



Penerapan Model Sistem Dinamik Untuk Optimalisasi Nilai Rantai Pasok Cabai Merah Di Sumatera Utara

Servika D.N Tampubolon¹, Sio Suci Agustina Purba², Aprilan Sisco Nababan³

¹²³ Program Studi Manajemen Rekayasa, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Del

Abstrak

Received: 20 Juni 2025
Revised: 27 Juni 2025
Accepted: 01 Juli 2025

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan nilai rantai pasok cabai merah di Sumatera Utara menggunakan pendekatan System Dynamics. Faktor utama seperti luas lahan, penggunaan teknologi, kondisi iklim, dan kualitas cabai terbukti berpengaruh signifikan terhadap produktivitas dan profit petani. Simulasi melalui Causal Loop Diagram dan Stock and Flow Diagram menunjukkan peningkatan luas lahan, efisiensi distribusi, dan penerapan teknologi mampu meningkatkan profitabilitas petani, dengan validasi model mencapai akurasi tinggi (MAPE 0,557%). Strategi yang direkomendasikan meliputi peningkatan kualitas produk, pemanfaatan teknologi pertanian, dan manajemen distribusi yang lebih efisien untuk mendukung stabilitas harga serta kesejahteraan petani secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Rantai pasok, sistem dinamik, cabai merah

(*) Corresponding Author:

servikatampubolon@gmail.com,
aprilansisco7@gmail.com

siopurba28@gmail.com,

How to Cite: Tampubolon, S., Purba, S., Nababan, A., & Silalahi, F. (2025). Penerapan Model Sistem Dinamik untuk Optimalisasi Nilai Rantai Pasok Cabai Merah di Sumatera Utara. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(7.D), 254-277. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/11233>.

PENDAHULUAN

Latar Belakang Penelitian

Cabai merupakan sayuran hortikultura dari genus *Capsicum* yang dikenal memiliki 12 varietas, yang paling umum adalah cabai merah, cabai merah raksasa, paprika, dan cabai hias. Cabai merah memiliki peran penting dalam industri kuliner dan terkenal dengan rasa pedas dan aroma khas pada hidangan. Konsumsi cabai merah cabai merah di Sumatera Utara mencapai 0,16 kg per kapita sebulan. Cabai merah memiliki senyawa kapsaisin yang memiliki manfaat membakar kalori dan meningkatkan sistem metabolisme dan memiliki manfaat sebagai anti inflamasi. Sebagai bahan masakan yang sering digunakan di berbagai masakan, cabai merah memiliki permintaan yang stabil dan terus meningkat. Pada tahun 2022 produksi cabai di Sumatera Utara mencapai 26407,5 Ton dan tahun 2023 mencapai 12669,8 (Badan Pusat Statistik, 2024)

Permintaan cabai merah mengalami fluktuasi dimana dipengaruhi musiman, perubahan preferensi konsumen dan permintaan industri makanan dan restoran. Kebutuhan cabai akan meningkat pada hari raya keagamaan dan beberapa hari libur nasional sehingga mempengaruhi harga eceran cabai di pasaran. Harga eceran dari bulan Januari – November 2024 di Sumatera Utara mengalami fluktuasi akibat pengaruh kebutuhan akan cabai merah. Diperoleh data rata-rata harga eceran cabai merah periode Januari – November 2024 sebesar Rp. 44.063 per kilogramnya (Bank Indonesia diolah oleh Pusdatin Kementan, 2024).

Menurut Garcia & You (2015), rantai pasok adalah jaringan fasilitas dan transportasi terintegrasi yang digunakan untuk pasokan, manufaktur, penyimpanan, dan distribusi sumber daya dan barang. Rantai pasok melibatkan koordinasi dan pengolahan aktivitas berbagai pihak seperti pemasok dan pihak-pihak yang terkait dalam rantai pasok sehingga dapat

berjalan dengan baik. Menurut Anaking dan Suryani (2020) metode rantai pasok diharapkan dapat meningkatkan efektivitas setiap saluran distribusi, memastikan produk memenuhi permintaan konsumen. Rantai pasok merupakan salah satu teknik yang diduga mampu menyelesaikan permasalahan komoditas cabai merah seperti ketidakpastian pasokan cabai, ketidakstabilan harga, ketidakpastian produksi, cuaca ekstrem, jalur distribusi yang panjang, transportasi, dan stabilitas harga.

Penelitian sebelumnya terkait rantai pasok cabai merah sudah dilakukan menggunakan metode deskripsi, analisis *revenue cost ratio* (R/C) dan *benefit cost ratio* (B/C) yaitu perbandingan antara pendapatan dan biaya, termasuk yang menggunakan system dynamic. Strategi penanaman cabai di luar musim tanam (off season), pengelolaan penanaman cabai, dan mendukung perluasan sentra produksi cabai di luar Pulau Jawa sehingga dapat meningkatkan produksi dan mendistribusikan pasokan cabai nasional secara lebih merata (Naully, 2016). Beberapa permasalahan dalam rantai pasok cabai merah harus diatasi melalui pengembangan strategi dan kebijakan.

