

OPTIMISASI DISTRIBUSI PADA LOGISTIK RANTAI DINGIN: TINJAUAN PUSTAKA

Yuniar Dwi Astuti¹, Nur Mayke Normasari²

^{1,2}Universitas Gadjah Mada

e-mail :¹yuniardwi2020@mail.ugm.ac.id,²mayke@ugm.ac.id

ABSTRACT

Products such as pharmaceuticals, frozen foods, and short-lived products that are sensitive to temperature, humidity, and food lighting. Important factor in maintaining cold chain products is strict care at every major distribution point in the cold chain so that proper distribution will provide good chain quality. Therefore, it is very important to understand current research trends and future directions for distributed cold chain logistics using a structured approach known as systematic literature review (SLR). The results of the articles collected were 30 articles where the most publications occurred in 2021 that is 11 articles. From the 30 articles published in 21 different scientific journals. This study also succeeded in looking at how to optimize modelling on cold chain distributions such as vehicle routing problems and location routing problems. In addition, the model developed also does not have a single objective but also has multiple objectives, such as minimizing costs, time and minimizing carbon emissions, so that the modelling of the logistics distribution cold chain develops its focus is not only on economic benefits but also environmental focus.

Keywords : distribution, optimization, cold chain, literature review

INTISARI

Produk seperti produk farmasi, makanan dingin, makanan beku, dan produk berumur pendek yang sensitif terhadap suhu, kelembaban, dan intensitas pencahayaan. Faktor penting dalam menjaga produk rantai dingin adalah perawatan yang benar di setiap titik distribusi utama dalam rantai dingin sehingga jalur distribusi yang tepat akan memberikan kualitas produk rantai dingin yang baik. Oleh karena itu, sangat penting untuk memahami tren penelitian saat ini dan arah masa depan untuk distribusi logistik rantai dingin menggunakan pendekatan terstruktur yang disebut sebagai systematic literature review (SLR). Hasil artikel yang terkumpul adalah sebanyak 30 artikel dimana publikasi paling banyak terjadi pada tahun 2021 yaitu sebanyak 11 artikel. Dari 30 artikel diterbitkan di 21 jurnal ilmiah berbeda. Studi ini juga berhasil melihat bagaimana pemodelan optimasi pada distribusi rantai pasok dingin seperti vehicle routing problem dan location-routing problem. Selain itu, model yang dikembangkan juga tidak hanya single-objective tetapi juga multi-objective seperti meminimasi biaya, waktu, serta meminimasi emisi karbon sehingga pemodelan pada distribusi logistik rantai dingin ini berkembang fokusnya tidak hanya pada manfaat ekonomi tetapi juga fokus lingkungan.

Kata kunci : distribusi, optimasi, rantai dingin, tinjauan pustaka

1. PENDAHULUAN

Produk seperti produk farmasi, makanan dingin, makanan beku, dan produk berumur pendek yang sensitif terhadap suhu, kelembaban, dan intensitas pencahayaan memerlukan rantai pasokan dingin untuk mengelola perubahan lingkungan. Perubahan dan fluktuasi lingkungan mengurangi kualitas produk dan dengan demikian memiliki efek negatif pada kesehatan konsumen (Tsang et al., 2018). Rantai pasokan berpendingin atau “cold chain” sangat penting untuk menjaga kualitas produk yang mudah rusak dengan mencegah pembusukan produk dan mempertahankan nilainya (Heard & Miller, 2016). Sistem rantai dingin merupakan salah satu jenis rantai pasok dimana prosesnya bertujuan untuk menjaga suhu agar produk tetap terjaga selama proses distribusi. Sistem rantai dingin semakin penting dan dibutuhkan disaat situasi *emergency* seperti saat pandemi Covid-19 dimana vaksin, obat-obatan, serta darah yang harus didistribusikan meningkat tajam (Yang et al., 2022). Selain itu, risiko kenaikan suhu merupakan pertimbangan penting untuk semua produk *emergency* terutama vaksin, terlebih

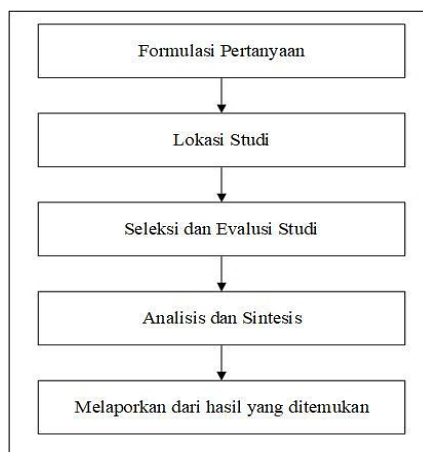
lagi untuk vaksin COVID-19 yang memiliki persyaratan suhu khusus, permintaan tinggi, serta pasokan terbatas (Zabinsky et al., 2022).

