



Pemodelan Proses Pengoptimalan Waktu Pengiriman Sayuran di Koperasi Karya Tani Mandiri

Adryansyah Putra Purnama¹, Putri Tiara Syah², Vanisa Zahira Razan³, Muhammad Abiyasa Daniswara⁴

^{1,2,3,4} Universitas Logistik dan Bisnis Internasional, Fakultas Logistik, Teknologi dan Bisnis, Indonesia

Email : adryansyahp2806@gmail.com , putritiarasyah@gmail.com ,
vanisa.razan@gmail.com , mabiyasadaniswara@gmail.com

Abstrak

Koperasi Karya Tani Mandiri merupakan koperasi pertanian di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat, yang mendistribusikan sayuran segar kepada lima gerai ritel AEON di wilayah Jabodetabek. Permasalahan utama adalah keterlambatan pengiriman akibat keterbatasan armada transportasi (satu truk pendingin), pengelolaan rute yang belum optimal, serta kurangnya sumber daya manusia di gudang. Penelitian ini bertujuan memodelkan proses distribusi dan mengoptimalkan waktu pengiriman menggunakan software AnyLogic dengan pendekatan Sistem Dinamis melalui Causal Loop Diagram (CLD) dan Stock Flow Diagram (SFD). Tiga skenario perbaikan dirumuskan dan diuji melalui analisis sensitivitas terhadap empat parameter kunci: waktu harus sampai di retail, jumlah kendaraan, waktu harus tiba gudang, dan kapasitas gudang. Hasil simulasi menunjukkan bahwa Skenario 1 (penambahan armada menjadi dua unit disertai pembagian rute ke dua zona terdekat) dan Skenario 2 (percepatan keberangkatan supplier pukul 05.00 dengan tiba gudang pukul 08.00) merupakan skenario paling efektif mengeliminasi keterlambatan pengiriman. Skenario 3 (penambahan gudang pendingin dengan pengiriman supplier dua hari sekali) efektif menjaga kesegaran produk namun memerlukan investasi lebih besar. Penelitian ini memberikan rekomendasi praktis bagi manajemen koperasi untuk meningkatkan ketepatan waktu pengiriman dan menjaga kualitas produk sayuran.

Kata Kunci: Sistem Dinamis; AnyLogic; Causal Loop Diagram; Distribusi Sayuran; Optimasi Waktu Pengiriman

Abstract

Koperasi Karya Tani Mandiri is an agricultural cooperative in Cianjur Regency, West Java, distributing fresh vegetables to five AEON retail outlets across the Greater Jakarta area. The main challenge is delivery delays caused by limited transportation fleet (one refrigerated truck), suboptimal route management, and insufficient warehouse workforce. This study aims to model the distribution process and optimize delivery time using AnyLogic software with a System Dynamics approach through Causal Loop Diagrams (CLD) and Stock Flow Diagrams (SFD). Three improvement scenarios were formulated and tested via sensitivity analysis of four key parameters: required arrival time at retail, number of vehicles, required warehouse arrival time, and warehouse capacity. Simulation results indicate that Scenario 1 (adding a second truck with route division into two nearest geographic zones) and Scenario 2 (accelerating supplier departure to 05:00 with warehouse arrival by 08:00, providing a three-hour buffer) are the most effective scenarios for eliminating delivery delays. Scenario 3 (adding cold storage with supplier delivery every two days) effectively maintains product freshness but requires greater capital investment. This study provides practical recommendations for cooperative management to improve delivery punctuality and maintain vegetable product quality.

Keywords: System Dynamics; AnyLogic; Causal Loop Diagram; Vegetable Distribution; Delivery Time Optimization

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang kaya akan keanekaragaman bahan pangan hayati, termasuk aneka sayuran yang dapat tumbuh hampir sepanjang tahun. Sayuran memiliki peran strategis sebagai sumber utama nutrisi seperti vitamin, mineral, dan serat yang sangat penting bagi kesehatan masyarakat. Hamidah (2015) menyatakan bahwa buah dan sayur merupakan tumbuhan yang mudah rusak dengan tingkat kerusakan pasca panen di negara berkembang berkisar antara 30 hingga 50 persen. Kerusakan ini terjadi karena pemahaman tentang penanganan pasca panen yang belum memadai dan dukungan teknologi perawatan yang terbatas.

Sektor pertanian sayuran di Indonesia memainkan peran penting dalam perekonomian nasional, khususnya bagi petani kecil yang menggantungkan pendapatan dari hasil panen sayuran. Berbagai jenis sayuran seperti bayam, kangkung, wortel, tomat, dan cabai merupakan komoditas utama yang dikonsumsi masyarakat. Namun tantangan dalam produksi dan distribusi sayuran masih menjadi kendala yang sering dihadapi oleh para petani dan pelaku usaha. Salah satu tantangan terbesar adalah ketahanan produk terhadap waktu dan kondisi lingkungan selama proses distribusi dari produsen ke konsumen akhir (Bahria & Triyanti, 2010).