Sistem dinamik rantai pasok cabai merah muncul sebagai upaya optimalisasi rantai pasok cabai yang berkembang pesat dan kompleks. Cabai merah merupakan salah satu bahan pangan populer di Indonesia, sekaligus merupakan komoditas berharga di sektor pertanian. Namun jalur distribusi cabai masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain kurangnya ketersediaan cabai di beberapa lokasi, infrastruktur pengiriman yang kurang memadai, dan ketergantungan pada impor cabai dari luar negeri. Kajian ini diawali dengan kajian rantai pasok cabai merah untuk lebih memahami sistem dan mengidentifikasi kelemahannya. Setelah itu, elemen-elemen penting dalam sistem rantai pasok cabai merah diidentifikasi. Kemudian elemen tersebut digunakan dalam proses pemodelan sistem, ubah model sistem menjadi model formal yang dijelaskan secara lengkap, lengkap dengan persamaan, parameter, dan kondisi awal, lalu ujilah. Setelah teruji maka dapat terjadi pengembangan dan evaluasi kebijakan, serta keluaran penelitian yang dapat dijadikan alternatif bagi pemangku kepentingan seperti Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Sumatera Utara dalam menyusun strategi pengambilan keputusan terkait peningkatan nilai rantai pasok cabai merah

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui faktor apa yang membentuk sistem pemasaran cabai merah pada pedagang massal di pasar Sumatera Utara.
2. Mengetahui cara memodelkan sistem pemasaran cabai merah pada pedagang massal di pasar Sumatera Utara yang bisa meningkatkan nilai rantai pasok cabai merah melalui menurunkan biaya operasional pada pengiriman.
3. Mengetahui hasil simulasi sistem pemasaran cabai merah 10 tahun ke depan pada pedagang massal di pasar Sumatera Utara

Relevansi System Dynamics Modeling

Dinamika Pemodelan Sistem adalah metode komputasi untuk mensimulasikan dan memahami sistem yang rumit dengan variabel yang tidak dapat diobservasi. berfokus pada pemahaman dan analisis perilaku sistem dinamis dari waktu ke waktu, menggunakan pendekatan pemikiran sistem, dengan mempertimbangkan semua komponen sistem dan keterkaitannya. Metode ini membantu menangkap dinamika sistem yang kompleks seperti putaran umpan balik, *System Dynamics Modeling* digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk perumusan kebijakan, pengambilan keputusan, dan pengujian skenario

Rantai pasokan dan sistem simulasi berdasarkan *System Dynamics Modeling* (SDM) sangat penting dalam optimalisasi rantai pasokan. SDM akan membantu dalam pemodelan semua elemen yang mungkin berdampak pada produksi, ketersediaan, dan distribusi produk. Karena terdapat banyak elemen yang saling mempengaruhi dalam sistem rantai pasokan,

diperlukan model dinamis yang dapat menggabungkan faktor-faktor tersebut dan memperkirakan dampak perubahan pada komponen tertentu.

System Dynamics Modeling akan memungkinkan pengguna untuk mencoba berbagai situasi dan menerapkan solusi secara aman dan efektif dengan memodelkan sistem. Selain itu, simulasi sistem memungkinkan kami mengumpulkan temuan analitis dan menentukan bagaimana efisiensi rantai pasokan sistem dapat ditingkatkan. Kita dapat merencanakan rantai pasokan perusahaan yang lebih baik, lebih aman, dan lebih terukur dengan menerapkan data simulasi sistem. Hal ini memungkinkan kami untuk meningkatkan produktivitas, pendapatan, dan kualitas produk dan layanan yang diberikan kepada klien.

Oleh karena itu, pentingnya simulasi sumber daya manusia dan sistem dalam rantai pasokan menjadi sangat penting untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi rantai pasokan, membuat penilaian yang lebih baik, dan menjamin bahwa keputusan yang diambil benar-benar aman dan efektif. Hal ini penting dalam dunia usaha, khususnya di pasar yang sangat kompetitif yang melibatkan barang-barang pertanian seperti cabai, yang sangat dipengaruhi oleh berbagai keadaan yang tidak diketahui.

Rumusan Masalah

1. Faktor-faktor apa yang membentuk sistem pemasaran cabai merah di wilayah Sumatera Utara pada pedagang massal di pasar Sumatera Utara?
2. Bagaimana memodelkan sistem pemasaran cabai merah di wilayah Sumatera Utara pada pedagang massal di pasar Sumatera Utara yang bisa meningkatkan nilai rantai pasok cabai merah melalui menurunkan biaya operasional pada pengiriman?
3. Bagaimana hasil simulasi sistem pemasaran cabai merah 10 tahun ke depan di wilayah Sumatera Utara pada pedagang massal di pasar Sumatera Utara?

Batasan Penelitian

Dikaitkan dengan Perumusan Masalah, maka penelitian ini memiliki ruang lingkup yang akan menjadi batasan dalam melakukan penelitian tesis antara lain,

1. Studi penelitian dilakukan di provinsi Sumatera Utara.
2. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data pada provinsi Sumatera Utara.

TINJAUAN PUSTAKA

Cabai Merah dan Eksistensinya di Sumatera Utara

Cabai merupakan famili dari terung-terungan (*Solanaceae*) dengan memiliki 90 genus dan 2000 spesies. Terdapat 2 jenis cabai yaitu cabai kecil atau rawit dan cabai besar atau cabai merah.

