** *APLIKASI OPEN-SOURCE SPREADSHEET SOLVER PADA MASALAH ROUTING KENDARAAN DISTRIBUSI VAKSIN***

***Olyvia Novawanda1, a), Indri Hapsari2, Pelintia Indriya3 and Mikhael Kevin Sasmit4***

*123Industrial Engineering Department, Universitas Surabaya Raya Kalirungkut, Surabaya 60293, East Java, Indonesia*

Received: 4 April 2023. Accepted: 25 Mei 2023 Published: 30 Juni 2023

**Abstrak.** Vehicle Routing Problem (VRP) adalah salah satu masalah optimisasi yang paling umum ditemui dalam bidang logistik. Tulisan ini menyajikan penerapan open source spreadsheet solver untuk masalah rute kendaraan dalam distribusi vaksin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan solusi optimal dalam pendistribusian vaksin dengan waktu kerja dan jumlah armada sebagai batasan. Berdasarkan hasil perhitungan, untuk melayani 101 pelanggan dengan enam belas kendaraan, total waktu kerja (WT) 13 jam untuk depot A dan B, total waktu kerja (WT) 12 jam untuk depot C, dan total waktu kerja 9 jam untuk depot D. WT 13 jam (depot A dan B), WT 12 jam (depot C), dan WT 9 jam (depot D) semuanya memberikan hasil yang feasible, sedangkan WT 10 jam untuk semua depot menghasilkan hasil yang tidak feasible untuk pelanggan 9, pelanggan 16, pelanggan 39, pelanggan 40, dan pelanggan 67.

*Keyword: vehicle routing problem, rice distribution, spreadsheet solver*

**Abstract.** *The Vehicle Routing Problem (VRP) is one of the most common optimization problems encountered in logistics. This paper presents the application of an open source spreadsheet solver to a vehicle routing problem in vaccine distribution. The objective of this research is to find the optimal solution for vaccine distribution with working time and number of fleet as a constraint. Based on computational result, to serve 101 customers with sixteen vehicles, a total working time (WT) of 13 hours for depots A and B, a total working time (WT) of 12 hours for depot C, and a total working time (WT) of 9 hours for depot D. WT 13 hours (depots A and B), WT 12 hours (depot C), and WT 9 hours (depot D) all yielded feasible results, whereas WT 10 hours for all depots yielded infeasible results for customer 9, customer 16, customer 39, customer 40, dan customer 67.*

*Kata Kunci: vehicle routing problem, rice distribution, spreadsheet solver*

1. **Pendahuluan**

Pandemi Covid-19 yang muncul sejak awal tahun 2020 telah mempengaruhi banyak sektor kehidupan. Pandemi Covid-19 telah berdampak drastis pada ekonomi, sistem perawatan kesehatan, dan industri, di seluruh dunia (Sun, Andoh dan Yu, 2021). Secara global, 593.269.262 kasus terkonfirmasi COVID-19, termasuk 6.446.547 kematian (WHO, 2022a). Sedangkan di Indonesia angka kematian mencapai 157.396 kematian (WHO, 2022b). Covid-19 disebabkan oleh novel coronavirus yang pertama kali ditemukan di Wuhan pada Desember 2019, dan sejak itu penyebaran virus ini semakin meluas, hingga pada Januari 2020 WHO menyatakan Covid-19 sebagai pandemi. Menyikapi hal tersebut, sederet upaya telah dilakukan WHO sejak novelcoranavirus pertama kali ditemukan, mulai dari penerbitan pedoman pencegahan dan pengendalian infeksi, travel advice, pemeriksaan laboratorium, pedoman home care untuk pasien suspek infeksi, himbauan untuk penggunaan masker, dan sebagainya. Vaksin diberikan untuk mengembangkan kekebalan terhadap penyakit tertentu (Duijzer, van Jaarsveld and Dekker, 2018). WHO juga telah bekerja sama dengan beberapa pemangku kepentingan untuk mempercepat pengembangan vaksin Covid-19 dan memastikan ketersediaannya di dunia (Sun, Andoh and Yu, 2021). WHO menyatakan bahwa pada tahun pertama peluncurannya, vaksin COVID-19 diperkirakan telah menyelamatkan sekitar 19,8 juta jiwa (WHO, 2022c).

