

Penentuan Rute Pengiriman Beras Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dan *Mixed Integer Linear Programming*

Cahyono Sigit Pramudyo^{1,*}, Hafiztha Aryunda Tanggono¹, dan Muh Hasyim Asy'ari¹

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jalan Marsda Adisucipto Yogyakarta 55281

*Email: cahyono.pramudyo@uin-suka.ac.id

Diterima: 5 Juli 2021, direvisi: 2 September 2021, disetujui: 2 Oktober 2021

Abstrak

Distribusi produk berperan penting dalam kinerja rantai pasok. Proses pendistribusian barang seringkali hanya mengandalkan intuisi pengemudi kendaraan. Hal ini berarti urutan pengiriman ditentukan secara acak menurut kehendak pengemudi. Akibatnya, pengiriman barang menempuh rute yang tidak optimal. Rute yang tidak optimal ini berarti pemborosan bagi kinerja rantai pasok. Untuk mengatasi masalah ini, makalah ini menggunakan kombinasi dua metode untuk menentukan rute pengiriman beras yang meminimumkan total jarak tempuh. Metode pertama yang digunakan termasuk kategori *Metode Heuristic* yaitu *Nearest Neighbour*. Metode kedua berkategori metode optimasi, yaitu *Metode Mixed Integer Linear Programming*. Kombinasi dua metode tersebut diimplementasikan pada masalah pengiriman barang berupa beras Bantuan Pangan Non Tunai (BPNT) yang dilakukan oleh BULOG di wilayah Kota Yogyakarta. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data jarak antar gudang menuju Rumah Pangan Kita (RPK) dan jarak antar RPK serta data permintaan tiap RPK. Pertama, data diolah menggunakan metode *nearest neighbour*. Hasil tahap pertama disebut solusi awal. Selanjutnya, solusi awal diolah menggunakan *Metode Mixed Integer Linear Programming*. Solusi rute menggunakan metode *nearest neighbour* menurunkan jarak sebesar 14,98%. Pengolahan lanjutan menggunakan *Metode Mixed Integer Linear Programming* menambah penurunan jarak sebesar 1,45%.

Kata kunci: Optimasi; Distribusi; Rantai Pasok; *Mixed integer linear programming*.

Abstract

Rice Delivery Determination Route Using Nearest Neighbor Method and Mixed Integer Linear Programming. Product distribution plays an important role in supply chain performance. The process of distributing goods often only relies on the intuition of the vehicle driver. This means that delivery order to be determined randomly according to the driver's wishes. Consequently, the delivery of goods takes a non-optimal route. This non-optimal route means waste for supply chain performance. To solve this problem, this paper uses a combination of two methods to determine the delivery route of goods that minimize the total distance. The first method used belongs to the heuristic method category, namely the *Nearest Neighbour*. The second method is categorized as an optimization method, namely the *mixed integer linear programming* method. The combination of the two methods is implemented in the problem of sending goods in the form of Non-Cash Food Assistance (BPNT) rice carried out by BULOG in the Yogyakarta City area. The data used in this study is data on the distance between warehouses to Rumah Pangan Kita (RPK), the distance between RPKs and demand data for each RPK. Firstly, the data are processed using the *Nearest Neighbour* method. The result of the first stage is called the initial solution. Furthermore, the initial solution is processed using the *mixed integer linear programming* method. The route solution using the *nearest Neighbour* method reduces the distance by 14.98%. Further processing using the *Mixed Integer Linear Programming* method adds a distance reduction of 1.45%.

Keywords: Optimization; Distribution; Supply Chain; *Mixed integer linear programming*.

Pendahuluan

Belakangan ini, perusahaan tidak hanya fokus pada proses produksi. Mereka memperluas perhatiannya pada aktivitas sebelum dan setelah proses produksi. Perhatian ini dikenal sebagai manajemen rantai pasok. Salah satu studi tentang manajemen rantai pasok adalah bagaimana mengoptimalkan pengiriman produk. Salah satu isu penting pada area ini adalah metode mengatur sejumlah rute untuk satu atau beberapa kendaraan dalam rangka mengirimkan

produk. Hal ini dikenal sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP).