Faktor penting dalam menjaga produk rantai dingin adalah perawatan yang benar di setiap titik distribusi utama dalam rantai dingin sehingga jalur distribusi yang tepat akan memberikan kualitas produk rantai dingin yang baik. Aplikasi rantai dingin memerlukan ketersediaan beberapa fasilitas khusus, baik dalam proses penyimpanan maupun distribusi. Dalam proses penyimpanan, diperlukan mesin penyimpanan dingin dan beku; sedangkan dalam proses pendistribusiannya membutuhkan armada angkut berpendingin (kapal induk, pesawat terbang dan kendaraan) (Vrat et al., 2018). Karena produk-produk dalam rantai dingin sangat mudah rusak, kontrol suhu di seluruh proses sangat penting (Jing, 2019). Hal ini selanjutnya akan menyebabkan biaya operasi yang tinggi dan penurunan kualitas produk yang mudah rusak (Vrat et al., 2018). Tentunya hal ini membutuhkan perencanaan yang optimal salah satunya untuk rute distribusi logistik rantai dingin sehingga dapat mengurangi biaya distribusi, memastikan kebersihan dan keamanan makanan segar, meningkatkan kepuasan pelanggan, dan diharapkan mampu mengurangi konsumsi energi dan emisi karbon (Z. Zhao et al., 2020).

Penelitian terkait pengoptimalan distribusi rantai dingin telah dilakukan oleh beberapa peneliti akhir-akhir ini. Penelitian tersebut tidak hanya berfokus pada distribusi produk, akan tetapi juga bagaimana rute kendaraan, dimana titik pusat distribusi serta titik permintaan, bahkan beberapa penelitian juga telah mengembangkan arah digitalisasi untuk logistik rantai dingin. Pengelolaan rantai dingin merupakan bidang penelitian yang penting dan masih terus berkembang. Oleh karena itu, sangat penting untuk memahami tren penelitian saat ini dan arah masa depan untuk distribusi logistik rantai dingin. Untuk tujuan ini, peneliti melakukan tinjauan pustaka menggunakan pendekatan terstruktur yang disebut sebagai *systematic literature review* (SLR). Tinjauan pustaka ini diperlukan guna mengelola isu-isu yang menantang dalam rantai dingin dan menyediakan kerangka kerja untuk peneliti dan praktisi mengetahui sejauh mana penelitian terdahulu sehingga mengetahui apa yang perlu dikembangkan dari penelitian-penelitian sebelumnya (Vrat et al., 2018).

2. METODE PENELITIAN

Studi ini melakukan tinjauan pustaka yang sistematis untuk menjelaskan kepada pembaca keputusan mengenai pemilihan basis data, publikasi, kata kunci, periode pencarian, sehingga memungkinkan pembaca untuk mengevaluasi validitas penelitian ini, yaitu jika tinjauan dilakukan dengan benar. Selain itu, memastikan bahwa penelitian ini dapat direplikasi dengan mendokumentasikan proses pencariannya dan memberikan keandalan pada proses pencarian (vom Brocke et al., 2009). Penelitian ini didasarkan pada lima langkah untuk melakukan tinjauan yang diusulkan oleh Denyer & Tranfield (2009).



Gambar 1. Tahapan dari Sistematisa Tinjauan Pustaka

Sumber: Denyer & Tranfield (2009)

Tahap 1: Formulasi Pertanyaan Penelitian

Pada tahap ini, peneliti merumuskan pertanyaan terkait penelitian dengan jelas agar tinjauan literatur dilakukan secara sistematis dan fokus pada topik yang diteliti. Pertanyaan penelitian ini dirumuskan pada beberapa *Research Question* (RQ). Penelitian ini bertujuan untuk menjawab beberapa pertanyaan berikut.

1. Bagaimana penelitian terkait dengan distribusi logistik rantai dingin dalam lima tahun terakhir?
2. Optimasi seperti apa yang telah diterapkan dalam distribusi logistik rantai dingin?