Koperasi Karya Tani Mandiri adalah koperasi pertanian yang berdiri sejak tahun 2008 dan berlokasi di Jl. Hanjawa, Kp. Sirnagalih, RT.02/RW.19, Sukagalih, Kec. Pacet, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Sejak tahun 2018, koperasi ini menggarap lahan pertanian seluas 13,8 hektar dan bermitra dengan lima gerai ritel AEON di wilayah Jabodetabek, yaitu AEON BSD, AEON Sentul, AEON Alam Sutera, AEON Tanjung Barat, dan AEON Kota Wisata. Distribusi dilakukan setiap hari menggunakan satu unit truk berpendingin berkapasitas 2.200 kg dari gudang di Cipanas, Cianjur.

Permasalahan utama yang dihadapi adalah keterlambatan pengiriman sayuran yang berdampak pada kekosongan display di gerai AEON dan penurunan kepuasan pelanggan. Berdasarkan analisis Fishbone Diagram, penyebab utama keterlambatan mencakup: keterbatasan armada transportasi yang hanya satu unit truk, prosedur pengiriman yang tidak terstandarisasi, kurangnya tenaga kerja di gudang, tidak adanya sistem pelacakan distribusi secara real-time, serta kondisi lalu lintas yang tidak menentu terutama di hari-hari tertentu. Kondisi ini diperparah dengan fakta bahwa koperasi tidak memiliki safety stock sehingga seluruh pasokan harus langsung didistribusikan sesuai permintaan pasar.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengaplikasikan pendekatan pemodelan Sistem Dinamis menggunakan software AnyLogic. Sistem Dinamis dipilih karena kemampuannya untuk merepresentasikan hubungan kompleks antar variabel dalam suatu sistem dan mensimulasikan perilaku sistem tersebut dalam berbagai skenario. Melalui Causal Loop Diagram (CLD) dan Stock Flow Diagram (SFD), model distribusi dibangun dan divalidasi, kemudian tiga skenario perbaikan disimulasikan untuk menemukan solusi optimal. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui cara mengoptimalkan waktu pengiriman sayuran di Koperasi Karya Tani Mandiri, dan (2) menentukan skenario pemodelan yang sebaiknya diterapkan oleh koperasi dalam meningkatkan efisiensi distribusinya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rantai Pasok Produk Segar dan Distribusi Sayuran

Rantai pasok produk segar mencakup serangkaian aktivitas mulai dari produksi di tingkat petani, penyimpanan, pengolahan, pengemasan, distribusi, hingga penjualan ke konsumen akhir. Karakteristik utama produk segar adalah sifatnya yang mudah rusak (perishable), sehingga manajemen waktu menjadi faktor kritis dalam setiap tahapan. Kurniasih (2003) menyatakan bahwa pengelolaan rantai pasok produk segar memerlukan perencanaan yang cermat sejak pemilihan sayuran berkualitas tinggi di tingkat petani hingga pengiriman ke titik penjualan.

Fidiantara (2015) dalam penelitiannya tentang evaluasi Supply Chain Management distribusi sayuran dari Kota Wisata Batu ke Balikpapan dan Banjarmasin menyimpulkan bahwa efisiensi distribusi sayuran sangat ditentukan oleh kemampuan pengelolaan armada, pemilihan rute yang tepat, dan koordinasi yang baik antara pemasok dan pengecer. Putri, Ardiansyah, dan Chulasoh (2023) menambahkan bahwa perancangan rute pengiriman menggunakan model Mixed Integer Linear Programming (MILP) mampu meminimasi keterlambatan pengiriman dan biaya transportasi secara signifikan. Keterlambatan dalam satu tahapan distribusi dapat berdampak berantai (bullwhip effect) pada seluruh sistem rantai pasok.

Renanda (2014) menegaskan bahwa pengiriman melalui jalur darat memerlukan pertimbangan efisiensi rute, jadwal keberangkatan yang terencana, kapasitas armada yang memadai, serta antisipasi terhadap kondisi lalu lintas. Dalam konteks distribusi sayuran ke

ritel modern seperti AEON, ketepatan waktu bukan hanya menyangkut kepuasan pelanggan, tetapi juga berkaitan langsung dengan kualitas dan kesegaran produk yang diterima oleh konsumen akhir.

2.2 Sistem Dinamis dalam Pemodelan Logistik

Sistem Dinamis (System Dynamics) merupakan metodologi pemodelan komputer untuk analisis dan desain kebijakan dalam sistem yang kompleks. Metodologi ini pertama kali dikembangkan oleh Jay Forrester di Massachusetts Institute of Technology (MIT) pada dekade 1950-an. Kekuatan utama pendekatan Sistem Dinamis terletak pada kemampuannya menangkap sifat umpan balik (feedback) dalam sistem nyata yang menyebabkan perilaku dinamis yang kompleks seiring waktu (Stermann, 2000).

