E-ISSN: 3025-0994
Halaman 4342-4355
Volume 4 Nomor 3 Tahun 2026

Optimasi Sistem Distribusi Komoditas Perishable Berbasis Discrete-Event Simulation Untuk Mengurangi Product Waste: Studi Kasus Agroindustri Stroberi Ciwidey

Ibnu Habib[1*], Adang Haryaman[2], Widia Asih[3]

[1,2,3] Program Studi Manajemen Logistik, Sekolah Logistik dan Transportasi, Universitas Logistik dan Bisnis Internasional
e-mail: ibnuhabib@ulbi.ac.id[1] , adang@ulbi.ac.id[2] , 182230172@std.ulbi.ac.id[3]

Abstrak

Stroberi merupakan komoditas hortikultura yang bersifat perishable sehingga memerlukan sistem distribusi yang efisien, namun jaringan distribusi di Kebun Stroberi Pak Asep Ciwidey masih belum optimal sehingga menyebabkan tingginya waktu pengiriman dan menurunkan efisiensi logistik serta kualitas produk. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan sistem distribusi stroberi di Kebun Stroberi Pak Asep Ciwidey melalui pemodelan jaringan distribusi berbasis Discrete-Event Simulation menggunakan AnyLogistix. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pemodelan dan simulasi, memanfaatkan data primer yang diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara, serta data sekunder dari literatur dan dokumen pendukung. Analisis dilakukan dengan membandingkan kinerja jaringan distribusi pada kondisi awal dan skenario perbaikan melalui penambahan Distribution Center (DC) serta peningkatan kapasitas kendaraan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario perbaikan meningkatkan profit dari −USD 6.330,29 menjadi USD 21.453,92 dan menurunkan mean lead time dari 99,84 hari menjadi 71,27 hari, meskipun total biaya operasional meningkat. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penerapan jaringan distribusi multi-echelon berbasis DC mampu meningkatkan efisiensi logistik, mempercepat distribusi, dan memperbaiki kinerja ekonomi sistem. Dengan demikian, pendekatan simulasi menggunakan AnyLogistix efektif sebagai dasar pengambilan keputusan dalam optimasi jaringan distribusi komoditas hortikultura yang mudah rusak.

Kata Kunci: Simulasi Kejadian Diskrit; Optimasi Distribusi; Distribution Center; Anylogistix; Stroberi.

Abstract

Strawberries are a perishable horticultural commodity and require efficient distribution system, but the distribution network at the Pak Asep Ciwidey Strawberry Farm is still not optimal, causing high delivery times and reducing logistics efficiency and product quality. This study aims to optimize the strawberry distribution system in the Pak Asep Ciwidey Strawberry Garden through Discrete-Event Simulation-based distribution network modeling

using AnyLogistix. Uses a quantitative approach with modeling and simulation methods, utilizing primary data obtained through field observation and interviews, as well as secondary data from the literature and supporting documents. The analysis was carried out by comparing the performance of the distribution network in the initial condition and the improvement scenario through the addition of a Distribution Center (DC) and increasing vehicle capacity. The simulation results showed that the improvement scenario increased profit from −USD6,330.29 to USD21,453.92 and lowered the mean lead time from 99.84 days to 71.27 days, despite the increase in total operating costs. The implementation of a DC-based multi-echelon distribution network is able to improve logistics efficiency, accelerate distribution, and improve the economic performance of the system. Thus, the simulation approach using AnyLogistix is effective as a basis for decision-making in optimizing the distribution network of perishable horticultural commodities.

Keywords : Discrete-Event Simulation; Distribution Optimization; Distribution Center; Anylogistix; Strawberry.

LATAR BELAKANG

Stroberi merupakan salah satu komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang terus mengalami peningkatan permintaan, baik dalam bentuk segar maupun olahan. Peningkatan konsumsi produk hortikultura segar mendorong kebutuhan terhadap sistem rantai pasok yang responsif, memiliki visibilitas tinggi, serta mampu mempertahankan kualitas produk selama proses distribusi (Kumar & Agrawal, 2023). Di Indonesia, kawasan Ciwidey, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, berkembang sebagai salah satu sentra produksi stroberi utama karena didukung kondisi agroklimat pegunungan dengan suhu relatif sejuk dan curah hujan yang sesuai untuk budidaya stroberi. Potensi produksi yang tinggi tersebut menjadikan stroberi sebagai komoditas penting bagi perekonomian lokal dan sumber pendapatan utama bagi banyak petani serta pelaku distribusi di wilayah tersebut (Melly et al., 2025).

Namun demikian, stroberi termasuk komoditas perishable yang memiliki umur simpan pendek dan laju respirasi tinggi sehingga kualitasnya mudah menurun setelah panen apabila penanganan logistik tidak dilakukan secara tepat (Sharafi et al., 2024). Kerusakan dapat terjadi selama proses penyimpanan, transportasi, maupun distribusi akibat fluktuasi suhu, kelembapan, dan keterlambatan pengiriman. Ketidakefisienan pada tahapan pascapanen dan distribusi telah diidentifikasi sebagai salah satu penyebab utama food loss dan food waste pada komoditas segar (Manzoor et al., 2024). Oleh karena itu, pengelolaan rantai dingin dan jaringan distribusi menjadi faktor krusial untuk menjaga mutu stroberi hingga diterima konsumen (Steynberg et al., 2022). Upaya tersebut juga sejalan dengan target Sustainable Development Goals (SDGs) 12.3 yang menekankan pengurangan kehilangan dan pemborosan pangan di sepanjang rantai pasok (Manzoor et al., 2024a).