Tahap 2: Lokasi studi

Tahap ini dilakukan pencarian artikel dengan mengidentifikasi kata kunci yang akan dicari sehingga menemukan artikel yang sesuai dengan topik penelitian dan memilih database. Database yang digunakan yaitu website mendeley. Pada umumnya pencarian dilakukan dengan menggunakan nama inisiatif kolaboratif atau akronimnya di bagian utama artikel (judul, abstrak, dan kata kunci) bersama dengan kata kunci “*cold chain*” AND “*distribution optimization*”, diartikel mana saja dengan kriteria artikel berbahasa inggris, ditulis dari tahun 2018-2022, dan merupakan studi empiris serta model konseptual.

Tahap 3: Seleksi dan evaluasi studi

Tahap ini dilakukan dengan menguraikan kriteria inklusi dan eksklusi diuraikan untuk memilih dokumen yang paling penting dan relevan untuk penelitian ini (Colicchia & Strozzi, 2012; Denyer & Tranfield, 2009). Penelusuran dilakukan antara Juli sampai September 2022. Dokumen yang bukan artikel akan dieliminasi untuk meningkatkan kualitas penelitian. Hasil pencarian menggunakan mendeley memunculkan 37 artikel. Artikel duplikat telah dihapus dan hanya teks yang tersedia untuk diunduh yang disimpan. Hal pertama yang dilakukan dalam pemeriksaan adalah dengan membaca judul yang memiliki kata kunci yang sesuai. Selanjutnya peneliti membaca abstrak dan pemeriksaan dengan pembacaan artikel secara penuh.

Tahap 4: Analisis dan sintesis

Tahap ini adalah proses analisis dari jurnal-jurnal yang telah terpilih. Data yang relevan diekstraksi dari literatur, disintesis, dan dievaluasi (Okoli & Schabram, 2012).

Tahap 5: Melaporkan dan menggunakan hasil

Tahap ini merupakan pemaparan temuan hasil dari semua studi terpilih yang secara sistematis dilaporkan dengan tingkat detail setinggi mungkin ke dalam bentuk laporan yang berisi hasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sumber dan metode pencarian

Penelitian terkait dengan distribusi logistik rantai dingin sangat menarik dibahas akhir-akhir ini. Hal ini karena logistik rantai dingin sangat kompleks dan banyak dibutuhkan untuk berbagai produk termasuk vaksin yang banyak dibahas semenjak pandemi Covid-19. Pada tinjauan literatur sistematis ini, setelah dilakukan langkah-langkah dalam mengumpulkan artikel akan dilakukan analisis deskriptif untuk menganalisis dengan pertanyaan 4W (*when, who, what, dan where*), serta menganalisis dan menjawab pertanyaan penelitian.

Pembagian artikel berdasarkan tahun publikasi untuk menjawab pertanyaan “when” artikel tersebut diterbitkan, kemudian pertanyaan “who” untuk mengidentifikasi di mana artikel yang berbeda telah diterbitkan, kemudian pertanyaan “what” untuk menganalisis tujuan serta objek penelitian rantai pasok dingin, dan terakhir adalah pertanyaan “where” untuk menjawab asal negara lembaga dari peneliti penelitian-penelitian tersebut. Dalam penelitian ini, akan dihadirkan dalam beberapa bentuk grafik dan tabel yang menjelaskan kajian pustaka dari 30 artikel yang relevan. Penyajian grafik dimulai dengan pertanyaan "kapan" dan dijelaskan menggunakan distribusi waktu pada Tabel 1.

Tabel 1. Grafik Artikel Ditinjau Berdasarkan Tahun

Tahun	Jumlah Artikel
2018	3
2019	4
2020	10
2021	11
2022	2

Tabel 1 menunjukkan bahwa terjadi tren penelitian yang cukup fluktuatif dari tahun ke tahun dalam 5 tahun terakhir yaitu pada tahun 2018- 2022, dimana terdapat peningkatan dari 2018-2021. Publikasi paling banyak terjadi pada tahun 2021 yaitu sebanyak 11 artikel.