Cabai merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Selatan, khususnya di wilayah Bolivia. Awalnya, cabai merah tumbuh secara liar dan penyebarannya dibantu oleh burung (*aves*) di kalangan masyarakat suku Inca, suku Maya, dan suku-suku lainnya di Amerika Tengah. Penyebaran tanaman cabai ke seluruh dunia dilakukan oleh Christophorus Columbus (1451-1506) dengan yang membawa biji cabai ke Spanyol. Di Spanyol, biji cabai tersebut ditanam dengan baik oleh para petani dan kemudian menyebar ke seluruh Eropa (Yulita, 2021).

Biji cabai pertama kali dibawa ke Indonesia oleh pelaut Portugis, Ferdinand Magellan (1480-1521), yang berlayar pada tahun 1519 melalui jalur laut barat dengan menggunakan kapal, melewati Samudera Atlantik dan Selat Magellan. Cabai merah merupakan tanaman yang dapat berbuah dalam rentang waktu antara 3 hingga 6 bulan. Saat ini, cabai ini telah menyebar hingga ke Sumatera Utara. Namun, saat ini cabai mengalami variasi dalam bentuk, rasa, dan warna, seperti yang dapat ditemukan di pasar sehari-hari, termasuk cabai merah besar, cabai keriting, dan cabai paprika yang tidak pedas (Yulita, 2021). Terdapat 32 wilayah yang menjadi daerah distribusi cabai merah di Indonesia, di mana salah satunya adalah Sumatera Utara. Bagi Sumatera Utara, hal ini bukanlah hal yang baru, mengingat provinsi ini

menduduki peringkat kedua setelah Jawa Barat dalam hal produksi cabai. Pulau Jawa sebagai penghasil utama cabai merah dengan kontribusi sebesar 17,94% dari total produksi cabai merah nasional

Dalam meningkatkan kesejahteraan petani cabai merah dengan cara meningkatkan pendapatan petani cabai merah. Cabai merah sebagai bagian dari keunggulan kompetitif Sumut dengan memberikan peluang bagi Sumut untuk mengendalikan stabilitas harga khususnya di tingkat produsen (petani) karena pasokan selalu terjaga. Namun harapan tersebut tidak seperti kenyataan. Seperti petani cabai merah lainnya mereka seperti Sumut tidak betah menjadi sentra cabai merah. Menurut observasi di Pasar Tradisional Porsea harga cabai saat ini mengalami penurunan 37,5% yaitu dari 32.000 menjadi 20.000. Menurut Masyarakat lainnya harga cabai menurun karena kualitas dari cabai merah petani kurang bagus dan kebanyakan hingga cabai merah dari petani tidak bisa dikirimkan keluar daerah. Harga cabai merah yang turun disebabkan oleh stock panen yang melimpah dan musim penghujan. Menurut masyarakat, penurunan harga cabai disebabkan oleh kualitas cabai merah yang dihasilkan oleh petani yang kurang baik, sehingga banyak cabai merah dari petani yang tidak dapat dikirim ke luar daerah. Cabai merah sering digunakan oleh masyarakat sebagai bahan dalam masakan lokal, seperti sambal tuktuk, arsik, naniura, saksang, daun ubi, dan berbagai hidangan lainnya yang memanfaatkan cabai merah sebagai penyedap untuk memberikan cita rasa pedas. Cabai merah juga banyak dijumpai di pasaran dan digunakan dalam usaha-usaha penyajian hidangan tradisional. Saat ini, kebutuhan cabai merah diperkirakan sekitar 3 kg per kapita per tahun, dengan jumlah penduduk Sumatera Utara sekitar 250 juta jiwa, sehingga total kebutuhan tahunan mencapai 750.000 ton. Namun, diperkirakan bahwa produksi cabai merah dalam negeri belum dapat memenuhi kebutuhan tersebut.

Rantai Pasok Pertanian Cabai di Sumatera Utara

Rantai pasok (supply chain) merupakan suatu sistem yang mencakup semua tahap yang terlibat dalam proses produksi, pengemasan, pengiriman, dan distribusi produk dari produsen hingga konsumen akhir (Apriyani et al., 2018). Hal tersebut mencakup seluruh proses yang terlibat dalam perjalanan produk dari pemasok bahan baku hingga tangan konsumen akhir. Rantai pasok sangat penting dalam mengelola produksi, pengiriman, dan distribusi barang secara efisien.

- Struktur rantai pasok:

Struktur rantai pasok dapat berbeda-beda tergantung pada industri, produk, dan perusahaan yang terlibat. Namun, dalam konteks cabai merah, struktur rantai pasok terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain:

- Pemasok: Pihak yang menyediakan bahan baku atau komponen yang diperlukan untuk produksi.
- Produsen: Pihak yang mengubah bahan baku atau komponen menjadi produk jadi.
- Distributor: Pihak yang bertanggung jawab untuk mendistribusikan produk ke berbagai titik penjualan atau lokasi.
- Pengecer: Pihak yang menjual produk kepada konsumen akhir melalui toko fisik atau online.
- Konsumen: Orang atau organisasi yang mengkonsumsi produk atau layanan.