Banyak penelitian tentang VRP telah dilakukan. *Model VRP* berkembang dari model yang sederhana sampai kompleks dengan mempertimbangkan variable tertentu. Pengembangan *Model VRP* dengan mempertimbangkan keterbatasan kapasitas kendaraan telah dilakukan oleh para peneliti antara lain Gutierrez et al. (2018), Chen et al. (2018), Helal et al. (2018), Berhan et al. (2014), dan Letchford et

al. (2019). Model ini disebut sebagai *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP).

Berkembangnya isu lingkungan, mendorong munculnya model *green* pada VRP. *Model VRP* yang mempertimbangkan aspek lingkungan dikembangkan oleh Bruglieri, et al. (2019) dan (Wang et al. 2019). *Model Green VRP* dengan mempertimbangkan kapasitas stasiun pengisian bahan bakar dikembangkan oleh Bruglieri, et al. (2019), sedangkan Wang et al. (2019) mengusulkan *Model Green-VRP* dengan mempertimbangkan strategi berbagi sumberdaya transportasi (*resource sharing*).

Berbeda dengan *Model VRP* lainnya yang hanya mempertimbangkan 1 depot/gudang, Domínguez-Martín et al. (2018) mengusulkan *Model VRP* dengan dua depot. Model ini merupakan perkembangan dari *model dasar VRP* satu depot. Dari aspek pelanggan, Shi et al. (2018) mengusulkan *Model VRP* yang memungkinkan satu pelanggan dilayani oleh lebih dari satu kendaraan. Di sisi lain, VRP dengan *Time Window* dikembangkan oleh Liu et al. (2020) dan Savitri et al. (2018) dengan mempertimbangkan waktu pengiriman. *Model VRP* yang lebih kompleks memungkinkan pengiriman menggunakan kombinasi truk dan sepeda bermotor. Model ini dikembangkan oleh Huang et al. (2019). Pada model ini, sepeda bermotor perlu kembali ke lokasi truk untuk pengisian ulang barang yang akan dikirim. Model ini dikenal sebagai *Model Feeder Vehicle Routing Problem* (FVRP).

VRP dipandang sebagai masalah optimasi kombinatorial karena bertujuan untuk menemukan serangkaian rute optimal yang digunakan oleh armada kendaraan untuk melayani permintaan sekelompok pelanggan (Juliandri et al., 2018). Penyelesaian VRP fokus pada pemilihan rute optimal dari seperangkat rute yang tersedia untuk mengirimkan produk berawal dari depot/gudang menuju sejumlah pelanggan menggunakan kendaraan pengangkut. Metode penyelesaian dapat dikategorikan dalam dua kategori yaitu metode optimasi/eksak dan *Metode Heuristic/metaheuristic*. Metode Optimasi/Eksak yaitu *Mixed/Integer Linier Programming*, dan *Dynamic Programming*. Dalam kategori *Metode Heuristic/metaheuristic* yaitu *Ant Colony*, *Nearest Neighbour*, *Tabu Search*, *Saving Matrix* (Clark and Wright), *Algoritma Genetika*, *Algoritma Sweep*, *Algoritma Optimasi Particle Swarm*, dan *Simulated Annealing*. Berbeda dari penelitian yang lain, penyelesaian masalah pada penelitian menggunakan metode gabungan *Algoritma Nearest Neighbour* (NN) dan *Mixed Integer*

Linear Programming (MILP). Kedua metode ini digabungkan yang untuk memudahkan implementasi dan mengoptimalkan rute pengiriman.

Salah satu permasalahan dengan *Model VRP* adalah aktivitas pengiriman beras bantuan pangan non tunai (BPNT). Program pemerintah ini memberikan bantuan non tunai kepada masyarakat. Penerima bantuan disebut sebagai Keluarga Penerima Manfaat (KPM). KPM menerima bantuan melalui akun elektronik. Menggunakan akun ini, KPM membeli bahan pangan di pedagang yang bekerjasama dengan bank, pedagang ini disebut sebagai Rumah Pangan Kita (RPK).