Pada Tabel 2 dibawah memberikan informasi nama jurnal penerbit dari artikel-artikel tersebut untuk menjawab pertanyaan “siapa”, sehingga teridentifikasi di mana artikel diterbitkan. Dari 30 artikel diterbitkan di 21 jurnal ilmiah berbeda. Jurnal yang menerbitkan paling banyak yaitu pada jurnal “*Sustainability*” berjumlah 4 publikasi. Diantara 21 jurnal tersebut, hanya ada 5 jurnal yang memiliki dua atau lebih publikasi terkat distribusi logistik rantai dingin. Selain itu terdapat informasi solusi pendekatan yang digunakan pada setiap jurnal, yaitu pendekatan eksak, heuristik, dan metaheuristik. Dalam banyak karya penelitian, pendekatan solusi yang diusulkan adalah kontribusi utama. Beberapa penulis menggunakan pendekatan eksak untuk mengetahui hasil optimal. Beberapa model yang mengintegrasikan perencanaan kegiatan produksi, penyimpanan dan distribusi umumnya sangat kompleks dari sudut pandang komputasi, oleh karena itu memerlukan pendekatan heuristik. Sementara banyak penelitian yang juga mengembangkan algoritma model hibrida, yang mencakup teknik metaheuristik.

Table 2. Distribusi artikel berdasarkan jurnal

Jurnal	Artikel	Metode (Solusi Pendekatan)
Chen Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications	1	Metaheuristik
Journal on Wireless Communications and Networking	1	Eksak
Sustainability	4	Metaheuristik (4)
OPSEARCH	1	Heuristik
Mathematical Problems in Engineering	3	Eksak (2), Metaheuristik (1)
Discrete Dynamics in Nature and Society	1	Metaheuristik
Institute of Electrical and Electronics Engineers Access	2	Heuristik (1), Metaheuristik (1)
Transportation Research Interdisciplinary Perspectives	1	Eksak & Simulasi
International Journal of Environmental Research and Public Health	3	Heuristik (3)
Mathematical Biosciences and Engineering	1	Heuristik
Journal of Traffic and Transportation Engineering	1	Metaheuristik
Computational Intelligence and Neuroscience	1	Heuristik
International Journal of Metrology and Quality Engineering	1	Heuristik
Applied Sciences	1	Metaheuristik
Resources, Conservation & Recycling	1	Eksak
Complexity	1	Eksak
Gates Open Research	1	Eksak
Wireless Communications and Mobile Computing	1	Metaheuristik
PLoS ONE	1	Metaheuristik
Scientific Programming	2	Eksak (1), Metaheuristik (1)
Mathematics	1	Eksak

Pada tinjauan literatur sistematis ini, batasan penelitian-penelitian yang relevan merupakan penelitian pada optimasi distribusi. Banyak penelitian yang berusaha mengembangkan model dengan fungsi objektif meminimasi biaya seperti Qiang et al. (2020) dan Xiong (2021), sementara Ba et al. (2021) yang meminimasi biaya dan waktu. Terdapat juga penelitian yang membahas terkait optimasi waktu distribusi, pemilihan rute yang optimal (Z. Liu et al., 2021). Terdapat juga penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi rantai dingin dengan biaya terbatas (J. Zhang et al., 2019).

Table 3. Jumlah Artikel Ditinjau Berdasarkan Negara Peneliti

Negara	Jumlah Artikel
China	24
India	1
Arab Saudi	1
Amerika Serikat	1
Switzerland	1
Yunani	1
Republik Ghana	1

Tabel 3 menunjukkan bahwa ada 8 negara, dengan publikasi ilmiah tertinggi yaitu berasal dari Cina (24 artikel), India (1 artikel), Arab Saudi (1 artikel), Amerika Serikat (1 artikel), Switzerland (1 artikel), Republik Ghana (1 artikel), Yunani (1 artikel).

2.2 Optimasi Distribusi Logistik Rantai Dingin

Logistik rantai dingin sering membutuhkan dukungan teknis dalam berbagai tugas, seperti pergudangan, transportasi, dan distribusi (Y.-H. Chen, 2020). Tingkat perkembangan logistik rantai dingin di beberapa negara masih relatif rendah, akan tetapi distribusi logistik rantai dingin memiliki banyak karakteristik, seperti banyak link, jangkauan layanan yang luas, dan jalur distribusi yang kompleks serta tidak tetap. Selain itu, logistik rantai dingin memiliki persyaratan yang ketat untuk kondisi penyimpanan dan suhu transportasi (H. Liu et al., 2018). Tantangan lainnya adalah perbedaan jenis produk, akan ada perbedaan karakteristik distribusi produk makanan dengan produk pertanian bahkan kesehatan yang semuanya membutuhkan penyimpanan dingin selama distribusi. Produk yang berbeda memiliki persyaratan suhu yang berbeda untuk penyimpanan dan transportasi; beberapa memerlukan penyimpanan yang didinginkan, dan beberapa memerlukan penyimpanan hingga beku (Y.-H. Chen, 2020).