- Komponen rantai pasok:

Komponen-komponen yang membentuk rantai pasok dapat bervariasi tergantung pada jenis produk dan industri. Namun, beberapa komponen dalam rantai pasok cabai merah meliputi:

- Bahan baku: Bahan yang digunakan dalam produksi produk, dalam kasus cabai merah, ini bisa berupa tanaman cabai itu sendiri.

- Produksi: Proses transformasi bahan baku menjadi produk jadi, seperti mengolah cabai merah menjadi berbagai bentuk saus atau sambal.
- Penyimpanan: Penyimpanan produk yang sudah jadi sebelum distribusi.
- Distribusi: Proses pengiriman produk ke berbagai titik penjualan, seperti supermarket atau pasar.
- Manajemen inventaris: Pengelolaan stok produk untuk memastikan ketersediaan yang cukup tanpa kelebihan stok yang tidak perlu.
- Manajemen pesanan: Proses menerima, memproses, dan mengirim pesanan dari pelanggan.
- Logistik: Pengelolaan transportasi dan pergerakan produk dalam rantai pasok.
- Nilai rantai pasok cabai merah:

Nilai rantai pasok cabai merah terdiri dari manfaat ekonomis yang dihasilkan dari produksi, pengolahan, dan distribusi cabai merah. Nilai bervariasi tergantung pada banyak faktor, seperti kualitas cabai, teknologi pengolahan, akses ke pasar, dan lainnya. Nilai rantai pasok cabai merah mencakup keuntungan bagi petani yang menanam cabai, produsen yang mengolahnya, distributor yang mendistribusikannya, hingga konsumen yang menikmati produk akhirnya. Cabai merah juga bisa menjadi komponen penting dalam masakan tradisional dan industri makanan, yang dapat menciptakan nilai ekonomi yang signifikan di seluruh rantai pasok.

Sistem dan Model

Sistem terdiri dari sejumlah entitas yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu. Model digunakan untuk menggambarkan sistem dan mempelajarinya sebagai alternatif, mengingat percobaan yang dilakukan secara langsung pada sistem nyata sering kali terlalu mahal atau dapat menimbulkan masalah yang tidak diinginkan. Prinsip elaborasi merupakan metode untuk mengembangkan model, dimulai dari model yang paling sederhana dan kemudian berkembang menjadi model yang lebih representatif. Sesuai dengan tujuan pembuatan model, asumsi-asumsi yang diperlukan dapat diterapkan untuk menyederhanakan permasalahan yang berkaitan dengan cabai merah (Al – Aziz et al., 2023).

Simulasi

Simulasi adalah perilaku pada sistem dengan melalui analisis perilaku model yang selaras, keterkaitan sebab akibat sesuai dengan sistem nyata. Simulasi komputer dapat disesuaikan dengan karakteristik sistem nyatanya.

Sistem Dinamik

Menurut penelitian nasional maupun internasional tentang cabai merah menggunakan sistem dinamika masih jarang dilakukan peneliti. Oleh karena itu, peneliti penting melakukan penelitian lebih lanjut untuk sebagai acuan dalam subjek dan batasan yang berbeda. Salah satu contohnya adalah penelitian yang membahas perilaku pasokan dan permintaan cabai merah di negara tersebut dengan menggunakan metode sistem dinamis. Hasil studinya menunjukkan bahwa harga mempengaruhi perilaku 26 permintaan dan penawaran tersebut. Ini sesuai dengan hukum dasar ekonomi bahwa ketika harga tinggi, permintaan meningkat dan penawaran menurun, dan ketika harga rendah, permintaan meningkat dan penawaran menurun.

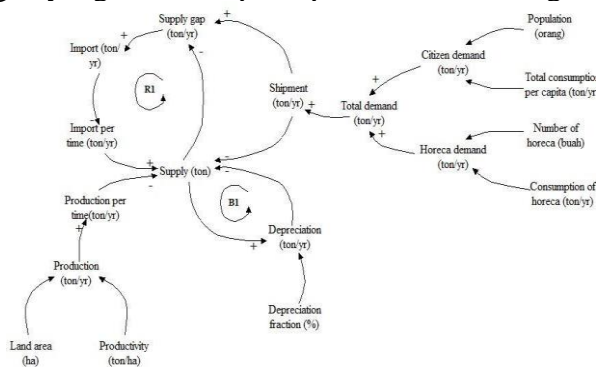
Meskipun demikian, penelitian juga melihat rantai pasokan dasar cabai merah di Toba dengan menggunakan metode sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dua pihak terlibat dalam rantai pasokan cabai merah: pemasok (petani dan pedagang pengumpul) dan konsumen (gudang pemerintah, pedagang, dan penjual). Semua pelaku memiliki komponen mereka sendiri yang mempengaruhi rantai pasokan. Untuk petani, hal-hal ini terkait dengan hasil tani dan penyimpanannya, sedangkan untuk konsumen, hal-hal ini terkait dengan keuntungan

Variabel Eksogen dan Variabel Endogen

Model Boundary Diagram menjelaskan tentang batasan model yang digunakan. Model ini akan mengklasifikasikan variabel menjadi beberapa faktor diantaranya yaitu *endogenous* dan *exogenous*. Variabel eksogen adalah jenis variabel dalam suatu model atau sistem yang dianggap dapat menjadi faktor yang mempengaruhi variabel lainnya sedangkan variabel endogen adalah faktor dari hasil model atau sistem yang dipengaruhi variabel eksogen atau faktor lainnya.