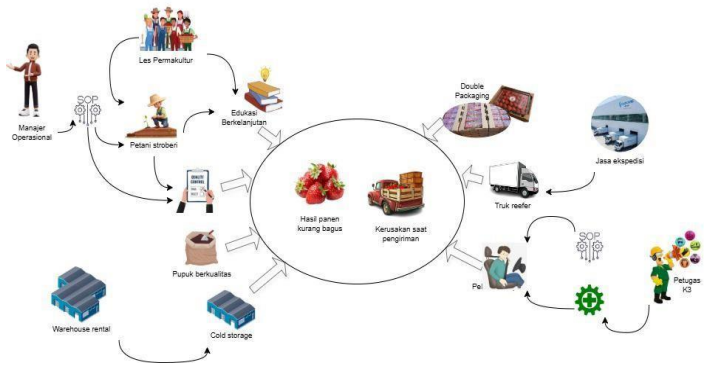
Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa optimasi jaringan distribusi dapat meningkatkan efisiensi logistik sekaligus menekan pemborosan produk pangan. (Boysen et al., 2021) menegaskan bahwa desain jaringan distribusi dan pengelolaan pengiriman

merupakan elemen penting dalam meningkatkan kinerja rantai pasok pangan segar. Penelitian (Aljohani, 2023) menunjukkan bahwa optimasi jaringan distribusi mampu menurunkan jarak tempuh dan mengurangi food waste pada industri pangan. Dalam konteks agribisnis Indonesia, (Iskandar et al., 2023) membuktikan bahwa penentuan lokasi Distribution Center yang tepat dapat meningkatkan integrasi rantai pasok dan efisiensi distribusi produk pangan. Selain itu, perkembangan teknologi simulasi logistik memungkinkan evaluasi berbagai skenario distribusi secara lebih realistis sebelum diterapkan di lapangan (Ivanov & Dolgui, 2021).

Pendekatan simulasi berbasis digital supply chain twin dan discrete-event simulation semakin banyak digunakan untuk memodelkan sistem logistik yang kompleks dan dinamis (Ivanov & Dolgui, 2021). Dalam bidang distribusi pangan, AnyLogistix telah digunakan untuk menganalisis jaringan distribusi anggur dan komoditas pangan lainnya dengan mempertimbangkan lokasi fasilitas, kapasitas, biaya transportasi, serta waktu pengiriman (Vitorino, Costa, et al., 2022; Vitorino, Silva, et al., 2022). Temuan tersebut menunjukkan bahwa simulasi dapat membantu pengambil keputusan memilih konfigurasi jaringan yang paling efisien dan tangguh terhadap gangguan distribusi. Meskipun demikian, penerapan AnyLogistix pada rantai pasok stroberi di Indonesia masih sangat terbatas, khususnya pada skala agroindustri lokal yang menghadapi risiko kerusakan produk selama distribusi.

Kondisi tersebut tercermin pada Kebun Stroberi Pak Asep di Ciwidey yang menjadi lokasi studi penelitian ini. Produksi stroberi relatif stabil, tetapi sistem pascapanen dan distribusi belum terintegrasi secara optimal sehingga masih ditemukan kerusakan produk, keterbatasan jangkauan pasar, dan biaya distribusi yang belum efisien. Analisis awal menunjukkan bahwa masalah tidak hanya berasal dari budidaya, melainkan juga dari keterbatasan fasilitas penyimpanan dingin, belum optimalnya penentuan titik distribusi, serta belum adanya evaluasi kuantitatif terhadap alternatif jaringan logistik. Situasi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi produksi stroberi yang tinggi dengan kemampuan sistem distribusi dalam mempertahankan kualitas produk hingga ke konsumen.

Secara konseptual, hubungan antaraktor dan proses dalam rantai pasok stroberi pada penelitian ini dipetakan menggunakan Rich Picture Diagram (lihat gambar 1) untuk mengidentifikasi keterkaitan antara petani, fasilitas penyimpanan, pusat distribusi, jasa transportasi, dan pelanggan akhir. Metode ini efektif digunakan untuk menggambarkan kompleksitas sistem dan kebutuhan perbaikan secara menyeluruh (Allen et al., 2022). Hasil pemetaan menunjukkan bahwa kualitas stroberi dipengaruhi oleh rangkaian faktor yang saling terkait mulai dari praktik budidaya, penanganan pascapanen, penyimpanan dingin, pengemasan, hingga kinerja transportasi dan kepatuhan terhadap SOP distribusi.



Gambar 1. Rich Picture Diagram

Berdasarkan telaah literatur dan kondisi empiris tersebut, terdapat research gap yang penting untuk dijawab. Penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada optimasi jaringan distribusi pangan secara umum (Aljohani, 2023; Iskandar et al., 2023) atau simulasi distribusi komoditas hortikultura tertentu menggunakan AnyLogistix (Vitorino, Costa, et al., 2022; Vitorino, Silva, et al., 2022). Namun, masih terbatas penelitian yang mengintegrasikan karakteristik komoditas stroberi yang sangat mudah rusak dengan pemodelan jaringan distribusi berbasis discrete-event simulation untuk mengevaluasi pengaruh penambahan Distribution Center terhadap penurunan product waste, waktu distribusi, dan biaya logistik pada agroindustri stroberi skala lokal di Indonesia. Kesenjangan inilah yang menjadi fokus utama penelitian ini.

Berdasarkan gap tersebut, pertanyaan penelitian yang diajukan adalah: (1) bagaimana mengoptimalkan jaringan distribusi stroberi menggunakan AnyLogistix untuk mengurangi produk terbuang dan meningkatkan efisiensi biaya distribusi; dan (2) bagaimana pengaruh penambahan Distribution Center terhadap percepatan distribusi dan peningkatan kinerja sistem logistik stroberi secara keseluruhan?