Chen (2020) mengembangkan model *vehicle routing problem* yang diselesaikan dengan algoritma *coarse grain parallel genetic* dan aljabar evolusi dari algoritma *classical genetic* dengan produk yang dikirimkan adalah bahan makanan untuk sebuah restaurant. Selain Chen (2020), ada peneliti lainnya seperti H. Liu et al. (2018), Qiang et al. (2020), Xiong (2021), Qin et al. (2019), Wang et al. (2018), J. Chen et al. (2019), Yang et al. (2022), Zhao et al. (2020), dan Hu et al. (2021). Mereka mengembangkan model VRP yang diselesaikan mulai dari solusi eksak hingga solusi metaheuristik (Jing, 2019). Pengembangan model VRP juga mulai banyak mengarah ke *multi-objective*, seperti Yang et al. (2022) yang mengembangkan model VRP *multi-objective* yaitu memaksimalkan ketahanan produk dan meminimalkan biaya dengan hasilnya adalah skema rute optimal dengan mempertimbangkan distribusi prioritas dan konsekuensinya menunjukkan bahwa total biaya dengan mempertimbangkan urgensi permintaan lebih rendah dan tingkat ketahanan lebih kuat.

Selain pengembangan model *vehicle routing problem*, beberapa peneliti juga berusaha mengembangkan model mengenai pusat dan lokasi distribusi seperti Dou et al. (2020), L. Zhang et al. (2021), Yan et al. (2020), Z. Wang et al. (2020), dan S. Wang et al. (2018). Dou et al. (2020) menjelaskan bahwa beberapa pusat distribusi sesuai dengan beberapa titik permintaan, secara khusus dijelaskan sebagai dengan menentukan koordinat lokasi dan persyaratan semua titik permintaan, memilih sejumlah titik permintaan untuk dibangun suatu pusat distribusi, akan membentuk rangkaian daerah distribusi, sehingga total biaya sistem distribusi yang dibangun antara setiap pusat distribusi dan setiap titik permintaan adalah minimum. Terdapat beberapa penelitian yang juga mengembangkan model masalah lokasi dan rute secara bersamaan atau yang biasa disebut *location-routing problem* seperti yang dilakukan Z. Wang et al. (2020) dan S. Wang et al. (2018). S. Wang et al. (2018) mengembangkan model matematika multiobjektif untuk logistik rantai dingin dengan mempertimbangkan manfaat lingkungan yang timbul dari konsumsi bahan bakar dan manfaat sosial seperti kepuasan pelanggan yang timbul dari jendela waktu pelanggan. Tujuan dari model yang dikembangkan adalah minimalisasi total biaya selama optimalisasi *location-routing problem* logistik rantai dingin.

Saat ini banyak penelitian yang mulai menambahkan fokus terhadap manfaat ekonomi dan lingkungan secara bersamaan. Emisi karbon transportasi untuk dalam pendistribusian menyumbang kontribusi besar, terutama di industri logistik rantai dingin (Qi et al., 2019). Gas rumah kaca yang dihasilkan selama transportasi logistik, terutama dari logistik rantai dingin sendiri dapat mencapai 14% di seluruh dunia (Qu & Wu, 2021). Penelitian-penelitian ini telah dilakukan oleh Zhao et al. (2020) yang mengusulkan model optimasi multi-tujuan berdasarkan biaya, emisi karbon dan kepuasan pelanggan. Sementara Sun et al. (2021) mencoba menganalisis berbasis optimasi dan simulasi. Hasil eksperimen mengungkapkan bahwa, secara umum peningkatan ukuran armada akan menyebabkan pengurangan waktu tunggu untuk pengiriman produk dan meningkatkan tingkat layanan serta daya tanggap juga meningkatkan kesetaraan layanan. Liu et al. (2021) mengatakan bahwa kebutuhan akan kualitas produk yang harus terjaga dan batasan waktu dari produk tersebut akan menambah biaya, selain itu karbon emisi dari proses distribusi rantai pasok dingin tidak hanya berasal dari kendaraan itu sendiri akan tetapi juga berasal dari penyimpanan berpendingin dalam kendaraan. Sementara dari hasil analisis pengembangan model *single objective* oleh Hu et al. (2021) jejak karbon logistik rantai dingin pada link transportasi berpendingin adalah penghasil karbon utama. Total jejak karbon meningkat secara signifikan dibandingkan dengan emisi karbon ketika tidak ada persyaratan untuk kesegaran. Semakin tinggi persyaratan kesegaran, semakin besar jejak emisi karbon.