Causal Loop Diagram (CLD)

Dalam penelitian ini, Causal Loop Diagram (CLD) digunakan untuk membuat model konseptual. CLD memiliki kemampuan untuk menunjukkan pola hubungan antar variabel yang menjadi objek penyelidikan. Analisis rantai pasokan cabai merah di Sumatera Utara digunakan untuk mengumpulkan variabel yang digunakan. Model konseptual memudahkan peneliti melakukan analisis dan membatasi masalah yang harus diselesaikan. Oleh karena itu, tujuan penelitian dipengaruhi oleh variabel yang digunakan. Dari hasil variabel eksogen dan endogen yang diatas, dapat dipetakan CLD sebagai berikut. Berikut contoh pembuatan CLD.



Gambar 1. *Casual Loop Diagram* Variabel Endogen dan Eksogen

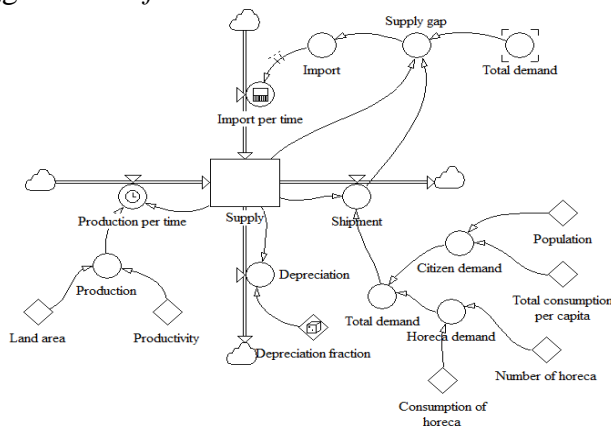
Hubungan antara semua variabel yang mempengaruhi subjek penelitian digambarkan dalam model konseptual. Untuk menunjukkan hubungan, tanda (+) dan tanda (-) digunakan. Tanda (+) yang berarti hubungan yang berbanding lurus, artinya apabila satu variabel meningkat atau menurun, maka variabel lainnya juga akan meningkat atau menurun. Sebaliknya, tanda (-) berarti hubungan yang terbentuk berbanding terbalik, artinya apabila satu variabel meningkat, maka variabel lainnya juga akan menurun. Untuk menunjukkan bahwa sistem yang diteliti bersifat dinamis, terdapat dua loop dalam model konseptual yang digambarkan pada gambar diatas. Variabel pertama adalah supply; variabel kedua adalah supply, supply gap, import per waktu, dan import.

Fokus dari model konseptual yang dibangun dengan jumlah cabai merah yang tersedia. Jumlah persediaan dipengaruhi oleh waktu tunggu produksi. Jumlah produksi dan waktu tunggu produksi memiliki korelasi (+) terhadap waktu tunggu produksi, yang berarti lebih lama untuk membuat bawang merah. Sebaliknya, jumlah persediaan memiliki korelasi (-) terhadap waktu tunggu produksi, yang berarti lebih lama untuk membuat bawang merah siap. Luas dan produktivitas lahan mempengaruhi jumlah produksi. Jumlah stok bawang merah memiliki hubungan positif (+) terhadap penyusutan, yang berarti semakin banyak stok bawang merah maka penyusutan juga akan lebih besar. Sebaliknya, jumlah penyusutan memiliki hubungan negatif (-) terhadap penyusutan, yang berarti semakin banyak penyusutan maka semakin sedikit stok bawang merah. Karena itu, loop (-) terbentuk di antara variabel-variabel ini, dan jumlah penyusutan dipengaruhi oleh tingkat penyusutan bawang merah. Pengiriman dipengaruhi oleh permintaan, yang dipengaruhi oleh jumlah konsumsi cabai merah per kapita setiap tahun, dan permintaan dipengaruhi oleh populasi penduduk. Selain itu, pengiriman memiliki relasi (+) terhadap gap persediaan, karena semakin banyak pengiriman bawang merah maka semakin besar gap persediaan. Jumlah stok bawang merah memiliki korelasi (-) terhadap gap persediaan, yang berarti bahwa gap persediaan lebih kecil

karena jumlah stok bawang merah yang lebih besar. Selain itu, gap persediaan memiliki korelasi (+) terhadap waktu tunggu impor, yang berarti bahwa waktu tunggu impor bawang merah dari luar Sumatera Utara akan lebih lama, dan korelasi (-) terhadap jumlah impor, karena jumlah waktu tunggu impor cabai merah yang lebih lama. Oleh karena itu, terbentuk lingkaran (+) di antara variabel impor, gap impor, dan variabel jumlah persediaan.

Stock and Flow Diagram (SFD)

Peneliti dapat membuat model rantai pasok cabai merah atau *Stock Flow Diagram* (SFD) untuk proses simulasi. Berikut pada gambar merupakan SFD yang dibuat menggunakan *software vensim*. Berikut contoh Stock and Flow Diagram.



Gambar 2. *Stock and Flow Diagram*

Penyusunan model mengikuti beberapa aturan, yang mendefinisikan model dengan menggunakan variabel dan notasi untuk menggambarkan perilaku sistem. Stakeholder rantai pasokan cabai merah telah memverifikasi data dan informasi model.