Dalam program BPNT, BULOG berperan sebagai penyalur BPNT berupa beras dengan melakukan pengiriman ke RPK. Mitra pengiriman BULOG mengirimkan beras BPNT dari Gudang menuju RPK. Perintah pengiriman kepada pengemudi truk pelaksana tidak disertai panduan urutan pengiriman, sehingga rute yang ditempuh pengemudi tidak optimal. Rute yang tidak optimal berarti pemborosan bagi kinerja rantai pasok. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute pengiriman beras yang meminimumkan total jarak tempuh menggunakan kombinasi *metode nearest neighbour* dan *mixed integer linear programming*. Rute yang direkomendasikan akan digunakan sebagai panduan bagi pengemudi untuk meningkatkan kinerja rantai pasokan dengan mengurangi pemborosan rute tempuh. Penelitian ini hanya fokus pada pengiriman beras dari Gudang BULOG sebagai *Distribution Center* (DC). Beras dari DC dikirimkan ke RPK. Penelitian ini tidak membahas pengiriman beras sebelum tersimpan di DC dan pembelian beras oleh KPM di RPK.

Metodologi

Penelitian ini dilakukan pada *Distribution Center* (DC) beras BPNT untuk daerah Kota Yogyakarta. Lokasi penelitian beralamat di Jalan Suroto 6 Yogyakarta. Data yang dikumpulkan pada penelitian berupa data primer yaitu data permintaan selama 1 periode (Januari 2019). Data ini diperoleh dari data pesanan setiap RPK. Jenis kendaraan dan kapasitasnya. Jenis kendaraan yang digunakan memiliki kapasitas 2000 Kg. Jalur pengiriman perusahaan. Data jalur pengiriman perusahaan diperlukan sebagai dasar ukuran perbaikan yang dilakukan. Lokasi/alamat RPK. Data lokasi berupa posisi koordinat yang

nantinya akan digunakan untuk pengukuran jarak menggunakan google map.

Selain itu, data sekunder diperoleh berupa lokasi RPK, jarak antar RPK dan DC diperoleh menggunakan *Google Maps*.

Pengolahan data menggunakan *Metode Nearest Neighbour* (NN) dan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP). Pertama, data diolah menggunakan *Metode Nearest Neighbour* untuk menentukan rute pengiriman berdasarkan lokasi terdekat dan kapasitas kendaraan. Keluaran pengolahan data tahap pertama merupakan solusi awal rute pengiriman. Solusi awal kemudian diolah lebih lanjut menggunakan metode MILP untuk mengoptimalkan rute pengiriman.

Pada prinsipnya algoritma NN mengelompokkan RPK yang berjarak saling berdekatan. Tahapan algoritma NN pada penelitian ini alah pertama inisialisasi kapasitas kendaraan terisi = 0. Rute = 0. Selanjutnya, memilih RPK yang berlokasi paling dekat dengan DC dan memperbarui kapasitas kendaraan terisi. Rute = Rute + 1. Melakukan pengecekan apakah kapasitas maksimal kendaraan sudah mencapai batas yaitu 2000 kg (Q). Bila kapasitas kendaraan belum memenuhi kapasitas maksimal, maka iterasi mencari RPK yang memiliki lokasi paling dekat dengan RPK terpilih di poin dua dan memperbarui kapasitas kendaraan terisi. Selanjutnya kembali ke poin tiga. Bila Kapasitas kendaraan terisi lebih dari kapasitas maksimal kendaraan (kapasitas terisi > 2000 kg), maka RPK terpilih dibatalkan dan iterasi mulai dari poin dua.

Penyelesaian masalah VRP menggunakan metode MILP mengacu pada model yang dikembangkan oleh (Gouveia, 1995) dengan penyesuaian. Model penelitian ini menggunakan asumsi jumlah permintaan tiap RPK dapat dipenuhi oleh gudang. Lalu lintas dan kondisi

jalan dalam keadaan normal. Setiap kendaraan memiliki kondisi yang baik Setiap kendaraan dapat melayani semua konsumen Kendaraan berawal dan berakhir di satu depot. Setiap titik RPK dikunjungi tepat satu kali. Setiap titik terhubung satu sama lain dan jarak bolak-balik antar titik adalah sama atau simetris ($d_{ij} = d_{ji}$).