Selain itu, produk-produk pada keadaan *emergency* seperti vaksin, obat-obatan, dan darah menjadi objek penelitian dalam rantai dingin. Secara umum, persediaan medis khusus, seperti darah, vaksin, dan obat-obatan tertentu sangat sensitif terhadap suhu, dan kualitas distribusi rantai dinginnya berkorelasi positif dengan kemanjuran medis. Dalam proses sirkulasi perbekalan kesehatan, logistik rantai dingin jelas penting untuk memastikan efikasi imun dan keamanan perbekalan kesehatan (Shi & He, 2018). Pandemi Covid-19 menjadi tantangan para peneliti untuk melakukan penelitian optimasi distribusi pada vaksin salah satunya vaksin Covid-19. Yang et al. (2022) mengembangkan *multidimensional objective robust vehicle routing problem with soft time windows* (MORVRPTW) dengan sifat-sifat *soft* dan *hard time windows* untuk kebutuhan mendesak pasien yang menerima obat, ketidakpastian permintaan di daerah epidemi, ketidakpastian dari hilangnya khasiat obat secara acak dalam proses mengemudi, dan beban psikologis para pengantar yang memasuki daerah berisiko tinggi. Ba et al. (2021) mengembangkan model matematika meminimalkan total biaya dan mempersingkat waktu pengiriman secara bersamaan untuk distribusi logistik rantai dingin darurat dengan mempertimbangkan permintaan yang tidak pasti. Sementara Zabinsky et al. (2022) mencoba merancang *Route Optimization Tool* (RoOT) untuk digunakan oleh gudang atau fasilitas yang mendistribusikan produk – apakah ada satu gudang provinsi besar atau beberapa fasilitas kesehatan besar yang mendistribusikan ke fasilitas kesehatan yang lebih kecil.

Beberapa penelitian juga mempertimbangkan *multi-product*, hal ini sangat menarik sebelumnya difokuskan pada kompleksitas logistik rantai dingin satu item (Ali et al.2021; Shoji et al., 2022). Hsiao et al. (2018) memodelkan masalah perutean last-mile pada logistik rantai dingin untuk pengiriman buah dan sayuran segar yang melibatkan *vehicle routing problem with time windows* (VRPTW) rantai dingin dengan *multi-product* dan berbagai persyaratan tingkat kualitas makanan dari pelanggan, dan dengan pengaturan suhu untuk kendaraan multi-item dan multitemperatur. Produk pada logistik rantai dingin juga merambah pada *e-commerce*. Seperti Shui & Li (2020) yang mengusulkan mekanisme optimasi kolaboratif, termasuk model penetapan harga baru dan model

perencanaan rute kendaraan rantai dingin baru. Ini bertujuan untuk memastikan kualitas produk segar, mengurangi biaya logistik, dan meningkatkan profitabilitas perusahaan *e-commerce*.

4. KESIMPULAN

Artikel ini merupakan sebuah studi yang dilakukan secara sistematis dengan menggunakan kajian pustaka dan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) digunakan guna menjawab pertanyaan-pertanyaan pada penelitian ini. Kajian pustaka ini membahas bagaimana penelitian terkait dengan distribusi rantai dingin yang ada saat ini. Kajian ini juga dilakukan dalam dengan pencarian *database* dalam kurun waktu lima tahun terakhir yakni 2018-2022. Dimana hasil artikel yang terkumpul adalah sebanyak 30 artikel yang kemudian dilakukan kajian pustaka. Berdasarkan artikel yang telah dikumpulkan dan dilakukan kajian dapat dijelaskan bahwa penelitian terkait optimasi distribusi logistik rantai dingin masih banyak dilakukan dan menunjukkan angka yang fluktuatif. Studi ini juga melihat bagaimana pemodelan optimasi pada distribusi rantai pasok dingin, dimana pengembangan model dilakukan untuk beberapa kasus seperti *vehicle routing problem* dan *location-routing problem*. Selain itu, model yang dikembangkan juga tidak hanya *single-objective* tetapi juga *multi-objective* seperti meminimasi biaya, waktu, serta meminimasi emisi karbon sehingga pemodelan pada distribusi logistik rantai dingin ini berkembang fokusnya tidak hanya pada manfaat ekonomi tetapi juga fokus lingkungan pada fungsi tujuan. Objek yang diteliti pun tidak hanya berfokus pada produk konsumsi seperti makanan tetapi juga produk-produk pada keadaan *emergency* seperti vaksin, obat-obatan, dan darah pemetaan dapat dilakukan diberbagai sektor dalam rantai pasok.