Research Gap

Research Gap adalah langkah penting dalam perencanaan penelitian dalam membantu peneliti dalam menentukan kontribusi yang dapat dibuat dalam pengetahuan yang sudah ada.

Tabel 1. Peneliti Terdahulu Pemodelan *System Dynamic* dan Rantai Pasok

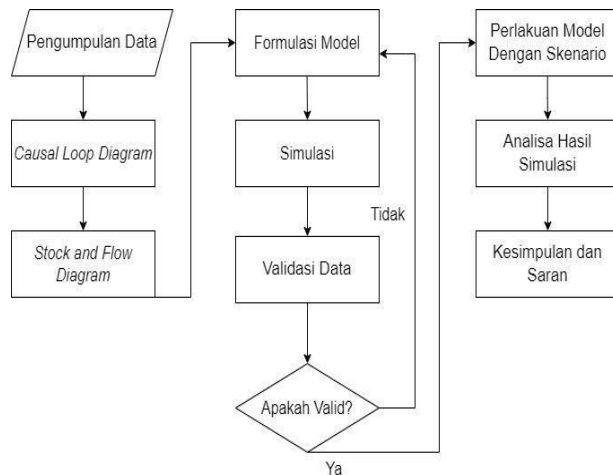
| Ju dul dan Penulis | T ujuan Peneliti an | M etode | Hasil |
|---|--|---|---|
| Pe ngemban gan model simulasi dan skenario dinamik untuk meningk atkan nilai rantai pasok cabai rawit (Al - Aziz et | M enghasi lkan model dan skenario o yang dapat mening katkan nilai rantai pasok cabai rawit. | P emodel an <i>system dynami cs</i> yang digunak an mening katkan nilai rantai pasok cabai rawit. | Pening katan nilai rantai pasok cabai rawit tahun 2023- 2038 dengan meningkatkan produktivitas cabai rawit dilakukan dengan skenario penerapan GAP dan penerapan <i>system</i> |

| Ju dul dan Penulis | T ujuan Peneliti an | M etode | Hasil |
|---|--|---|---|
| al., 2023). | | | <i>greenhouse.</i> |
| Pe modelan system pemasara n benih cabai rawit (capsium frutesce ns) di wilayah jawa timur bagian timur pada PT. Benih Citra Asia (BCA) (Yulita, 2021) | U ntuk mengid entifika si faktor- faktor yang membe ntuk sistem pemas ran cabai merah, Mendes ain model sistem pemas ran cabai merah dan menget ahui hasil simulas i sistem pemas ran cabai merah 10 tahun kedepa n. | P emodel an <i>system dynami cs</i> yang digunak an mening katkan nilai rantai pasok cabai rawit. | Faktor- faktor pembentuk sistem pemasaran cabai rawit antara lain; jumlah produksi cabai merah per tahun, jumlah tanam, stok benih, jumlah kebutuhan benih cabai, Model yang digunakan merupakan model dinamik yang terdiri dari beberapa sub system. Dan untuk 10 tahun kedepan kebutuhan cabai merah akan terpenuhi dari jumlah permintaan dan jumlah kebutuhan cabai merah di Jawa Timur. |
| Str uktur rantai pasok (<i>supply</i> | M embaha s bagian hulu | M etode dalam peneliti an ini | Dalam mewujudkan daya saing sayuran diperlukan |

| Judul dan Penulis | Tujan Penelitian | Metode | Hasil |
|--|---|---|---|
| <i>chain</i>), kelembagaan dan kluster industri komoditas cabai : sebuah tinjauan literatur. (Analia, 2017) | <i>(upstream)</i> dan hilir <i>(downstream)</i> rantai pasokan komoditi cabai yakni terdapat kenaikan harga cabai yang menjulang tinggi juga disertakan dengan kondisi fisik cabai yang tidak segar lagi. | menggunakan analisis rantai pasok <i>(supply chain)</i> komoditas cabe. | suatu pengembangan manajemen rantai pasok yang mampu menciptakan dan mendistribusikan nilai tambah diantara pelaku yang terlibat dalam agribisnis sayuran. Selain itu pembuatan klaster industri cabai merah dalam menjaga stabilitas harga dan ketersediaan cabai merah petani dan konsumen akhir. |

METODOLOGI

Diagram alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Metodologi Penelitian

a. Pengumpulan Data

Tahap ini melibatkan pengumpulan informasi empiris yang relevan untuk memahami sistem yang akan dimodelkan. Data ini diperoleh dari sumber sekunder atau dari survei lapangan

b. Causal Loop Diagram (CLD)

Setelah data dikumpulkan, anda dapat membuat diagram loop kausal (CLD). CLD adalah visual yang digunakan untuk menggambarkan hubungan sebab- akibat antara variabel dalam sistem. Ini membantu dalam memahami bagaimana variable mempengaruhi satu sama lain.

c. Stock and Flow Diagram

Setelah anda memahami hubungan sebab akibat dalam CLD, anda dapat membuat diagram stok dan aliran. Diagram ini mendalami pemahaman anda tentang bagaimana variabel variable berkembang seiring waktu. Variabel stok mewakili jumlah akumulasi dalam sistem, sementara aliran menggambarkan bagaimana stok berubah dari waktu ke waktu.

