



ABSTRACT

In the context of two-echelon delivery, trucks are used for supplies the intermediate depots, namely satellites, and small vehicles are used to deliver demands to the end customers. In this research, we introduce the crowdsourcing transportation system into the two-echelon delivery system. The crowdsourcing system is modelled as occasional drivers (ODs) that traveling around the distribution system. Occasional drivers are independent drivers that have their origin and destination in the system and also willingly transport one or more parcels to another individual (customer) with a relative small payment. We define this problem as the two-echelon vehicle routing problem with occasional drivers (2E-VRPOD). ODs could utilize their available capacity and pick-up the item from meeting points with second echelon vehicles or satellites, which are already supplied by first echelon vehicles. This problem modelled the ODs would serve the demand depend on the cost and the reward. This mode offers greater flexibility by providing more options to the decision-maker. It could lower transportation costs and require less capital investment than a traditional sourcing approach.

To define this problem, we extend the well-known 2E-VRP instances with adding set of meeting points and set of OD. In this research, we formulate this problem as a mixed-integer programming (MIP) and develop a mathematical model that can solve by GUROBI solver for small instances and an adaptive large neighborhood search algorithm to handle large instances. In general, this study shows that utilizing the OD's in a two-echelon last-mile delivery distribution system takes advantage of cost-saving and environmental causes where the total transportation route in the system reduced.

The result shows that 2E-VRPOD results outperform the 2E-VRP results by about 7% up to 36% in our set up OD parameter condition. To give a better perspective on utilizing OD delivery, we provide sensitivity analysis into OD parameters to see its impact on the objective function and number of OD used. In our analysis and comparison, we also include the solution obtained when no meeting points available and the solution when there is no possible meeting point to see the impact of it in 2E-VRPOD problem.

Keywords: city logistics, crowd-shipping logistics, two-echelon vehicle routing problem, occasional drivers, transshipment nodes.



INTISARI

Dalam konteks *two-echelon* delivery, kendaraan truk digunakan untuk menyuplai depot perantara, yang disebut satelit. dan kendaraan yang lebih kecil digunakan untuk mendeliverikan permintaan kepada pelanggan akhir. Dalam riset ini, kami memperkenalkan sistem transportasi berbasis *crowdsourcing* ke dalam sistem *two-echelon* delivery. Sistem *crowdsourcing* ini dimodelkan dengan *occasional drivers* (OD) yang berkendara di sekitaran area sistem distribusi. OD adalah pengendara independen yang memiliki asal dan tujuan tersendiri di dalam sistem dan memiliki kesediaan untuk mentransportasikan satu atau lebih parcel kepada individu lain (*customer*) dengan imbalan yang relatif rendah. Kami mendefinisikan permasalahan ini sebagai *two-echelon vehicle routing problem with occasional drivers* (2E-VRPOD). OD dapat memanfaatkan kapasitas mereka yang tersedia dan mengambil parcel pada lokasi pertemuan dengan kenderaan sekunder milik perusahaan atau di lokasi satelit yang telah disuplai oleh kendaraan primer. Masalah ini dimodelkan dengan OD akan bersedia mengirimkan parcel berdasarkan biaya dan imbalan yang didapatkan. Mode ini menawarkan fleksibilitas yang lebih tinggi dengan memberikan pilihan yang lebih banyak kepada pengambil keputusan. Mode ini dapat menurunkan biaya transportasi dan membutuhkan biaya investasi yang lebih kecil dari pada mode pendekatan tradisional.

Untuk mendefinikan permasalahan ini, kami mengembangkan yang telah banyak dikenal yaitu 2E-VRP dengan menambahkan set lokasi pertemuan dan set OD. Dalam riset ini, kami memformulasikan masalah ini kedalam bentuk *mixed-integer programming* (MIP) dan mengembangkan model matematis yang dapat diselesaikan dengan solver GUROBI untuk permasalahan skala kecil dan algoritma *adaptive large neighborhood search* (ALNS) untuk menangani permasalahan skala besar. Secara general, studi ini menunjukkan bahwa pemanfaatan OD dalam *two-echelon* delivery sistem memiliki banyak keuntungan dalam penghematan biaya dan dampak lingkungan dimana total rute transportasi dalam sistem berkurang.

Hasil komputasi menunjukkan hasil 2E-VRPOD jauh mengungguli hasil 2E-VRP sebesar 7 hingga 36% dalam kondisi parameter OD yang kami tentukan. Untuk memberikan perspektif yang lebih baik dalam pemanfaatan OD, kami melakukan sensitivitas analisis kepada parameter OD untuk melihat pengaruhnya terhadap fungsi tujuan dan jumlah OD yang dipekerjakan. Dalam analisis dan komparasi kami, kami mengikutsertakan solusi yang diperoleh saat ada titik pertemuan yang tersedia dan solusi saat tidak ada titik temu yang memungkinkan untuk melihat dampaknya dalam masalah 2E-VRPOD.

Kata kunci: city logistics, crowd-shipping logistics, two-echelon vehicle routing problem, occasional drivers, transshipment nodes.