Area ini masih bisa untuk terus dikembangkan dan banyak penelitian yang dapat dilakukan mengenai hal ini. Seperti masih jarang peneliti yang fokus pada produk-produk *emergency* yang sebenarnya sangat membutuhkan logistik rantai dingin. Selain itu untuk studi masa depan, model optimasi pada logistik rantai dingin dapat direplikasi untuk permintaan yang tidak pasti untuk semua produk dan waktu, periode yang tidak pasti, rantai pasokan multi-eselon, multi-item, dan mencakup lokasi penelitian yang berbeda serta lebih luas lagi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Nur Mayke Normasari yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S. S., Barman, H., Kaur, R., & Tomaskova, H. (2021). *Multi-Product Multi Echelon Measurements of Perishable Supply Chain : Fuzzy Non-Linear Programming Approach*. 1–27.
- Ba, Y., Feng, C., Jia, W., Liu, X., & Ren, J. (2021). A Multi-Scenario Optimization Model for Emergency Cold Chain Logistics Distribution. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/1628162>
- Chen, J., Gui, P., Ding, T., Na, S., & Zhou, Y. (2019). *Optimasi Masalah Rute Transportasi Makanan Segar dengan Algoritma Koloni Semut yang Ditingkatkan Berbasis Tabu Search*. 1–22. <https://doi.org/10.3390/su11236584>
- Chen, Y.-H. (2020). Intelligent algorithms for cold chain logistics distribution optimization based on big data cloud computing analysis. *Journal of Cloud Computing*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-020-00174-x>
- Colicchia, C., & Strozzi, F. (2012). Supply chain risk management: A new methodology for a systematic literature review.

- Supply Chain Management*, 17(4), 403–418. <https://doi.org/10.1108/13598541211246558>
- Denyer, D., & Tranfield, D. (2009). Producing a Systematic Review. In *The SAGE Handbook of Organizational Research Methods* (pp. 671–689).
- Dou, S., Liu, G., & Yang, Y. (2020). A New Hybrid Algorithm for Cold Chain Logistics Distribution Center Location Problem. *IEEE Access*, 8, 88769–88776. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2990988>
- Heard, B. ., & Miller, S. . (2016). Critical research needed to examine the environmental impacts of expanded refrigeration on the food system. *Environ. Sci. Technol. American Chemical Society*, 50(12), 60–71.
- Hsiao, Y. H., Chen, M. C., Lu, K. Y., & Chin, C. L. (2018). Last-mile distribution planning for fruit-and-vegetable cold chains. *International Journal of Logistics Management*, 29(3), 862–886. <https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2017-0002>
- Hu, B., Huang, B., Liu, Z., Guo, H., Chen, Z., & Shi, L. (2021). Optimization Model of Carbon Footprint of Fresh Products in Cold Chain from the Energy Conservation and Emission Reduction Perspective. *Mathematical Problems in Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2021/5559021>
- Hu, L., Xiang, C., & Qi, C. (2021). Optimization of VRR for Cold Chain with Minimum Loss Based on Actual Traffic Conditions. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2021/2930366>
- Jing, P. (2019). *Optimizing the transportation route of fresh food in cold chain logistics by improved genetic algorithms*. 14.
- Liu, H., Pretorius, L., & Jiang, D. (2018). Optimization of cold chain logistics distribution network terminal. *Journal on Wireless Communications and Networking*, 158, 1–9.
- Liu, Z., Guo, H., Zhao, Y., Hu, B., Shi, L., Lang, L., & Huang, B. (2021). Research on the optimized route of cold chain logistics transportation of fresh products in context of energy-saving and emission reduction. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 18(2), 1926–1940. <https://doi.org/10.3934/mbe.2021100>
- Okoli, C., & Schabram, K. (2012). A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1954824>
- Qi, L., Zhao, Q., & Lev, B. (2019). Cold chain transportation decision in the vaccine supply chain. *European Journal of Operational Research*, 283(1), 182–195.
- Qiang, X., Yeboah, M., & Kwasi, A. (2020). Route optimization cold chain logistic distribution using greedy search method. *OPSEARCH*, 57(4), 1115–1130. <https://doi.org/10.1007/s12597-020-00459-4>
- Qin, G., Tao, F., & Li, L. (2019). A vehicle routing optimization problem for cold chain logistics considering customer satisfaction and carbon emissions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ijerph16040576>
- Qu, D., & Wu, Z. (2021). Two-Stage Robust Optimization Model for Fresh Cold Chain considering Carbon Emissions and Uncertainty. *Complexity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5556707>
- Shi, Y., & He, Z. (2018). *Decision Analysis of Disturbance Management in the Process of Medical Supplies Transportation after Natural Disasters*. <https://doi.org/10.3390/ijerph15081651>
- Shoji, K., Schudel, S., Onwude, D., Shrivastava, C., & Defraeye, T. (2022). Resources , Conservation & Recycling Mapping the postharvest life of imported fruits from packhouse to retail stores using physics-based digital twins. *Resources, Conservation & Recycling*, 176, 105914. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105914>
- Shui, W., & Li, M. (2020). *Integrated Pricing and Distribution Planning for Community Group Purchase of Fresh Agricultural Products*. 2020.