d. Formulasi

Formulasi adalah langkah dimana anda menggambarkan persamaan matematis yang merinci bagaimana variabel dalam model berubah seiring waktu. Ini bisa berupa persamaan diferensial, persamaan aljabar, atau logika berdasarkan model yang anda buat.

e. Simulasi

Simulasi ini adalah langkah dimana anda menjalankan model untuk mengamati bagaimana sistem bereaksi terhadap berbagai input atau kondisi awal. Simulasi memberikan wawasan tentang perilaku sistem dalam berbagai scenario.

f. Validasi

Validasi melibatkan perbandingan hasil simulasi dengan data empiris, Anda ingin memastikan bahwa model anda menggambarkan system dengan benar dan menghasilkan hasil yang konsisten dengan dunia nyata.

g. Perlakuan Model dengan Skenario

Skenario adalah serangkaian input yang berbeda untuk melihat bagaimana sistem merespons. Ini bisa digunakan untuk menguji implikasi kebijakan atau mengidentifikasi solusi terbaik.

h. Analisis Hasil Simulasi

Hasil simulasi dievaluasi dan dianalisis. Hal ini melibatkan memahami bagaimana variabel variable berubah dalam berbagai scenario, mengidentifikasi trend, dan mengeksplorasi implikasi hasil.

i. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis, kemudian kesimpulan dibuat untuk melihat bagaimana sistem bekerja dan memberikan saran atau rekomendasi untuk memperbaiki, memberikan kebijakan atau tindakan selanjutnya.

Rencana Penelitian

Rencana penelitian adalah keseluruhan strategi penelitian yang akan dilakukan peneliti, mulai dari mengembangkan hipotesis dan membujuknya secara operasional hingga analisis akhir, dimana data kemudian disimpulkan dan dibuat rekomendasi. Desain penelitian menggambarkan struktur masalah penelitian dan strategi penyelidikan yang akan digunakan untuk mengumpulkan informasi empiris tentang keterkaitan masalah. Penelitian ini mengumpulkan data primer dengan melakukan survei kepada pemasok dan pihak-pihak yang terkait.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan temuan dan analisis implikasi penelitian dalam membantu memberikan pemahaman mendalam topik penelitian.

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pengembangan model sistem dinamik untuk peningkatan nilai rantai pasok cabai merah di Sumatera Utara melibatkan pemahaman mendalam tentang fluktuasi pasokan dan permintaan cabai merah, serta dampak perubahan iklim dan cuaca pada produksi. Selain itu, penting untuk mengatasi kendala dalam infrastruktur dan distribusi, memahami dinamika harga dan nilai tambah, serta memperhatikan pemberdayaan petani dan keberlanjutan lingkungan. Regulasi dan kebijakan yang relevan juga perlu dievaluasi, dan kerjasama dengan berbagai pemangku kepentingan termasuk kelompok petani, pemerintah, dan Perusahaan pengolahan makanan perlu diperhitungkan dalam merancang solusi yang efektif untuk meningkatkan rantai pasok cabai merah serta mendukung pertumbuhan berkelanjutan di wilayah tersebut.

Penyusunan Variabel Utama

Penyusunan variabel untuk penelitian ini melibatkan sejumlah komponen kunci yang saling terkait. Pertama dalam bagian pertanian, perlu dipertimbangkan luas lahan yang digunakan untuk budidaya cabai, karena ini mempengaruhi kapasitas produksi. Selanjutnya, jumlah pupuk yang digunakan dan jenis bibit cabai menjadi variabel penting dalam menilai bagaimana praktik pertanian dapat mempengaruhi hasil dan kualitas. Variabel produksi dan kualitas cabai mencakup hasil panen cabai, yang mencerminkan jumlah cabai yang berhasil dipanen, dan kualitas cabai yang dapat diukur berdasarkan standar tertentu.

Ketika melangkah ke bagian pasar dan ekonomi, permintaan cabai di pasar menjadi faktor penting untuk mengukur sejauh mana cabai dibutuhkan oleh pasar. Harga cabai di pasar mengindikasikan aspek ekonomi, sementara pendapatan petani mencerminkan hasil penjualan petani. Proses pertanian dan teknologi mempengaruhi variabel seperti frekuensi panen, tingkat pengetahuan petani, dan penggunaan teknologi dalam mengevaluasi produktivitas dan efisiensi budidaya. Sementara itu, dalam hal pasokan dan distribusi, jumlah petani mencerminkan partisipasi dalam rantai pasok, sementara ritel atau toko dan agen pengepul cabai menggambarkan tahapan distribusi.

Untuk kualitas cabai dapat diukur melalui variabel seperti penyakit tanaman yang memperhatikan faktor lingkungan. Selain itu permintaan pabrik pengolahan makanan mempengaruhi cabai yang digunakan dalam industri makanan yang pada akhirnya variabel berupa kepuasan konsumen memberi tahu sejauh mana kualitas dan harga cabai memenuhi harapan konsumen. Dalam penyusunan variabel ini, definisi, pengukuran, dan hubungan antar variabel harus dijelaskan dengan cermat dalam merancang penelitian nilai rantai pasok dengan baik.