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem distribusi stroberi di Kebun Stroberi Pak Asep Ciwidey melalui pendekatan pemodelan dan simulasi guna mengurangi tingkat kerusakan produk, meminimalkan stroberi terbuang, dan meningkatkan efisiensi distribusi. Secara khusus, penelitian ini bertujuan: (1) mengoptimalkan jaringan distribusi stroberi menggunakan AnyLogistix dengan mempertimbangkan rute distribusi, lokasi Distribution Center, dan biaya transportasi; serta (2) menganalisis pengaruh penambahan Distribution Center terhadap waktu distribusi, kualitas produk, dan tingkat kerusakan stroberi selama proses logistik.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan model distribusi komoditas stroberi berbasis Discrete-Event Simulation menggunakan AnyLogistix yang mengintegrasikan aspek lokasi fasilitas, rute distribusi, waktu pengiriman, dan risiko kerusakan produk dalam satu kerangka analisis. Pendekatan ini tidak hanya memberikan solusi praktis bagi pengelolaan distribusi stroberi di Ciwidey, tetapi juga memperkaya kajian manajemen logistik komoditas perishable di Indonesia melalui penerapan simulasi jaringan

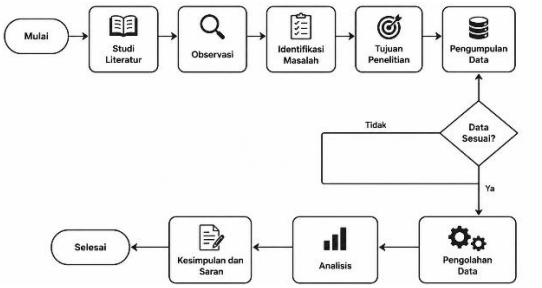
distribusi yang berorientasi pada pengurangan food waste dan peningkatan keberlanjutan rantai pasok.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pemodelan dan simulasi (modeling and simulation) berbasis Discrete-Event Simulation (DES) menggunakan perangkat lunak AnyLogistix. Pendekatan ini dipilih karena mampu merepresentasikan dinamika sistem logistik yang kompleks serta mengevaluasi berbagai alternatif skenario distribusi secara sistematis tanpa mengganggu sistem operasional aktual (Vitorino et al., 2022a; Vitorino et al., 2022b). Penelitian dilaksanakan di Kebun Stroberi Pak Asep, Ciwidey, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, yang merupakan salah satu sentra produksi stroberi di Indonesia. Pengumpulan data lapangan dilakukan melalui observasi langsung pada 4 Desember 2025.

Ruang lingkup penelitian difokuskan pada optimasi sistem distribusi stroberi pascapanen, meliputi konfigurasi jaringan distribusi, aliran produk, lokasi Distribution Center (DC), biaya transportasi, dan waktu distribusi. Penelitian tidak membahas aspek budidaya tanaman maupun analisis finansial usaha secara menyeluruh, tetapi dibatasi pada evaluasi kinerja sistem logistik untuk mengurangi product waste dan meningkatkan efisiensi distribusi.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara dengan pemilik kebun mengenai proses budidaya, penanganan pascapanen, pola distribusi, kapasitas produksi, frekuensi pengiriman, serta kendala operasional yang dihadapi. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari literatur ilmiah, laporan penelitian terdahulu, serta dokumen pendukung yang berkaitan dengan karakteristik komoditas perishable, manajemen rantai pasok, dan optimasi jaringan distribusi.



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

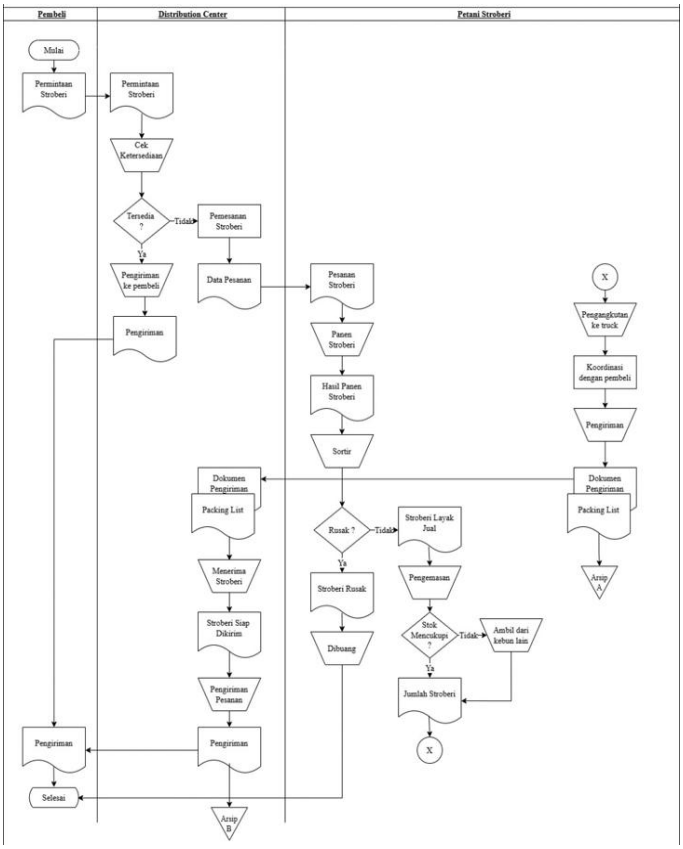
Gambar 2 menunjukkan seluruh tahapan penelitian yang digunakan pada penelitian ini. Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teoritis dan mengidentifikasi kesenjangan penelitian, kemudian dilanjutkan dengan observasi lapangan guna memetakan kondisi eksisting sistem distribusi. Selanjutnya dilakukan identifikasi permasalahan, pengumpulan dan verifikasi data, serta penyusunan model jaringan distribusi menggunakan AnyLogistix. Model yang dibangun merepresentasikan elemen-elemen utama rantai pasok, meliputi pemasok, lokasi produksi, alternatif Distribution Center, pelanggan, moda transportasi, kapasitas distribusi, serta parameter biaya dan waktu pengiriman.