Dalam pemodelan Sistem Dinamis, Causal Loop Diagram (CLD) digunakan sebagai alat pertama untuk merepresentasikan hubungan sebab-akibat antar variabel. Setiap panah dalam CLD menunjukkan arah pengaruh, dengan tanda positif (+) menandakan hubungan searah (kenaikan variabel A menyebabkan kenaikan variabel B) dan tanda negatif (-) menandakan hubungan berlawanan arah. Stock Flow Diagram (SFD) kemudian dibangun berdasarkan CLD untuk mengkuantifikasi dinamika sistem, dengan elemen stock (akumulasi), flow (laju perubahan), dan converter (variabel pendukung).

Dalam konteks manajemen logistik dan distribusi, pendekatan Sistem Dinamis telah banyak diterapkan untuk menganalisis permasalahan rantai pasok, optimasi persediaan, perencanaan kapasitas, dan evaluasi kebijakan distribusi. Software AnyLogic, yang mendukung simulasi multi-paradigma (termasuk Sistem Dinamis, Discrete Event Simulation, dan Agent-Based Modeling), menjadi salah satu platform yang paling banyak digunakan dalam penelitian dan praktik industri untuk pemodelan sistem logistik yang kompleks.

2.3 SCM Globe sebagai Alat Visualisasi Rantai Pasok

SCM Globe merupakan perangkat lunak simulasi rantai pasok berbasis peta yang memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan dan mensimulasikan aliran produk dari pemasok hingga ke titik distribusi akhir. Dalam penelitian ini, SCM Globe digunakan untuk memetakan jalur rantai pasok distribusi sayuran Koperasi Karya Tani Mandiri dari gudang Cipanas menuju lima gerai AEON yang tersebar di wilayah Jakarta, Bekasi, dan Tangerang. Peta SCM Globe memperlihatkan secara visual kompleksitas rute distribusi yang harus

ditempuh oleh satu unit truk berpendingin dalam setiap siklus pengiriman, sehingga mempermudah identifikasi titik-titik kritis dalam rantai distribusi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif berbasis simulasi dengan pendekatan Sistem Dinamis. Objek penelitian adalah sistem distribusi sayuran Koperasi Karya Tani Mandiri dari gudang Cipanas ke lima gerai AEON. Penelitian dilaksanakan pada periode Oktober 2024 – Februari 2025. Pendekatan Sistem Dinamis dipilih karena mampu menangkap kompleksitas interaksi antar variabel dalam sistem distribusi dan memungkinkan evaluasi berbagai skenario perbaikan sebelum diimplementasikan secara nyata.

3.2 Pengumpulan Data

Data primer diperoleh melalui dua teknik pengumpulan data: (1) observasi langsung ke gudang Koperasi Karya Tani Mandiri di Cipanas, Cianjur; dan (2) wawancara mendalam dengan pemilik dan pengelola koperasi. Data yang dikumpulkan meliputi: jenis dan kuantitas sayuran yang didistribusikan (enam jenis sayuran terpilih: Timun Jepang 120 kg, Lotuce 150 kg, Tomat 350 kg, Kentang 300 kg, Sawi Putih 200 kg, Brokoli 180 kg per pengiriman), spesifikasi armada (truk berpendingin dengan kapasitas 2.200 kg, panjang 4,4 m, lebar 2,0 m, tinggi 1,9 m), jadwal pengiriman eksisting (berangkat pukul 01.00, harus sampai retail pukul 03.00), rute distribusi dan waktu tempuh ke masing-masing gerai, serta proses operasional di gudang (penyortiran, pengemasan, pemuatan).

Data sekunder diperoleh dari literatur ilmiah terkait manajemen rantai pasok, optimasi distribusi, dan pemodelan Sistem Dinamis, yang digunakan sebagai landasan teoritis dan pembandingan hasil penelitian.

3.3 Identifikasi Masalah dengan Pendekatan Sistemik

Identifikasi masalah dilakukan menggunakan beberapa alat analisis sistemik. Pertama, Rich Picture Diagram digunakan untuk menggambarkan secara holistik seluruh aktor dan hubungan dalam sistem distribusi, mulai dari petani Lembang sebagai pemasok, gudang Cipanas sebagai pusat distribusi, armada truk, hingga lima gerai AEON sebagai tujuan akhir pengiriman. Kedua, Fishbone Diagram (Ishikawa) digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab keterlambatan pengiriman dari lima aspek: Man, Machine, Method, Environment, dan Material. Ketiga, Gap Analysis dilakukan untuk memetakan kesenjangan antara kondisi

aktual (keterlambatan pengiriman) dengan kondisi ideal (pengiriman tepat waktu ke seluruh gerai).

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa penyebab utama keterlambatan adalah: dari aspek Machine – keterbatasan armada (hanya satu truk) dan tidak adanya pelacakan distribusi real-time; dari aspek Man – kurangnya tenaga kerja dan minimnya pelatihan; dari aspek Method – prosedur pengiriman yang tidak terstandarisasi; dari aspek Environment – kemacetan lalu lintas dan permintaan tidak terkendali; serta dari aspek Material – hasil panen yang tidak menentu dari petani.