Notasi yang digunakan dalam model matematika penelitian ini adalah sebagai berikut:

- N = Notasi depot dan konsumen
- x = Notasi variabel keputusan rute
- y = Notasi muatan kendaraan
- D = Notasi permintaan konsumen
- Q = Notasi kapasitas kendaraan
- c = Notasi jarak
- i, j = Indeks node (gudang dan konsumen)
- i = Titik pemberangkatan
- j = Titik pemberhentian

Himpunan yang digunakan dalam model matematika penelitian ini adalah sebagai berikut:

N = Himpunan node yang terdiri dari depot dan konsumen. {1, 2, 3, ..., n}

N_c = Himpunan node yang terdiri dari konsumen {2, 3, ..., n}

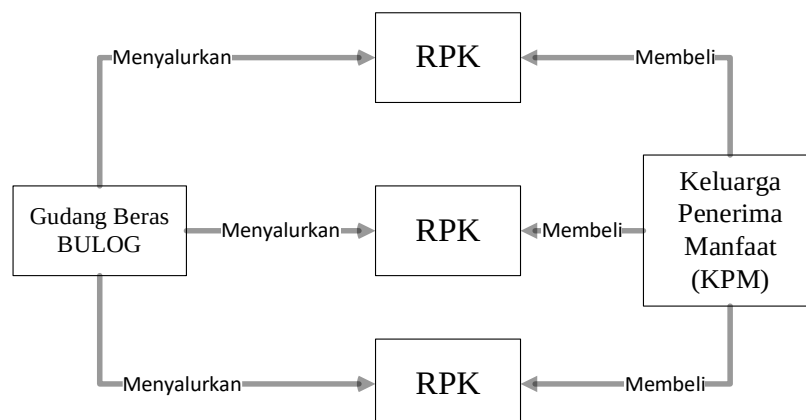
Parameter yang digunakan dalam model matematika penelitian ini adalah sebagai berikut:

D_i = Permintaan untuk tiap konsumen { $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$ }

Q = Kapasitas Kendaraan

c_{ij} = Jarak tempuh dari lokasi i ke j

y_{ij} = Jumlah muatan yang terkirim dari lokasi i ke j



Gambar 1. Alur Pengiriman Beras BPNT.

Tabel 2. Rute Perusahaan

Rute	Urutan	Jarak (km)	Total Kapasitas Terisi (kg)
1	1→20→1	4,4	1.950
2	1→16→9→2→1	12,9	1.710
3	1→14→24→1	10,4	1.250
4	1→23→19→1	7,8	2.000
5	1→22→1	6,8	500
6	1→3→11→1	8,7	1.400
7	1→10→21→1	14,8	1.900
8	1→5→8→12→1	18,8	1.400
9	1→15→13→1	12,2	1.400
10	1→6→4→25→1	18,9	2.125
11	1→7→17→18→1	16,1	2.100
Total		131,8	17735

Sumber (BULOG Divre Yogyakarta, 2019)

Tabel 3. Rute Hasil Nearest Neighbour.

Rute	Urutan	Jarak (km)	Total (kg)
1	1→23→9→15→16→1	12,60	1985
2	1→3→25→22→2→1	8,50	1950
3	1→20→1	4,40	1950
4	1→10→14→1	11,50	1925
5	1→19→18→1	10,10	1900
6	1→4→24→11→1	13,40	2000
7	1→12→6→1	10,40	1950
8	1→13→17→1	8,65	1900
9	1→5→21→8→1	19,7	1125
10	1→7→1	12,8	1050
Total		112,05	17735

Variabel keputusan yang digunakan dalam model matematika penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{menyatakan terjadi perjalan} \\ 0 & \text{menyatakan tidak terjadi perjalan} \end{cases} \quad (1)$$

Fungsi Tujuan:

$$Z = \min \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

Fungsi Kendala:

- 1) Kendaraan yang mengunjungi suatu titik harus meninggalkan titik tersebut.