Setelah model tervalidasi, dilakukan simulasi beberapa skenario distribusi untuk membandingkan kinerja sistem pada setiap alternatif jaringan.

Analisis data dilakukan secara komparatif dengan mengevaluasi indikator kinerja logistik, meliputi total biaya distribusi, waktu pengiriman, tingkat product waste, utilisasi fasilitas distribusi, serta efektivitas penambahan Distribution Center terhadap peningkatan kinerja sistem. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan kondisi eksisting untuk menentukan konfigurasi jaringan distribusi yang paling optimal sebagai dasar penyusunan rekomendasi perbaikan sistem distribusi stroberi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur Model Rantai Pasok



Gambar 3. Struktur Model Rantai Pasok

Struktur model rantai pasok stroberi pada penelitian ini menggambarkan aliran informasi, persediaan, dan produk yang terintegrasi antara pembeli, Distribution Center (DC), dan petani stroberi. Proses dimulai dari permintaan pelanggan yang berisi informasi jumlah produk, waktu pemesanan, dan tujuan pengiriman. Dalam manajemen rantai pasok modern, informasi permintaan merupakan pemicu utama aktivitas logistik karena menentukan kebutuhan persediaan, jadwal pengiriman, dan kapasitas distribusi yang harus disiapkan

(Boysen et al., 2021). Oleh karena itu, kualitas dan kecepatan informasi permintaan sangat memengaruhi responsivitas jaringan distribusi.

Setelah permintaan diterima, Distribution Center melakukan pengecekan stok aktual yang meliputi stok tersedia, stok masuk, dan stok keluar. Mekanisme ini menunjukkan penerapan inventory visibility, yaitu kemampuan sistem untuk memantau posisi persediaan secara real-time. Menurut Ivanov dan Dolgui, visibilitas persediaan merupakan elemen penting dalam digital supply chain twin karena memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat ketika terjadi perubahan permintaan atau gangguan pasokan (Ivanov & Dolgui, 2021). Dengan adanya pengecekan stok di DC, pesanan dapat dipenuhi langsung apabila persediaan mencukupi, sehingga waktu pelayanan kepada pelanggan menjadi lebih singkat.

Apabila stok di DC tidak mencukupi, sistem akan mengaktifkan proses pemesanan ke petani stroberi. Tahap ini merepresentasikan hubungan multi-echelon antara fasilitas distribusi dan sumber produksi. Data yang dibutuhkan meliputi jumlah pesanan, waktu pemesanan, serta batas waktu pemenuhan. Konsep multi-echelon inventory banyak digunakan pada jaringan distribusi modern karena mampu menyeimbangkan biaya persediaan dengan tingkat pelayanan pelanggan (Queiroz et al., 2023). Penambahan DC sebagai titik konsolidasi juga membantu mengurangi pengiriman langsung dari kebun ke seluruh pelanggan, sehingga beban distribusi menjadi lebih terkendali (Aljohani, 2023).

Pada sisi petani, data produksi dan panen menjadi dasar pengambilan keputusan pemenuhan pesanan. Informasi mengenai jadwal panen, jumlah hasil panen, dan kapasitas produksi memungkinkan sinkronisasi antara ketersediaan produk dan permintaan pasar. Untuk komoditas mudah rusak seperti stroberi, sinkronisasi ini sangat penting karena keterlambatan distribusi dapat mempercepat penurunan kualitas produk dan meningkatkan risiko food loss (Manzoor et al., 2024b). Oleh sebab itu, sistem tidak hanya berfokus pada jumlah produk yang tersedia, tetapi juga pada kecepatan aliran produk dari kebun menuju pasar.

Proses sortir merupakan titik kendali kualitas utama dalam flowchart rantai pasok. Pada tahap ini dilakukan pemisahan antara stroberi layak jual dan stroberi rusak. Data kualitas hasil sortir menentukan apakah produk dapat dilanjutkan ke proses pengemasan atau harus dibuang. Menurut Manzoor et al., pengurangan kehilangan pangan pada produk segar sangat bergantung pada efektivitas penanganan pascapanen, termasuk sortasi dan pengendalian mutu (Manzoor et al., 2024b). Dengan demikian, tahap sortir tidak hanya berfungsi menjaga kualitas produk, tetapi juga menjadi mekanisme pengurangan product waste dalam sistem distribusi.

Selanjutnya, tahap pengemasan dan pengecekan kecukupan stok menunjukkan adanya keputusan diskrit dalam sistem, yaitu apakah pesanan dapat dipenuhi dari persediaan yang tersedia atau memerlukan tambahan pasokan dari kebun lain. Keputusan ini berkaitan dengan konsep service level, yaitu kemampuan sistem memenuhi permintaan pelanggan tanpa keterlambatan. Penelitian mengenai desain jaringan distribusi menunjukkan bahwa keberadaan fasilitas konsolidasi dan pengemasan dapat meningkatkan fleksibilitas distribusi serta memperbaiki tingkat pelayanan pelanggan (Aljohani, 2023; Vitorino, Costa, et al., 2022).