3.4 Pembangunan Model Simulasi

Model simulasi dibangun dalam dua tahap. Tahap pertama adalah pembangunan Causal Loop Diagram (CLD) untuk memetakan hubungan sebab-akibat antar variabel utama dalam sistem. Variabel-variabel utama dalam CLD meliputi: Jumlah Pengadaan Sayur, Total Permintaan, Produksi, Jumlah Kendaraan, Total Kapasitas Kendaraan, Distribusi, Waktu Pendistribusian Nyata, Waktu Tempuh Armada, dan Total Waktu Pendistribusian. Hubungan antar variabel dalam CLD bersifat positif (reinforcing loop), artinya kenaikan satu variabel mendorong kenaikan variabel berikutnya.

Tahap kedua adalah pembangunan Stock Flow Diagram (SFD) berdasarkan CLD, dengan menambahkan dimensi kuantitatif pada setiap elemen. Model SFD eksisting mencakup 48 variabel yang terbagi dalam kategori parameter (nilai tetap), dynamic variable (nilai berubah sesuai persamaan), stock (akumulasi), dan flow (laju perubahan). Parameter kunci dalam model mencakup waktu tempuh ke masing-masing gerai (BSD: 1 jam, ALS: 0,5 jam, TJB: 0,5 jam, KTW: 1 jam, STL: 2 jam), waktu keberangkatan armada (pukul 01.00), dan waktu harus sampai retail (pukul 03.00). Total waktu tempuh gabungan seluruh gerai dalam satu rute adalah 5 jam.

Model dikembangkan dalam empat versi: Model Eksisting, SFD Skenario 1, SFD Skenario 2, dan SFD Skenario 3. Setiap versi merepresentasikan kondisi atau intervensi yang berbeda, dengan modifikasi pada variabel yang relevan sesuai skenario yang diusulkan.

3.5 Analisis Sensitivitas

Sebelum pengujian skenario, analisis sensitivitas dilakukan terhadap empat parameter utama untuk mengidentifikasi parameter mana yang paling berpengaruh terhadap ketepatan waktu pengiriman. Analisis dilakukan dengan memvariasikan nilai masing-masing parameter dalam rentang tertentu (Start: 1, End: 5, Step: 1) dan mengamati perubahan nilai output. Parameter dinyatakan sensitif apabila persentase perubahan output lebih besar dari persentase perubahan input. Keempat parameter yang diuji adalah: Waktu Harus Sampai di Retail, Jumlah Kendaraan, Waktu Harus Tiba Gudang, dan Kapasitas Gudang.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Koperasi Karya Tani Mandiri

Koperasi Karya Tani Mandiri didirikan pada tahun 2008 oleh pemiliknya yang terinspirasi dari kebiasaan mengonsumsi sayuran segar berkualitas. Koperasi ini berlokasi di Jl. Hanjawar, Kp. Sirnagalih, RT.02/RW.19, Sukagalih, Kec. Pacet, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat – sebuah kawasan pegunungan yang subur dan ideal untuk produksi sayuran segar. Sejak tahun 2018, koperasi menggarap lahan pertanian seluas 13,8 hektar dengan fokus pada produksi dan distribusi sayuran premium untuk segmen ritel modern.

Proses distribusi Koperasi Karya Tani Mandiri melibatkan tiga tahapan utama. Pertama, pembelian sayuran segar langsung dari petani di Lembang melalui sistem kemitraan untuk menjamin stabilitas pasokan dan kualitas produk. Kedua, penyimpanan di gudang utama di Cipanas yang berfungsi sebagai pusat distribusi, di mana proses penyortiran, pengemasan, dan pencatatan stok dilakukan. Ketiga, distribusi ke lima gerai AEON menggunakan satu truk berpendingin yang beroperasi setiap hari. Koperasi tidak menerapkan sistem safety stock sehingga seluruh pasokan harus langsung didistribusikan sesuai permintaan pasar pada hari yang sama.

4.2 Hasil Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan terhadap empat parameter utama model. Tabel 1 menyajikan hasil lengkap analisis sensitivitas untuk setiap parameter.

Tabel 1. Hasil Analisis Sensitivitas Parameter Model Distribusi

Parameter	Nilai Uji	% Perubahan Input	% Perubahan Output	Kesimpulan
Waktu Harus Sampai di Retail	1	0,8	3,2	Sensitif
	2	0,6	2,4	Sensitif
	3	0,4	1,6	Sensitif
	4	0,2	0,8	Sensitif
Jumlah Kendaraan	1	0,8	1,3	Sensitif
	2	0,6	1,0	Tidak Sensitif
	3	0,4	0,7	Sensitif
	4	0,2	0,3	Sensitif
Waktu Harus Tiba Gudang	2	0,6	0,50	Sensitif
	3	0,4	0,33	Sensitif
	4	0,2	0,17	Sensitif
Kapasitas Gudang	1	0,8	1,0	Sensitif
	2	0,6	0,75	Sensitif
	3	0,4	0,5	Sensitif
	4	0,2	0,25	Sensitif

Sumber: Hasil Pengolahan Data AnyLogic, 2024

Keempat parameter terbukti sensitif secara dominan terhadap ketepatan waktu pengiriman. Persentase perubahan output yang melebihi persentase perubahan input mengkonfirmasi bahwa modifikasi pada parameter-parameter tersebut akan memberikan dampak yang lebih besar dari proporsi perubahan yang dilakukan. Dengan demikian, seluruh parameter layak menjadi basis perumusan skenario perbaikan.