$$\sum_{i \in N} x_{ik} = \sum_{j \in N} x_{kj} \quad ; \forall k \in N_c \quad (3)$$

- 2) Setiap konsumen hanya dikunjungi tepat satu kali.

$$\sum_{i \in N} x_{ij} = 1 \quad ; \forall j \in N_c \quad (4)$$

- 3) Muatan yang diangkut sesuai dengan permintaan konsumen

$$\sum_{i \in N} y_{ij} - \sum_{i \in N} y_{ji} = D_j \quad ; \forall j \in N_c \quad (5)$$

- 4) Batasan kapasitas kendaraan

$$D_j x_{ij} \leq y_{ij} \leq (Q - D_i) x_{ij} \quad ; \forall i, j \in N \quad (6)$$

- 5) Variabel keputusan bernilai biner (1,0)

$$x_{ij} \in (0, 1) \quad ; \forall i, j \in N \quad (7)$$

Tabel 4. Rute hasil MILP

Rute	Urutan	Jarak (km)	Total (kg)
1	1→23→9→15→16→1	12.60	1985
2	1→2→22→25→3→1	8.50	1950
3	1→20→1	4.40	1950
4	1→14→10→1	11.50	1925
5	1→18→19→1	10.10	1900
6	1→24→4→11→1	13.10	2000
7	1→6→12→1	10.40	150
8	1→13→17→1	8.65	1900
9	1→8→5→21→1	18.1	1125
10	1→7→1	12.8	1050
Total		110.15	17735

Tabel 5. Rute hasil MILP

Metode	Total Jarak (km)	Penurunan Jarak dibanding Perusahaan
BULOG	131,8	-
Nearest Neighbour	112,5	19,75 km (14,98%)
Nearest Neighbour & MILP	110,15	21,65 km (16,43%)

Hasil dan Pembahasan

Untuk wilayah kota Yogyakarta, BULOG melalui *partner*-nya mendistribusikan permintaan beras BPNT. Proses penyaluran beras BPNT dapat digambarkan pada Gambar 1.

Untuk wilayah kota Yogyakarta, terdapat 24 RPK yang tersebar di berbagai tempat. Penelitian menggunakan nama RPK sebagai dasar untuk menentukan posisinya melalui *Google Maps*. Posisi ini dibutuhkan untuk menentukan jarak antara RPK dan DC serta antar RPK. Data permintaan beras BPNT dan posisi RPK ditampilkan pada Tabel 1.

Rute yang digunakan mitra BULOG ditampilkan pada Tabel 2. Pada rute perusahaan, muatan pada rute 10 dan 11 melebihi kapasitas kendaraan. Data jarak dan permintaan diolah menggunakan *Metode Nearest Neighbour*. Pengolahan menghasilkan solusi awal yang ditunjukkan pada Tabel 3. Solusi awal menghasilkan total jarak tempuh sebesar 112,05 km. Solusi ini diolah lebih lanjut menggunakan metode MILP. Pengolahan lanjutan dibantu perangkat lunak LINGO 12. Hasil pengolahan lanjutan ditampilkan pada Tabel 4.

Metode MILP memperbaiki solusi awal dengan merubah rute 6 dan 9 dengan menukar urutan RPK. Perbandingan total jarak tempuh

yang dihasilkan dari rute perusahaan dan rute hasil pengolahan ditampilkan pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, gabungan metode Nearest Neighbour dan MILP menghemat jarak sebesar 16,43% dibandingkan rute perusahaan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, metode Nearest Neighbour menurunkan jarak sebesar 14,98% sehingga total jarak tempuh menjadi 112,05 km. Pengolahan lanjutan menggunakan metode MILP menambah penurunan jarak sebesar 1,45 % sehingga total jarak tempuh menjadi 110,15 km. Jarak yang dihemat sebesar 21,65 km menggunakan gabungan *Metode Nearest Neighbour* dan MILP.

Untuk ke depan, hasil penelitian ini dapat direalisasikan dalam bentuk aplikasi berbasis android agar dapat digunakan sebagai petunjuk bagi pengemudi dalam melakukan pengiriman barang. Selain itu, metode lain dapat diimplementasikan pada set data yang sama untuk menemukan solusi yang lebih optimal.