Pada tahap pengiriman, data logistik seperti jumlah yang dikirim, waktu pengiriman, moda transportasi, dan dokumen pengiriman digunakan untuk mengendalikan pergerakan produk dari petani ke DC dan dari DC ke pelanggan. Penggunaan moda transportasi yang sesuai, termasuk kendaraan berpendingin, sangat penting untuk menjaga suhu produk selama perjalanan. Studi mengenai jaringan distribusi pangan berbasis AnyLogistix menunjukkan bahwa pengendalian transportasi dan konsolidasi muatan dapat menurunkan frekuensi perjalanan sekaligus meningkatkan efisiensi distribusi (Vitorino, Costa, et al., 2022; Vitorino, Silva, et al., 2022)

Secara keseluruhan, flowchart struktur model rantai pasok menunjukkan bahwa sistem bekerja sebagai jaringan distribusi multi-echelon berbasis kejadian diskrit. Setiap perubahan status, seperti datangnya permintaan, berkurangnya stok, selesainya proses sortir, atau keberangkatan kendaraan, diperlakukan sebagai event yang memengaruhi kondisi sistem berikutnya. Pendekatan discrete-event simulation digunakan untuk merepresentasikan setiap kejadian penting, seperti penerimaan pesanan, pengecekan stok, panen, sortir, pengemasan, dan pengiriman. Metode ini memungkinkan identifikasi bottleneck, evaluasi kinerja distribusi, serta pengujian berbagai skenario perbaikan jaringan logistik secara sistematis (Adorni et al., 2022). Dengan demikian, model ini tidak hanya menggambarkan aliran barang, tetapi juga menjadi dasar pengujian skenario perbaikan jaringan distribusi, termasuk penambahan Distribution Center dan peningkatan kapasitas kendaraan untuk menurunkan lead time serta meningkatkan profitabilitas sistem.

Kondisi Awal Model Rantai Pasok Strawberry

Pada kondisi awal, sistem distribusi strawberry masih menggunakan jaringan distribusi langsung dari kebun menuju pelanggan. Pola distribusi langsung seperti ini masih sering dijumpai pada jaringan yang belum memiliki fasilitas konsolidasi, namun studi terbaru tentang last-mile delivery dan desain jaringan distribusi menunjukkan bahwa struktur tersebut cenderung kurang efisien ketika cakupan pelanggan semakin luas dan lokasi permintaan tersebar jauh dari sumber produksi (Aljohani, 2023; Boysen et al., 2021; Queiroz et al., 2023).

Seluruh permintaan pelanggan dipenuhi langsung dari lokasi produksi tanpa adanya fasilitas distribusi sebagai titik konsolidasi. Untuk produk segar seperti strawberry, kondisi ini menjadi semakin kritis karena kualitas produk sangat dipengaruhi oleh kecepatan distribusi, visibilitas aliran barang, dan pengendalian waktu tempuh. Penelitian terbaru pada rantai pasok digital juga menegaskan bahwa lead time yang panjang berpotensi meningkatkan risiko gangguan layanan dan menurunkan kualitas pemenuhan permintaan (Ivanov & Dolgui, 2021; Queiroz et al., 2023).

Karakteristik jaringan pada kondisi awal meliputi:

- Terdapat satu *supplier*, yaitu Kebun Strawberry.
- Pengiriman dilakukan langsung menuju seluruh customer menggunakan kendaraan darat maupun pesawat untuk wilayah yang memiliki jarak sangat jauh.
- Belum terdapat *Distribution Center* (DC) sebagai fasilitas penyimpanan sementara maupun konsolidasi distribusi.

- Kapasitas kendaraan relatif lebih kecil, yaitu Truck Pick Up sebesar 1.500 kg dan Truck Colt Diesel Engkel sebesar 2.500 kg.

Konfigurasi tersebut menyebabkan jalur distribusi menjadi panjang untuk beberapa tujuan, terutama pelanggan yang berada jauh dari lokasi produksi. Selain itu, *supplier* harus melayani seluruh pelanggan secara langsung sehingga beban distribusi menjadi lebih besar. Dalam konteks desain jaringan *supply chain*, kondisi seperti ini umumnya meningkatkan biaya transportasi dan menurunkan fleksibilitas jaringan, terutama ketika permintaan tersebar pada banyak titik layanan (Boysen et al., 2021; Queiroz et al., 2023).

Tabel 1. Jaringan Supply Chain pada Kondisi Awal

Tujuan	Asal	Demand/7 hari	Ongkos Kirim	Produk
Pasar Jakarta (Pasar Rabu & Pasar Senen)	Kebun Strawberry	Pasar Rabu = 100 kg Pasar Senen = 150 kg	0.003 * produk (kg) + distance	Strawberry Fresh
Juice Bandung (Tegalega, Sarijadi, Sukajadi)	Kebun Strawberry	Masing – masing 20 kg = 60 kg	0.005 * produk (kg) + distance	Strawberry Freez
SPPG Jawa Tengah (5 Titik Candimulyo, dsb.)	Kebun Strawberry	Masing – masing = 25 kg = 125 kg	0.002 * produk (kg) + distance	Strawberry Fresh
Palangkaraya Market Kalimantan	Kebun Strawberry	200 kg	0.001 * produk (kg) + distance	Strawberry Fresh

Kondisi *Improvement* Model Rantai Pasok Strawberry

Sebagai upaya meningkatkan efisiensi distribusi, dilakukan redesign jaringan logistik dengan menambahkan tiga *Distribution Center* (DC), yaitu:

- DC SPPG Jawa Tengah
- DC Cikarang
- DC Cimahi

Pada konfigurasi baru, pengiriman dilakukan secara bertahap (multi-echelon), yaitu:
Kebun Strawberry → *Distribution Center* → Customer
Penambahan DC bertujuan untuk:

- mendekatkan lokasi persediaan terhadap pelanggan
- mengurangi jarak distribusi langsung dari *supplier*
- meningkatkan fleksibilitas pengiriman
- mempercepat waktu pelayanan
- serta meningkatkan efisiensi jaringan distribusi.