- Sun, X., Andoh, E. A., & Yu, H. (2021). A simulation-based analysis for effective distribution of COVID-19 vaccines : A case study in Norway. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 11, 100453. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100453>
- Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T. S., Lam, C. H. Y., & Koo, P. S. (2018). An Internet of Things (IoT)-based risk monitoring system for managing cold supply chain risks. *Industrial Management & Data Systems*, 118(7), 1432–1462. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2017-0384>
- vom Broecke, J., Simons, A., Niehaves, B., Niehaves, B., Reimer, K., Plattfaut, R., & Cleven, A. (2009). Reconstructing the Giant : on the Importance of. *Proceedings of the 17th European Conference on Information Systems (ECIS 2009)*, 1–12. <https://aisel.aisnet.org/ecis2009/161>
- Vrat, P., Gupta, R., Bhatnagar, A., Pathak, D. K., & Fulzele, V. (2018). Literature review analytics (LRA) on sustainable cold-chain for perishable food products: research trends and future directions. *Opsearch*, 55(3–4), 601–627. <https://doi.org/10.1007/s12597-018-0338-9>
- Wang, S., Tao, F., & Shi, Y. (2018). Optimization of location–routing problem for coldchain logistics considering carbon footprint. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph15010086>
- Wang, Z., Leng, L., Wang, S., Li, G., & Zhao, Y. (2020). A Hyperheuristic Approach for Location-Routing Problem of Cold Chain Logistics considering Fuel Consumption. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8395754>
- Xiong, H. (2021). *Research on Cold Chain Logistics Distribution Route Based on Ant Colony Optimization Algorithm*. 2021.
- Yan, L., Grifoll, M., & Zheng, P. (2020). Model and Algorithm of Two-Stage Distribution Location Routing with Hard Time Window for City Cold-Chain Logistics. *Applied Sciences*, 10(7), 2564.
- Yang, Y., Ma, C., Zhou, J., Dong, S., & Ling, G. (2022). A multi-dimensional robust optimization approach for cold-chain emergency medical materials dispatch under COVID-19 : A case study of Hubei Province. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 9(1), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2022.01.001>
- Zabinsky, Z. B., Zameer, M., Muteia, M. M., Coelho, A. L., & Petroianu, L. P. G. (2022). *Route Optimization Tool (RoOT) for distribution of vaccines and health products [version 2 ; peer review : 1 approved , 2 approved with reservations] Gates Open Research*. 1–26.
- Zhang, J., Cao, W., & Park, M. (2019). *Reliability Analysis and Optimization of Cold Chain Distribution System for Fresh Agricultural Products*.
- Zhang, L., Fu, M., Fei, T., & Pan, X. (2021). Application of FWA-Artificial Fish Swarm Algorithm in the Location of Low-Carbon Cold Chain Logistics Distribution Center in Beijing-Tianjin-Hebei Metropolitan Area. *Scientific Programming*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9945583>
- Zhao, B., Gui, H., Li, H., Xue, J., Ekonomi, S., Sains, U., Informasi, T., & Nanyang, U. N. (2020). *Optimalisasi Jalur Logistik Rantai Dingin Melalui Peningkatan Multi-tujuan Algoritma Koloni Semut*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3013951>
- Zhao, Z., Li, X., & Zhou, X. (2020). Optimization of transportation routing problem for fresh food in time-varying road network : Considering both food safety reliability and temperature control. *PLoS ONE*, 15(7), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.02359>