Ucapan Terima Kasih

Dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Manajemen Transportasi Multimoda atas kesempatan yang

diberikan sehingga penelitian ini dapat diterbitkan.

Daftar Pustaka

- Berhan, Eshetie, Birhanu Beshah, Daniel Kitaw, and Ajith Abraham. 2014. "Stochastic Vehicle Routing Problem: A Literature Survey." *Journal of Information and Knowledge Management* 13 (3). <https://doi.org/10.1142/S0219649214500221>.
- Bruglieri, M., S. Mancini, and O. Pisacane. 2019. "The Green Vehicle Routing Problem with Capacitated Alternative Fuel Stations." *Computers and Operations Research* 112. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.07.017>.
- Chen, Lijian, Wen Chyuan Chiang, Robert Russell, Jun Chen, and Dengfeng Sun. 2018. "The Probabilistic Vehicle Routing Problem with Service Guarantees." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 111 (January): 149–64. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.01.012>.
- Domínguez-Martín, Bencomo, Inmaculada Rodríguez-Martín, and Juan José Salazar-González. 2018. "The Driver and Vehicle Routing Problem." *Computers and Operations Research* 92: 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.12.010>.
- Gouveia, Luis. 1995. "A Result on Projection for the Vehicle Routing Problem." *European Journal of Operational Research*. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)00025-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00025-8).
- Gutierrez, Andres, Laurence Dieulle, Nacima Labadie, and Nubia Velasco. 2018. "A Hybrid Metaheuristic Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Stochastic Demands." *Computers and Operations Research* 99: 135–47. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.06.012>.
- Helal, Nathalie, Frédéric Pichon, Daniel Porumbel, David Mercier, and Éric Lefèvre. 2018. "The Capacitated Vehicle Routing Problem with Evidential Demands." *International Journal of Approximate Reasoning* 95: 124–51. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2018.02.003>.
- Huang, Ying Hua, Carola A. Blazquez, Shan Huen Huang, Germán Paredes-Belmar, and Guillermo Latorre-Núñez. 2019. "Solving the Feeder Vehicle Routing Problem Using Ant Colony Optimization." *Computers and Industrial Engineering* 127 (October 2018): 520–35. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.037>.
- Juliandri, Dedy, Herman Mawengkang, and F. Bu' Ulo. 2018. "Discrete Optimization Model for Vehicle Routing Problem with Scheduling Side Constraints." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 300 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/300/1/012024>.
- Letchford, Adam N., and Juan José Salazar-González. 2019. "The Capacitated Vehicle Routing Problem: Stronger Bounds in Pseudo-Polynomial Time." *European Journal of Operational Research* 272 (1): 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.06.002>.
- Liu, Changshi, Gang Kou, Xiancheng Zhou, Yi Peng, Huyi Sheng, and Fawaz E. Alsaadi. 2020. "Time-Dependent Vehicle Routing Problem with Time Windows of City Logistics with a Congestion Avoidance Approach." *Knowledge-Based Systems* 188: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2019.06.021>.
- Savitri, H., and D. A. Kurniawati. 2018. "Sweep Algorithm and Mixed Integer Linear Program for Vehicle Routing Problem with Time Windows." *Journal of Advanced Manufacturing Systems* 17 (4): 505–13. <https://doi.org/10.1142/S0219686718500282>.
- Shi, Jianli, Jin Zhang, Kun Wang, and Xin Fang. 2018. "Particle Swarm Optimization for Split Delivery Vehicle Routing Problem." *Asia-Pacific Journal of Operational Research* 35 (2). <https://doi.org/10.1142/S0217595918400067>.
- Wang, Yong, Kevin Assogba, Jianxin Fan, Maozeng Xu, Yong Liu, and Haizhong Wang. 2019. "Multi-Depot Green Vehicle Routing Problem with Shared Transportation Resource: Integration of Time-Dependent Speed and Piecewise Penalty Cost." *Journal of Cleaner Production* 232: 12–29. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.344>.