Pendekatan multi-echelon seperti ini banyak direkomendasikan dalam studi terbaru karena mampu meningkatkan responsivitas layanan sekaligus menyeimbangkan biaya distribusi dan tingkat pelayanan (Ivanov, 2021; Queiroz et al., 2023). Selain itu, literatur

terbaru tentang last-mile distribution menunjukkan bahwa penempatan titik konsolidasi pada lokasi strategis dapat memperbaiki struktur aliran barang dan mengurangi beban pengiriman langsung dari *supplier* ke pelanggan (Boysen et al., 2021).
Selain penambahan DC, dilakukan pula peningkatan kapasitas kendaraan, yaitu:

- Truck Pick Up meningkat dari 1.500 kg menjadi 2.500 kg.
- Truck Colt Diesel Engkel meningkat dari 2.500 kg menjadi 4.000 kg.

Dengan kapasitas kendaraan yang lebih besar, jumlah perjalanan distribusi dapat dikurangi sehingga biaya transportasi menjadi lebih efisien. Konsolidasi muatan dan pengurangan frekuensi perjalanan merupakan strategi yang umum digunakan untuk meningkatkan efisiensi distribusi, khususnya pada jaringan distribusi modern yang melayani banyak titik permintaan (Boysen et al., 2021).

Tabel 1. Jaringan Supply Chain Setelah Improvement

Tujuan	Asal	Demand/7 hari	Ongkos Kirim	Produk
DC Cikarang untuk Pasar Jakarta (Pasar Rabu & Pasar Senen)	Kebun Strawberry	Pasar Rabu = 200 kg Pasar Senen = 250 kg	0.008 * produk (kg) + distance	Strawberry Fresh
DC Cimahi untuk Juice Bandung (Tegalega, Sarijadi, Sukajadi)	Kebun Strawberry	Masing – masing 30 kg = 90 kg	0.009 * produk (kg) + distance	Strawberry Freez
DC SPPG Jawa Tengah (5 Titik Candimulyo, dsb.)	Kebun Strawberry	145 kg	0.007 * produk (kg) + distance	Strawberry Fresh
Palangkaraya Market Kalimantan	Kebun Strawberry	300 kg	0.001 * produk (kg) + distance	Strawberry Fresh

Hasil Simulasi Model Rantai Pasok Awal

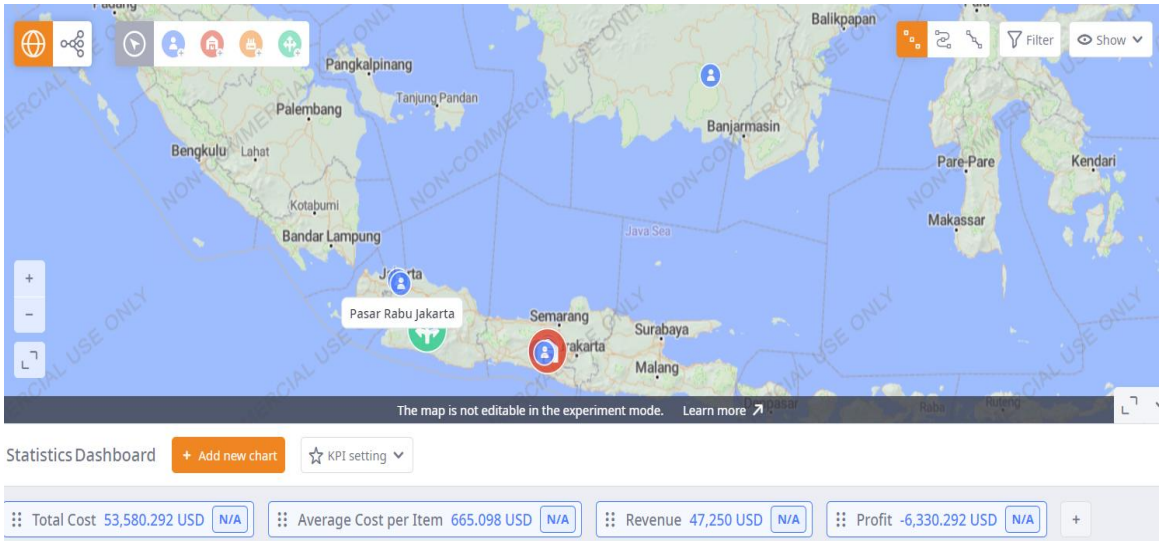
Hasil simulasi pada kondisi awal menunjukkan bahwa performa jaringan distribusi masih kurang optimal. Untuk produk segar seperti strawberry, kondisi ini menjadi perhatian penting karena waktu distribusi yang panjang dapat memengaruhi kualitas produk, ketepatan layanan, dan ketahanan rantai pasok terhadap gangguan (Ivanov & Dolgui, 2021; Queiroz et al., 2023).

Beberapa indikator utama yang diperoleh adalah:

- *Revenue* sebesar USD 47.250.
- *Total Cost* sebesar USD 53.580,29.
- *Profit* sebesar −USD 6.330,29, yang menunjukkan bahwa perusahaan masih mengalami kerugian.
- *Transportation Cost* sebesar USD 19.455,29.