Menurut WHO, meskipun rata-rata negara saat ini telah mencapai 60% populasi yang menerima vaksinasi, hanya sekitar 28% populasi lansia dan 37% tenaga kesehatan yang telah menerima dosis pertama vaksin. Selain itu, 27 anggota WHO melaporkan belum mengadopsi program vaksinasi ulang atau vaksin dosis tambahan (WHO,2022c). Dalam ‘Strategi Vaksinasi Covid-19 Global dalam Dunia yang Berubah’ yang diterbitkan pada Juli 2022, WHO menyatakan bahwa untuk pemberian vaksin, upaya perlu dilanjutkan dan peningkatan pendekatan pengiriman untuk menerapkan vaksinasi untuk orang dewasa.

Meskipun gangguan rantai pasokan signifikan yang disebabkan oleh bencana alam selama dekade terakhir, termasuk letusan gunung berapi Islandia, gempa bumi dan tsunami Jepang, banjir Thailand, serta Badai Maria dan Harvey, sebagian besar bisnis tidak siap menghadapi wabah Covid-19. 70% dari 300 responden survei yang dilakukan oleh Resilinc pada akhir Januari dan awal Februari, segera setelah wabah Covid-19 di China, melaporkan bahwa mereka masih dalam tahap pengumpulan dan penilaian data, secara manual mencoba mengidentifikasi pemasok mana memiliki situs di wilayah tertentu di China yang dikunci. Ada banyak penyebab dan perawatan potensial untuk masalah ini. Saat mereka berjuang untuk menghadapi langkah- langkah reaksi global dan pandemi Covid-19, sebagian besar tim pengadaan telah berusaha untuk mengikuti berita tentang bahan baku dan komponen yang aman dan untuk menjaga jalur pasokan. Namun demikian, informasi penting seringkali tidak tersedia atau tidak dapat diakses oleh tim mereka. Banyak dari perusahaan mereka saat ini menderita beban krisis sebagai akibat dari tanggapan mereka yang tidak direncanakan dan reaktif terhadap gangguan (Thomas Y Choi, Dale Rogers dan Bindiya Vakil, 2020).

Menyusul resolusi krisis Covid-19, bisnis akan masuk dalam salah satu dari dua kategori. Bisnis yang tidak melakukan langkah mitigasi karena berpikir bahwa gangguan semacam ini tidak akan terjadi lagi, dan perusahaan yang belajar dari krisis akibat Covid-19 ini (Thomas Y Choi, Dale Rogers and Bindiya Vakil, 2020). Diperlukan miliaran dolar untuk berinvestasi, mengembangkan, dan mendistribusikan vaksin. Oleh karena itu, sangat penting bagi negara-negara untuk mengintegrasikan upaya imunisasi COVID-19 di semua sistem pengiriman yang dapat diakses dalam kerangka waktu terbatas dan dengan biaya terendah.

1. **Metodologi**

Metode dalam studi ini adalah penerapan *Open-Source Spreadsheet Solver* untuk mengurangi jarak tempuh dengan menentukan rute yang optimal. Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan koordinat 101 kabupaten/kota di pulau Jawa dari Bing.com, yang selanjutnya disebut sebagai konsumen 1 sampai dengan 101. Latitude dan longitude digunakan untuk menjamin keakuratan lokasi konsumen (Sahroni et al. , 2018). Tabel berikut berisi koordinat geografis 17 dari 101 pelanggan.