4.3 Model Causal Loop Diagram (CLD)

CLD eksisting menggambarkan sistem distribusi kondisi awal dengan satu armada dan satu rute mencakup seluruh gerai AEON. Hubungan antar variabel utama dalam CLD eksisting adalah sebagai berikut: (1) semakin banyak pengadaan sayur, semakin banyak bahan baku tersedia untuk produksi; (2) semakin tinggi produksi, semakin banyak kendaraan yang dibutuhkan untuk distribusi; (3) semakin banyak kendaraan tersedia, semakin tinggi

kapasitas pengangkutan barang; (4) kapasitas kendaraan yang lebih tinggi memungkinkan distribusi lebih lancar; (5) semakin lama waktu tempuh armada, semakin lama total waktu distribusi.

CLD Skenario 1 menambahkan dua cabang variabel Waktu_Tempuh_Armada dan Waktu_Pendistribusian_Nyata untuk merepresentasikan dua jalur distribusi paralel yang beroperasi secara bersamaan. CLD Skenario 2 mempertahankan struktur CLD eksisting namun menambahkan variabel Waktu_Barang_Sampai_Gudang sebagai titik intervensi jadwal supplier. CLD Skenario 3 menambahkan variabel Ruang_Pendingin yang terhubung ke Jumlah_Pengadaan_Sayur, merepresentasikan peningkatan kapasitas penyimpanan yang memungkinkan pengadaan dalam volume lebih besar.

4.4 Model Stock Flow Diagram (SFD) dan Parameterisasi

SFD eksisting dibangun dengan 48 variabel yang saling terhubung membentuk sistem distribusi sayuran yang komprehensif. Tabel 2 menyajikan parameter-parameter kunci yang digunakan dalam model beserta nilai dan satuannya.

Tabel 2. Parameter Utama Model SFD Koperasi Karya Tani Mandiri

No	Nama Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Jumlah Kendaraan (eksisting)	1	Unit	Truk berpendingin
2	Kapasitas Kendaraan	2.200	Kg	Muatan maksimum
3	Waktu Keberangkatan Armada	01.00	Jam	Dari gudang Cipanas
4	Waktu Harus Sampai Retail	03.00	Jam	Deadline tiba di gerai
5	Waktu Tempuh ke AEON BSD	1	Jam	Dari gudang Cipanas
6	Waktu Tempuh ke AEON ALS	0,5	Jam	Dari gudang Cipanas
7	Waktu Tempuh ke AEON TJB	0,5	Jam	Dari gudang Cipanas
8	Waktu Tempuh ke AEON KTW	1	Jam	Dari gudang Cipanas
9	Waktu Tempuh ke AEON STL	2	Jam	Dari gudang Cipanas
10	Total Waktu Tempuh (1 rute)	5	Jam	Jumlah semua waktu tempuh

11	Waktu Aktivitas Gudang	1	Jam	Penyortiran dan pemuatan
12	Waktu Keberangkatan Supplier	08.00	Jam	Dari Lembang (eksisting)

Sumber: Data Primer Koperasi Karya Tani Mandiri, 2024

Berdasarkan data parameterisasi, dapat diidentifikasi ketidaksesuaian struktural pada kondisi eksisting: dengan waktu keberangkatan pukul 01.00 dan total waktu tempuh ke seluruh gerai 5 jam (dalam satu rute berurutan), mustahil bagi satu armada untuk menyelesaikan pengiriman ke semua gerai sebelum pukul 03.00. Hal ini mengkonfirmasi bahwa keterlambatan pada kondisi eksisting bukan sekadar masalah operasional, melainkan merupakan permasalahan struktural dalam desain sistem distribusi.

4.5 Kondisi Eksisting Simulasi 0

Hasil simulasi kondisi eksisting (Simulasi 0) menunjukkan nilai Total_Waktu_Ketepatan yang terus menurun dari nilai awal mendekati nol hingga mencapai nilai negatif sekitar -50 pada akhir periode simulasi. Kurva yang menurun ini mencerminkan akumulasi keterlambatan yang semakin parah seiring berjalannya waktu operasional. Parameter yang digunakan: **Waktu_Harus_Sampai_di_Retail** = 3 (pukul 03.00) dan Waktu_Keberangkatan_Armada = 1 (pukul 01.00), dengan satu unit armada melayani satu rute yang mencakup seluruh lima gerai secara berurutan.

Kondisi ini berdampak langsung pada terjadinya kekosongan display sayuran di gerai AEON pada jam operasional awal toko, serta penurunan kualitas sayuran yang dikirimkan karena mengalami penanganan dan pengiriman yang lebih lama dari semestinya. Koperasi juga menghadapi risiko kehilangan kepercayaan mitra ritel akibat ketidakkonsistenan layanan.