- *Mean Lead Time* sebesar 99,84 hari.

Nilai profit yang masih negatif menunjukkan bahwa biaya operasional lebih besar dibandingkan pendapatan yang diperoleh. Lead time yang cukup tinggi juga mengindikasikan bahwa proses distribusi masih membutuhkan waktu yang relatif lama akibat pengiriman langsung dari *supplier* ke seluruh pelanggan. Dalam literatur terbaru, kondisi seperti ini umumnya muncul ketika jaringan belum memiliki fasilitas konsolidasi yang memadai, sehingga biaya transportasi dan waktu layanan menjadi kurang efisien (Boysen et al., 2021; Queiroz et al., 2023). Penggunaan AnyLogistix dapat membantu untuk mengidentifikasi *bottleneck* dalam jaringan rantai pasok (Vitorino, Silva, et al., 2022).



Hasil Model Rantai Pasok Setelah *Improvement*

Setelah dilakukan penambahan *Distribution Center* dan penyesuaian kapasitas kendaraan, hasil simulasi menunjukkan peningkatan kinerja jaringan distribusi secara signifikan. Secara teoritis, penambahan fasilitas distribusi memang dapat meningkatkan biaya tetap atau total biaya operasional, tetapi pada saat yang sama dapat menghasilkan manfaat sistem yang lebih besar melalui penurunan jarak tempuh, peningkatan service level, dan perbaikan profitabilitas jaringan (Iskandar et al., 2023; Ivanov & Dolgui, 2021; Queiroz et al., 2023).

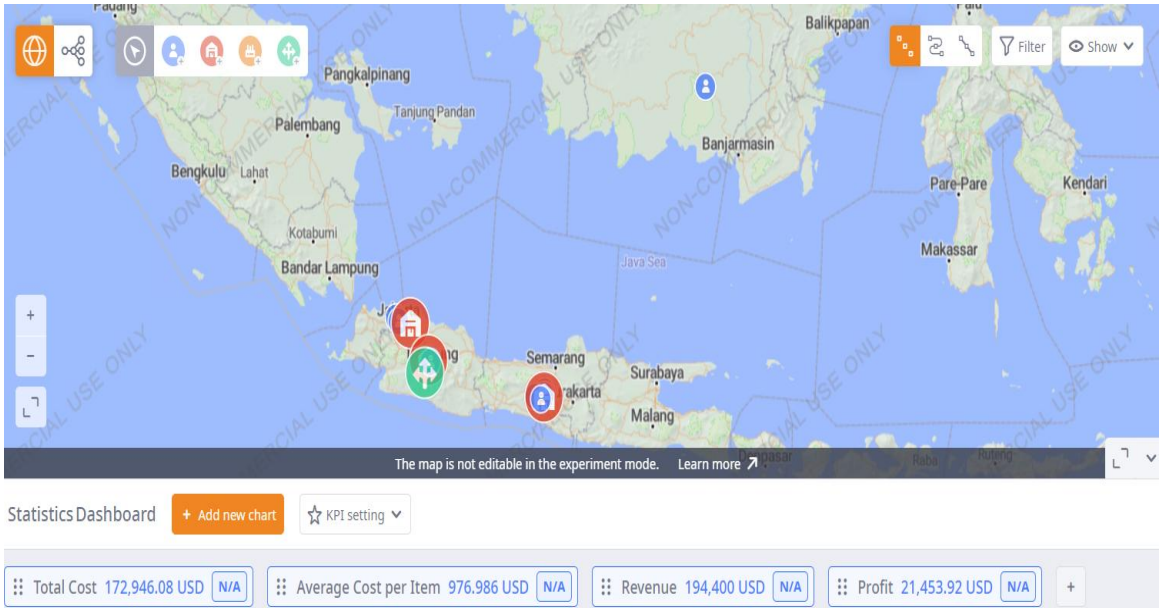
Hasil simulasi menunjukkan:

- *Revenue* meningkat menjadi USD 194.400.
- *Total Cost* meningkat menjadi USD 172.946,08 sebagai konsekuensi bertambahnya aktivitas distribusi dan fasilitas yang digunakan.
- *Profit* berubah menjadi positif sebesar USD 21.453,92.
- *Transportation Cost* menjadi USD 34.637,58.
- *Mean Lead Time* menurun menjadi 71,27 hari.

Walaupun total biaya operasional meningkat karena adanya penambahan fasilitas distribusi, peningkatan pendapatan yang diperoleh jauh lebih besar sehingga menghasilkan keuntungan (profit) yang positif. Hasil ini sejalan dengan temuan terbaru bahwa redesain jaringan distribusi dan penggunaan fasilitas konsolidasi dapat meningkatkan efisiensi layanan dan memperbaiki kinerja ekonomi secara keseluruhan (Boysen et al., 2021; Queiroz et al., 2023).

Penurunan lead time dari 99,84 hari menjadi 71,27 hari menunjukkan bahwa keberadaan *Distribution Center* mampu mempercepat proses distribusi kepada pelanggan. Bagi produk segar, pengurangan lead time sangat penting karena kualitas dan umur simpan sangat dipengaruhi oleh kecepatan distribusi serta pengendalian suhu selama rantai pasok (Ivanov & Dolgui, 2021). Selain itu, peningkatan kapasitas kendaraan memungkinkan pengiriman dalam jumlah yang lebih besar setiap perjalanan sehingga efisiensi distribusi meningkat melalui konsolidasi muatan dan pengurangan frekuensi perjalanan (Boysen et al., 2021).

Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa strategi penambahan *Distribution Center* berhasil meningkatkan performa jaringan logistik strawberry baik dari sisi keuntungan perusahaan maupun kecepatan pelayanan kepada pelanggan.