***Table 1. Location Worksheet***

| **Location ID** | **Name** | **Address** | **Latitude (y)** | **Longitude (x)** | **Time****window start** | **Time****window end** | **Must be visited?** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | Depot A | Cipanjalu,kecamatan cilengkrang,kabupaten bandung | -6,84398 | 107,7299200 | 00.00 | 23.59 | Starting location |
| 1 | Depot B | Jl.Ahmad Yani No. 118, Ketintang, Kecamatan Gayungan, Kota Surabaya, JawaTimur, 60231 | - 7,3291800 | 112,7312800 | 00.00 | 23.59 | Starting location |
| 2 | Depot C | Jl. Pandanaran No.79, Mugassari, Kec.Semarang Sel., Kota Semarang, Jawa Tengah 50249  | - 6,9869900 | 110,4156000 | 00.00 | 23.59 | Starting location |
| 3 | Depot D | Jl. Kesehatan No.10, Petojo Selatan, Kecamatan Gambir, Kota Jakarta Pusat,Jakarta | - 6,1717574 | 106,8151901 | 00.00 | 23.59 | Starting location |
| 4 | Customer1 | Kota Bandung,Jawabarat | -6,9021640 | 107,6191101 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 5 | Customer2 | Kabupaten BandungBarat,Jawa barat | -6,8393002 | 107,5119019 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 6 | Customer3 | KabupatenBekasi,Jawa barat | -6,2150550 | 107,1205292 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 7 | Customer4 | KabupatenBogor,Jawa barat | -6,5469098 | 106,5882187 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 8 | Customer5 | KabupatenCiamis,Jawa barat | -7,2989898 | 108,4453659 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 9 | Customer6 | KabupatenCianjur,Jawa barat | -7,1261282 | 107,1594696 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 10 | Customer7 | KabupatenCirebon,Jawa barat | -6,6651731 | 108,4529495 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 11 | Customer8 | KabupatenGarut,Jawa barat | -7,3559651 | 107,7846222 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 12 | Customer9 | KabupatenIndramayu,Jawa barat | -6,4485540 | 108,1683731 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 13 | Customer10 | KabupatenKarawang,Jawa barat | -6,2571712 | 107,3501282 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 14 | Customer11 | KabupatenKuningan,Jawa barat | -6,9989839 | 108,5581512 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 15 | Customer 12 | Kabupaten Majalengka,Jawabarat | - 6,8141298 | 108,2569046 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 16 | Customer 13 | Kabupaten Pangandaran,Jawabarat | - 7,6424360 | 108,4984131 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 17 | Customer14 | KabupatenPurwakarta,Jawa barat | -6,5843759 | 107,4441757 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 18 | Customer15 | KabupatenSubang,Jawa barat | -6,4803252 | 107,7331085 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 19 | Customer16 | KabupatenSukabumi,Jawa barat | -7,0703158 | 106,7070084 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |
| 20 | Customer17 | KabupatenSumedang,Jawa barat | -6,8245249 | 107,9810257 | 00.00 | 23.59 | Must be visited |

Setelah selesainya konsol *solver* dan lembar kerja lokasi, lembar kerja jarak ditentukan. Di lembar kerja jarak, jarak dan durasi untuk rute terpendek dihitung secara otomatis. Lembar kerja ini menghitung jarak dan waktu perjalanan antara setiap pasang titik yang ditentukan pada lembar kerja Lokasi. Pada penelitian ini, 16 unit *Cold Diesel Double Box Truck* ditugaskan untuk melayani 101 konsumen. Tabel 2 adalah tangkapan layar dari lembar kerja sampel lokasi.