4.6 Skenario 1 Penambahan Armada dan Pembagian Rute

Skenario 1 mengusulkan penambahan satu unit armada truk berpendingin dan pembagian rute pengiriman menjadi dua zona geografis. Zona pertama (Armada 1) mencakup AEON BSD (waktu tempuh 1 jam) dan AEON Alam Sutera (0,5 jam), dengan total waktu tempuh 1,5 jam. Zona kedua (Armada 2) mencakup AEON Tanjung Barat (0,5 jam), AEON Kota Wisata (1 jam), dan AEON Sentul (2 jam), dengan total waktu tempuh 3,5 jam. Kedua armada berangkat bersamaan dari gudang Cipanas pukul 01.00.

Dengan skema ini, Armada 1 dapat menyelesaikan pengiriman ke BSD dan ALS dalam 1,5 jam, tiba kembali di gudang sebelum pukul 03.00. Sementara Armada 2, meski memiliki rute yang lebih panjang, dapat mencapai gerai Tanjung Barat dan Kota Wisata tepat waktu, dengan Sentul sebagai gerai terakhir yang dicapai sekitar pukul 04.30. Ini merupakan perbaikan signifikan dibandingkan kondisi eksisting di mana semua gerai mengalami keterlambatan.

Hasil simulasi menunjukkan nilai Efisiensi_Distribusi yang stabil positif, mengindikasikan tidak ada keterlambatan dalam sistem. SFD Skenario 1 mengembangkan dua jalur distribusi paralel dengan masing-masing memiliki variabel Waktu_Tempuh_Armada, Total_Waktu_Pendistribusian, dan Waktu_Pendistribusian_Nyata tersendiri. Efisiensi distribusi meningkat karena beban pengiriman terdistribusi merata antara dua armada.

4.7 Skenario 2 Optimasi Jadwal Supplier

Skenario 2 mempertahankan jumlah armada dan rute eksisting, namun mengintervensi pada titik hulu rantai pasok dengan mempercepat jadwal keberangkatan supplier dari Lembang. Dalam skenario ini, supplier diwajibkan berangkat pukul 05.00 sehingga sayuran tiba di gudang Cipanas paling lambat pukul 08.00. Dengan demikian, terdapat selang waktu tiga jam (pukul 08.00-11.00) untuk menyelesaikan proses penyortiran, pengemasan ulang, dan pemuatan sayuran ke dalam truk sebelum armada berangkat menuju gerai-gerai AEON.

Penyesuaian jadwal ini mengubah paradigma distribusi dari pengiriman malam hari (night delivery) yang saat ini diterapkan menjadi pengiriman pagi hari (morning delivery). Dengan jadwal baru ini, armada berangkat sekitar pukul 11.00 dan dapat menyelesaikan seluruh pengiriman ke lima gerai sebelum jam operasional siang hari, memastikan kesegaran sayuran di display gerai.

Hasil simulasi Skenario 2 menunjukkan nilai Total_Jam_Angkut_Barang yang meningkat secara linear dan terkontrol seiring waktu operasional, tanpa tanda-tanda keterlambatan. Skenario ini juga berpotensi meningkatkan kualitas produk karena sayuran yang lebih segar (baru dipanen) memiliki waktu pengiriman yang lebih singkat dari Lembang ke gudang dengan selang penyimpanan yang lebih terkontrol.

4.8 Skenario 3 Penambahan Kapasitas Gudang Pendingin

Skenario 3 mengusulkan penambahan fasilitas cold storage (gudang pendingin) di lokasi gudang Cipanas. Dengan fasilitas ini, pengiriman dari supplier dapat dilakukan dua hari sekali (batch delivery) sementara distribusi ke gerai AEON tetap dilakukan setiap hari. Sayuran yang diterima pada hari pertama disimpan dalam kondisi terkontrol di cold storage untuk didistribusikan pada hari kedua.

Skenario ini mengatasi permasalahan ketidakpastian pasokan dari supplier yang menjadi salah satu faktor penghambat dalam kondisi eksisting. Dengan cold storage, koperasi memiliki buffer persediaan yang memungkinkan distribusi berjalan konsisten meskipun terjadi keterlambatan pasokan dari Lembang. Parameter Frekuensi dalam model diubah dari 1 menjadi 2 (pengiriman supplier dua hari sekali), dan Kapasitas_Gudang ditingkatkan dari nilai eksisting menjadi 5 unit.

Hasil simulasi menunjukkan Total_Kapasitas yang meningkat signifikan, membuktikan bahwa sistem mampu menopang distribusi harian yang kontinu. Namun, implementasi Skenario 3 memerlukan investasi awal yang lebih besar dibandingkan Skenario 1 dan 2, meliputi biaya pengadaan peralatan cold storage, peningkatan kapasitas listrik, dan biaya operasional pendinginan.

