Oliveira, J.F., & Carravilla, M.A. (2009). *Heuristics and local search*.
- Parragh, S.N., Doerner, K.F., & Hard, R.F. (2008a). A survey on pickup and delivery problems. Part I: Transportation between customers and depot. *J Betriebswirtschaft*, 58, 21-51.
- Parragh, S.N., Doerner, K.F., & Hard, R.F. (2008b). A Survey on pickup and delivery problems. Part II: Transportation between customers and depot. *J Betriebswirtschaft*, 58, 81-117.
- Rutenbar, R.A. (1989). Simulated Annealing Algorithms: An Overview. *IEEE Circuits and Devices Magazine*, 19-26.
- Saiyed, A.R. (2012). *The traveling salesman problem*. Indiana State University.

Halaman ini sengaja dikosongkan.