***Table 2. Sample Locations Worksheet***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **From** | **To** | **0** | **0** |
| Depot A | Depot A | 0,00 | 0.00 |
| Depot A | Depot B | 708,47 | 9.04 |
| Depot A | Depot C | 372,49 | 6.09 |
| Depot A | Depot D | 190,90 | 3.22 |
| Depot A | Customer 1 | 20,21 | 1.12 |
| Depot A | Customer 2 | 39,49 | 1.45 |
| Depot A | Customer 3 | 152,39 | 3.34 |
| Depot A | Customer 4 | 225,57 | 5.28 |

Setiap kendaraan memiliki batas jarak tempuh hingga 1000 kilometer dan batas waktu kerja per kendaraan adalah 10 jam. Diasumsikan bahwa kendaraan mengisi bahan bakar semalaman dan jarak tempuh bahan bakar cukup untuk perjalanan satu hari. Lembar kerja Kendaraan berisi informasi tentang jenis kendaraankapasitas, waktu kerja, jumlah kendaraan, dan batas waktu mengemudi seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Starti ng depot** | **Vehic le type** | **Capaci ty** | **Fixe d cost per****trip** | **Cost per unit distan****ce** | **Duratio n multipli er** | **Distan ce limit** | **Wor k start time** | **Drivin g time limit** | **Worki ng time limit** | **Retur n depot** | **Numb er of vehicle s** |
| Depot A | Truk Cold Diesel Doubl e Box | 1 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1000,00 | 07.00 | 13.00 | 10.00 | Depot A | 5 |
| Depot B | Truk Cold Diesel Double Box | 1 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1000,00 | 07.00 | 13.00 | 10.00 | Depot B | 6 |
| Depot C | Truk Cold Diesel Double Box | 1 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1000,00 | 07.00 | 12.00 | 10.00 | Depot C | 4 |
| Depot D | Truk Cold Diesel Doubl e Box  | 1 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1000,00 | 07.00 | 9.00 | 10.00 | Depot D | 1 |

1. **Hasil dan Pembahasan**

Solusi untuk masalah dapat ditemukan pada lembar kerja solusi. Lembar kerja ini dibuat untuk memuat daftar perhentian untuk setiap kendaraan yang ditentukan dalam Lembar Kerja Kendaraan. Dengan menggunakan informasi di Lembar Kerja Lokasi mengenai waktu layanan dan jumlah penjemputan/pengiriman, serta jarak dan durasi di Lembar Kerja Jarak, untuk menghitung waktu keberangkatan/kedatangan dan biaya perjalanan antar pelanggan. Algoritma solusi VRP Spreadsheet Solver dimulai dengan pemeriksaan kelayakan dan pencarian alasan ketidaklayakan. Pencarian mencakup data pelanggan dan semua batasan yang ditetapkan. Total jam kerja dan jumlah kendaraan menjadi batasan dalam penelitian ini. Eksperimen dilakukan dengan total waktu kerja 10 jam untuk semua depo, total waktu kerja (WT) 13 jam untuk depo A dan B, total waktu kerja (WT) 12 jam untuk depot C, dan total waktu kerja (WT) 9 jam untuk depo D. WT 13 jam (depot A dan B), WT 12 jam (depot C), dan WT 9 jam (depot D) semuanya memberikan hasil yang layak, sedangkan WT 10 jam untuk semua depot menghasilkan hasil yang tidak layak. hasil untuk pelanggan 9, 16, 39, 40, dan 67. Hal ini menunjukkan bahwa total waktu kerja mempengaruhi rute.

1. **Kesimpulan**

Usulan studi ini adalah memecahkan masalah rute kendaraan menggunakan *open-source spreadsheet solver* serta menunjukkan bahwa *solver* spreadsheet dapat menghasilkan total waktu kerja dan rute optimal yang memenuhi batasan-batasan yang telah ditentukan. Ditemukan bahwa waktu kerja depo menjadi salah satu kendala yang harus dibenahi agar semua pelanggan bisa terlayani. Dengan membatasi jam operasional, semua depot menjadi sepuluh jam, lima pelanggan tidak dapat dilayani dalam kasus ini.