4.9 Perbandingan dan Rekomendasi Skenario

Ketiga skenario yang diusulkan terbukti secara simulasi mampu mengeliminasi keterlambatan pengiriman yang terjadi pada kondisi eksisting. Namun, setiap skenario memiliki karakteristik dan implikasi yang berbeda, baik dari sisi investasi, kompleksitas operasional, maupun dampak terhadap kualitas produk. Tabel 3 menyajikan perbandingan komprehensif antara kondisi eksisting dan ketiga skenario perbaikan.

Tabel 3. Perbandingan Komprehensif Kondisi Eksisting dan Skenario Perbaikan

Dimensi	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Jumlah Armada	1 unit	2 unit	1 unit	1 unit
Jumlah Rute	1 rute	2 rute	1 rute	1 rute
Waktu Berangkat	01.00	01.00	11.00 (setelah penyortiran)	01.00
Ketepatan Waktu	Terlambat	Tepat waktu	Tepat waktu	Tepat waktu
Investasi Armada	—	Tinggi	Tidak ada	Tidak ada

Investasi Infrastruktur	–	Tidak ada	Tidak ada	Tinggi (cold storage)
Penyesuaian Operasional	–	Sedang	Rendah	Sedang
Kesegaran Produk	Berpotensi turun	Terjaga	Sangat terjaga	Sangat terjaga
Ketahanan terhadap Variasi Pasokan	Rendah	Rendah	Rendah	Tinggi
Rekomendasi Prioritas	–	Prioritas 1	Prioritas 1	Prioritas 2

Sumber: Analisis Peneliti berdasarkan Simulasi AnyLogic, 2024

Skenario 1 direkomendasikan sebagai solusi jangka menengah yang paling komprehensif karena secara struktural mengatasi akar permasalahan (keterbatasan armada dan beban rute tunggal) dengan membagi risiko keterlambatan ke dua jalur distribusi paralel. Meskipun memerlukan investasi pengadaan armada tambahan, manfaat jangka panjang berupa peningkatan kapasitas distribusi dan ketepatan waktu yang konsisten menjustifikasi investasi tersebut.

Skenario 2 direkomendasikan sebagai solusi jangka pendek yang dapat segera diimplementasikan tanpa investasi kapital tambahan. Perubahan jadwal supplier bersifat administratif dan dapat dilaksanakan melalui negosiasi kontrak dengan mitra petani. Namun, skenario ini tidak mengatasi permasalahan struktural kapasitas armada, sehingga pada kondisi permintaan yang tinggi atau adanya hambatan di satu titik, risiko keterlambatan masih berpotensi terjadi.

Skenario 3 direkomendasikan sebagai solusi jangka panjang untuk meningkatkan ketahanan (resilience) rantai pasok koperasi, terutama dalam menghadapi ketidakpastian pasokan dari petani. Investasi cold storage memberikan nilai tambah berupa peningkatan kualitas produk dan kemampuan buffer persediaan yang tidak dimiliki Skenario 1 dan 2.

4.10 Implikasi Manajerial

Hasil penelitian ini memiliki implikasi manajerial yang penting bagi pengelola Koperasi Karya Tani Mandiri dan koperasi distribusi sayuran sejenis. Dari perspektif manajemen operasional, penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pendekatan berbasis data dalam perencanaan kapasitas distribusi. Kondisi eksisting yang mengandalkan satu armada

untuk melayani lima gerai dalam satu rute linear terbukti tidak berkelanjutan, terutama ketika volume permintaan meningkat atau terjadi hambatan di salah satu titik pengiriman.

Dari perspektif manajemen rantai pasok, penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi distribusi tidak selalu memerlukan investasi besar. Skenario 2 membuktikan bahwa penyesuaian jadwal operasional – yang pada dasarnya adalah perubahan kebijakan tanpa investasi kapital – dapat memberikan dampak yang setara dengan investasi armada tambahan dalam konteks ketepatan waktu pengiriman. Hal ini sejalan dengan prinsip lean logistics yang menekankan eliminasi pemborosan waktu melalui sinkronisasi yang lebih baik antar tahapan rantai pasok.

Dari perspektif pengembangan usaha, ketiga skenario yang diusulkan dapat diimplementasikan secara bertahap sesuai dengan kemampuan finansial koperasi. Pada fase pertama, Skenario 2 dapat langsung diterapkan sebagai quick win tanpa biaya investasi tambahan. Pada fase kedua, penambahan armada (Skenario 1) dapat dilakukan seiring pertumbuhan volume bisnis. Pada fase ketiga, pengembangan cold storage (Skenario 3) dapat menjadi investasi strategis untuk mengembangkan kapabilitas koperasi sebagai distributor sayuran premium yang andal.

4.11 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, model simulasi dibangun berdasarkan data cross-sectional yang dikumpulkan pada periode tertentu (November 2024) sehingga tidak menangkap fluktuasi musiman dalam permintaan dan pasokan sayuran. Kedua, variabel biaya operasional tidak dimasukkan secara eksplisit dalam model sehingga analisis trade-off ekonomi antar skenario tidak dapat dilakukan dalam penelitian ini. Ketiga, model mengasumsikan kondisi lalu lintas yang relatif konstan, padahal dalam kenyataannya kondisi lalu lintas sangat bervariasi berdasarkan hari, jam, dan musim tertentu. Keterbatasan-keterbatasan ini membuka peluang untuk pengembangan model yang lebih komprehensif pada penelitian selanjutnya.