Berikut adalah tabel perbandingan simulasi dan hasil dalam currency USD ($1 = IDR 18.000) per tanggal 9 Juli 2026:

Tabel 3. Perbandingan Simulasi dan Hasil Dalam Currency USD

Indikator	Initial Condition	Improvement	Perubahan
Revenue	USD 47.250	USD 194.400	↑ **311,4%**
Total Cost	USD 53.580,29	USD 172.946,08	↑ 222,8%
Transportation Cost	USD 19.455,29	USD 34.637,58	↑ 78,0%
Profit	**−USD 6.330,29**	**USD 21.453,92**	Berubah dari rugi menjadi untung
Mean Lead Time	99,84 hari	71,27 hari	↓ **28,6%**
Spoilage Rate	30%	10%	↓ **66,7%**

SIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa redesign jaringan distribusi melalui penambahan tiga Distribution Center dan peningkatan kapasitas kendaraan mampu meningkatkan kinerja logistik stroberi. Strategi ini mengubah profit dari −USD 6.330,29 menjadi USD 21.453,92 serta menurunkan mean lead time dari 99,84 menjadi 71,27 hari, sehingga distribusi menjadi lebih efisien dan responsif. Pengelola kebun stroberi dan distributor disarankan menerapkan jaringan distribusi berbasis Distribution Center secara bertahap sesuai kapasitas produksi dan permintaan pasar untuk meningkatkan efisiensi operasional, menjaga kualitas produk, serta mengurangi potensi kehilangan produk selama distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

Adorni, E., Rozhok, A., & Revetria, R. (2022). *Didactic Of Teaching Failure Analysis And Logistic Planning Software*. 1–5.

Aljohani, K. (2023). Optimizing The Distribution Network Of A Bakery Facility: A Reduced Travelled Distance And Food-Waste Minimization Perspective. *Sustainability*, *15*(4), 3654.

Allen, J. L., Brou, R. J., Wiggins, S., Dubrow, S., Ratwani, K., & Lerario, M. (2022). *Assessment And Feedback Applications Of Rich Picture Methodology*. United States Army Research Institute For The Behavioral And Social Sciences.

Boysen, N., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2021). Last-Mile Delivery Concepts: A Survey From An Operational Research Perspective. *OR Spectrum*, *43*(1), 1–58. Https://Doi.Org/10.1007/S00291-020-00607-8

Iskandar, Y. A., Rachmawati, N. L., Kurniawan, A. C., Kurniawan, R. P., Sudiar, M. R., Ramadhan, D., & Widiyanti, A. (2023). Determining Distribution Center Locations To Optimize Food Supply Chain Integration (A Case Study Of An Agribusiness Company In Indonesia). *Majalah Ilmiah Bijak*, *2*(1), 1–13.

Ivanov, D. (2021). Supply Chain Viability And The COVID-19 Pandemic: A Conceptual And Formal Generalisation Of Four Major Adaptation Strategies. *International Journal Of Production Research*, *59*(12), 3535–3552. Https://Doi.Org/10.1080/00207543.2021.1890852

Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). A Digital Supply Chain Twin For Managing The Disruption Risks And Resilience In The Era Of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, *32*(9), 775–788.

Kumar, A., & Agrawal, S. (2023). Challenges And Opportunities For Agri-Fresh Food Supply Chain Management In India. *Computers And Electronics In Agriculture*, *212*, 108161.

Manzoor, S., Fayaz, U., Dar, A. H., Dash, K. K., Shams, R., Bashir, I., & Abdi, G. (2024a). Sustainable Development Goals Through Reducing Food Loss And Food Waste: A Comprehensive Review. *Future Foods*, *9*, 100362.

Manzoor, S., Fayaz, U., Dar, A. H., Dash, K. K., Shams, R., Bashir, I., & Abdi, G. (2024b). Sustainable Development Goals Through Reducing Food Loss And Food Waste: A Comprehensive Review. *Future Foods*, *9*, 100362.

Melly, S., Ernita, Y., Annisa, A., Marni, Y., Komala, R., Hendrita, V., & Jarlis, R. (2025). *Manajemen Rantai Pasok Agroindustri*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.

Queiroz, M. M., Fosso Wamba, S., Pereira, S. C. F., & Chiappetta Jabbour, C. J. (2023). The Metaverse As A Breakthrough For Operations And Supply Chain Management: Implications And Call For Action. *International Journal Of Operations & Production Management*, *43*(10), 1539–1553.

Sharafi, H., Alirezalu, A., Liu, S. Q., Karami, A., & Moradi, M. (2024). Postbiotics-Enriched Flaxseed Mucilage Coating: A Solution To Improving Postharvest Quality And Shelf Life Of Strawberry. *International Journal Of Biological Macromolecules*, *265*, 131398.

Steynberg, P., Goedhals-Gerber, L. L., & Van Dyk, E. (2022). An Analysis Of The Impact Of Logistics Processes On The Temperature Profile Of The Beginning Stages Of A Blueberry Supply Chain. *Horticulturae*, *8*(12), 1191.

Vitorino, L., Costa, I. P., Terra, A. V., Medina, A. C., Gomes, C. F., & Santos, M. (2022). Analysis Of Food Distribution Network Using Anylogistix Computational Tool. *IFAC-Papersonline*, *55*(10), 2018–2023.

Vitorino, L., Silva, F. C., Gomes, C. F., Medina, A. C., & Santos, M. (2022). Simulation Of The Grape Distribution Network In The São Francisco Valley Region: Anylogistix. *Procedia Computer Science*, *214*, 1015–1022.