**Daftar Pustaka**

* 1. Desaulniers, G., Madsen, O. B. G., & Ropke, S. (2014). Chapter 5: The Vehicle Routing Problem with Time Windows. In *Vehicle Routing*. <https://doi.org/10.1137/1.9781611973594.ch5>
	2. Duijzer, L. E., van Jaarsveld, W. and Dekker, R. (2018) ‘Literature review: The vaccine supply chain’, *European Journal of Operational Research*, 268(1), pp. 174–192. doi: 10.1016/j.ejor.2018.01.015.
	3. Erdoğan, G. (2017) ‘An open source Spreadsheet Solver for Vehicle Routing Problems’, *Computersand Operations Research*, 84, pp. 62–72. doi: 10.1016/j.cor.2017.02.022.
	4. Fadaki, M. *et al.* (2022) ‘Multi-period vaccine allocation model in a pandemic: A case study of COVID-19 in Australia’, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 161(March), p. 102689. doi: 10.1016/j.tre.2022.102689.
	5. Li, B., Guo, H. and Peng, S. (2022) ‘Impacts of production, transportation and demand uncertainties in the vaccine supply chain considering different government subsidies’, *Computers and Industrial Engineering*, 169(March). doi: 10.1016/j.cie.2022.108169.
	6. Lin, Q., Zhao, Q. and Lev, B. (2020) ‘Cold chain transportation decision in the vaccine supply chain’,

*European Journal of Operational Research*, 283(1), pp. 182–195. doi: 10.1016/j.ejor.2019.11.005.

* 1. Mohammadi, M. *et al.* (2022) ‘Bi-objective optimization of a stochastic resilient vaccine distribution network in the context of the COVID-19 pandemic R’, *Omega*, 113, p. 102725. doi: 10.1016/j.omega.2022.102725.
	2. Sahroni, T. R. *et al.* (2018) ‘Application of an open source spreadsheet solver in single depot routing problem’, *International Journal of Supply Chain Management*, 7(6), pp. 375–381.
	3. Sun, J. *et al.* (2022) ‘COVID 19 vaccine distribution solution to the last mile challenge: Experimental and simulation studies of ultra-low temperature refrigeration system’, *International Journal of Refrigeration*, 133(September 2021), pp. 313–325. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2021.11.005.
	4. Sun, X., Andoh, E. A. and Yu, H. (2021) ‘A simulation-based analysis for effective distribution of COVID-19 vaccines: A case study in Norway’, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 11, p. 100453. doi: 10.1016/j.trip.2021.100453.
	5. Thomas Y Choi, Dale Rogers and Bindiya Vakil (2020) ‘Coronavirus Is a Wake-Up Call for Supply Chain Management’, *Harvard Business Review*, (February 2019), pp. 1–13. Available at: <https://hbr.org/2020/03/coronavirus-is-a-wake-up-call-for-supply-chain-management>.
	6. Yeun, L. C. *et al.* (2008) ‘Vehicle Routing Problem : Models and Solutions’, *Journal of Quality Measurement and Analysisi*, 4(1), pp. 205–218.
	7. Zaffran, M. *et al.* (2013) ‘The imperative for stronger vaccine supply and logistics systems’, *Vaccine*, 31(SUPPL2), pp. B73–B80. doi: 10.1016/j.vaccine.2012.11.036.
	8. WHO, 2022a, Coronavirus (COVID-19) dashboard. URL [https://covid19.who.int](https://covid19.who.int/) . (Accessed August 2022)
	9. WHO, 2022b, Coronavirus (COVID-19) dashboard. URL <https://covid19.who.int/region/searo/country/id>. (Accessed August 2022)
	10. WHO, 2022c, WHO releases global COVID-19 vaccination strategy update to reach unprotected. URL [https://www.who.int/news/item/22-07-2022-who-releases-global-covid-19-vaccination-](https://www.who.int/news/item/22-07-2022-who-releases-global-covid-19-vaccination-strategy-update-to-reach-unprotected) [strategy-update-to-reach-unprotected](https://www.who.int/news/item/22-07-2022-who-releases-global-covid-19-vaccination-strategy-update-to-reach-unprotected) . (Accessed July 2022).