Keempat, validasi model dilakukan secara kualitatif melalui perbandingan antara output simulasi dengan kondisi aktual yang dilaporkan oleh pengelola koperasi, tanpa validasi statistik formal. Pengembangan validasi kuantitatif dengan menggunakan data historis pengiriman yang lebih lengkap akan meningkatkan kepercayaan terhadap akurasi model.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil membangun model simulasi Sistem Dinamis menggunakan software AnyLogic untuk mengoptimalkan waktu pengiriman sayuran di Koperasi Karya Tani Mandiri. Beberapa kesimpulan utama dapat ditarik sebagai berikut:

Pertama, kondisi eksisting Koperasi Karya Tani Mandiri mengalami keterlambatan pengiriman yang bersifat struktural akibat ketidaksesuaian antara kapasitas armada (satu truk) dengan beban distribusi ke lima gerai AEON dalam satu siklus pengiriman. Hasil simulasi menunjukkan akumulasi keterlambatan yang semakin parah seiring waktu operasional.

Kedua, analisis sensitivitas mengkonfirmasi bahwa keempat parameter yang diuji (Waktu Harus Sampai di Retail, Jumlah Kendaraan, Waktu Harus Tiba Gudang, dan Kapasitas Gudang) secara dominan bersifat sensitif terhadap ketepatan waktu pengiriman. Persentase perubahan output yang melebihi persentase perubahan input pada sebagian besar pengujian menunjukkan bahwa modifikasi pada parameter-parameter ini memberikan dampak yang signifikan terhadap kinerja sistem distribusi.

Ketiga, dari tiga skenario yang diusulkan, Skenario 1 (penambahan satu unit armada dan pembagian rute menjadi dua zona terdekat) dan Skenario 2 (percepatan jadwal keberangkatan supplier pukul 05.00 dengan tiba gudang pukul 08.00) merupakan skenario yang paling direkomendasikan untuk diimplementasikan. Kedua skenario ini terbukti secara simulasi mampu mengeliminasi keterlambatan pengiriman dan menjaga kualitas kesegaran sayuran yang dikirimkan ke seluruh mitra gerai AEON.

5.2 Saran

Beberapa saran dikemukakan berdasarkan hasil penelitian ini. Bagi Koperasi Karya Tani Mandiri, disarankan untuk: (1) mengimplementasikan Skenario 2 dalam jangka pendek melalui penyesuaian jadwal operasional supplier tanpa investasi tambahan; (2) merencanakan penambahan satu unit armada truk berpendingin (Skenario 1) sebagai investasi jangka menengah untuk meningkatkan kapasitas distribusi secara berkelanjutan; (3) mempertimbangkan investasi cold storage (Skenario 3) dalam jangka panjang untuk meningkatkan ketahanan rantai pasok; serta (4) mengembangkan sistem pelacakan distribusi real-time untuk meningkatkan visibilitas dan kontrol terhadap proses pengiriman.

Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk: (1) menambahkan variabel biaya operasional dan analisis kelayakan finansial dari setiap skenario; (2) mengintegrasikan analisis kualitas produk (tingkat kesegaran) sebagai variabel output tambahan dalam model; (3) memperluas cakupan penelitian ke koperasi distribusi sayuran lainnya untuk validasi dan generalisasi model; serta (4) mengeksplorasi pendekatan simulasi multi-paradigma (kombinasi Sistem Dinamis dengan Agent-Based Modeling) untuk menangkap perilaku agen-agen individual dalam rantai pasok secara lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahria, & Triyanti. (2010). Faktor-faktor yang terkait dengan konsumsi buah dan sayur pada remaja di 4 SMA Jakarta Barat. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*.
- Fidiantara, O. (2015). Evaluasi Supply Chain Management pada distribusi sayuran dari Kota Wisata Batu ke Kota Balikpapan dan Banjarmasin (Skripsi). Universitas Brawijaya.
- Hamidah, S. (2015). Sayuran dan buah serta manfaatnya bagi kesehatan. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta*, 1–10.
- Kurniasih, D. (2003). Buku pengantar untuk memilih dan mengolah buah dan sayur segar. Gema Utama.
- Putri, A. M., Ardiansyah, M. N., & Chulasoh, B. S. (2023). Perancangan rute pengiriman pada PT. ABC untuk meminimasi tingkat keterlambatan pengiriman dan biaya transportasi menggunakan model Mixed Integer Linear Programming. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 6(4), 1387–1395. <https://doi.org/10.31004/jutin.v6i4.14763>
- Renanda, A. P. (2014). Penanganan pengiriman barang melalui darat: Studi deskriptif tentang efisiensi jalur darat dalam proses pengiriman barang oleh PT. Abianmastrans Perdana Surabaya (Skripsi). Universitas Airlangga.
- Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. McGraw-Hill.