Tabel 2. Penyusunan setiap variabel utama

| No | Variabel | Keterangan |
|----|-------------------------|--|
| | Luas lahan | Luas area tanah yang digunakan untuk pertanian atau budidaya tanaman cabai |
| | Permintaan Cabai Merah | Jumlah cabai yang ingin dibeli oleh konsumen atau pasar |
| | Harga Cabai Merah | Harga jual cabai yang ditawarkan di pasar |
| | Hasil Panen Cabai Merah | Jumlah cabai merah yang berhasil dipanen dari tanaman yang dipanen |
| | Cuaca/ Iklim | Kondisi cuaca, seperti hujan, suhu, dan kelembaban, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman |
| | Kualitas Cabai Merah | Tingkat kualitas cabai sesuai standar pasar (segar, bebas cacat, busuk) |
| | Pendapatan Petani | Jumlah uang yang diperoleh oleh petani dari hasil penjualan cabai |
| | Penggunaan Teknologi | Penggunaan alat dan teknologi modern dalam budidaya cabai, seperti irigasi otomatis atau pupuk berbasis data |
| | Kepuasan Konsumen | Tingkat kepuasan konsumen terhadap kualitas dan harga cabai yang mereka beli |
| 0 | Permintaan Rumah Makan | Permintaan cabai oleh pabrik yang menggunakan cabai sebagai bahan baku dalam produk makanan |
| 1 | Populasi Masyarakat | Konsumsi per kapita cabai merah dikalikan dengan populasi di Sumatera |

| o | Variabel | Keterangan |
|---|---------------------------|---|
| | | utara |
| 2 | Produktivitas Cabai Merah | jumlah hasil panen cabai merah dalam satu lahan hektar |
| 3 | Manajemen Pupuk | pengelolaan dan penggunaan pupuk secara efisien dalam pertanian cabai merah |
| 4 | Produksi Cabai merah | Jumlah peningkatan/penurunan jumlah cabai tiap tahun |

Time Horizon Simulation

Simulasi time horizon adalah metode pemodelan dan analisis yang digunakan untuk memahami bagaimana sebuah sistem atau proses berkembang dan berkinerja selama periode waktu tertentu. Dalam konteks penelitian yaitu mengenai peningkatan nilai rantai pasok cabai, simulasi time horizon dapat menjadi alat yang sangat berguna. Simulasi time horizon membantu dalam memahami bagaimana faktor-faktor yang berbeda seperti luas lahan, penggunaan pupuk, cuaca, jumlah petani, teknologi pertanian, dan variabel lainnya, mempengaruhi rantai pasok cabai dalam jangka waktu yang panjang.

Satuan dan Referensi Variabel

Bagian ini menjelaskan mode referensi data dari beberapa variabel yang memiliki rentang time frame. Tidak semua dari variabel yang akan disusun pada simulasi memiliki rentang waktu, sehingga diperlukan pengklasifikasian variabel-variabel dengan *time frame*. *Time Frame* yang digunakan pada penelitian ini adalah 10 tahun.

Tabel 3. Satuan dan Referensi Variabel

| o | Jenis Data | Satuan | Sumber |
|---|------------------------------------|-------------|---|
| | Luas Lahan | hektar (ha) | (Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara) |
| | Hasil Panen Cabai Merah (Produksi) | ton/tahun | (Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara) |
| | Produktivitas | ton/ha | (Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara) |

| o | Jenis Data | Satuan | Sumber |
|----------|------------------------|---------------|--|
| | Konsumsi perkapita | ton/tahun | (Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara) |
| | Populasi masyarakat | jiwa | (Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara) |
| | Permintaan cabai merah | ton | Konsumsi per kapita cabai merah dikalikan dengan populasi Sumatera Utara |

Tabel 4. Kebutuhan cabe merah berdasarkan konsumsi dan populasi masyarakat

| Tahun | Luas Panen (Ha) | Produksi (ton) | Produktivitas (ton/ha) |
|--------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 2010 | 21711 | 196347 | 7,13 |
| 2011 | 22608 | 233256 | 8,68 |
| 2012 | 22129 | 245770 | 11,11 |
| 2013 | 21254 | 198879 | 9,36 |
| 2014 | 181706 | 181706 | 9,32 |
| 2015 | 227489 | 227589 | 11,32 |
| 2016 | 182429 | 182429 | 9,96 |
| 2017 | 190858 | 190858 | 9,34 |
| 2018 | 195661 | 195661 | 9,44 |
| 2019 | 208255 | 203255 | 9,61 |
| 2020 | 255022 | 255022 | 10,02 |
| 2021 | 326263 | 326263 | 0,80 |
| 2022 | 4 | 26 | 0,64 |

| | | | |
|-----|-------|-------|------|
| 022 | 17405 | 8713 | |
| 2 | 5 | 27 | |
| 023 | 34007 | 5,831 | 0,52 |
| 2 | 6 | 28 | |
| 024 | 83183 | 3,139 | 0,41 |

Tabel 5. Kebutuhan cabe merah berdasarkan konsumsi dan populasi masyarakat dalam Ton

| Tahun | Konsumsi per kapita (kg/kapita) | Populasi masyarakat | Kebutuhan cabe merah (ton) |
|-------|---------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 2010 | 0,026 | 13028663 | 338,745238 |
| 2011 | 0,0259 | 13220936 | 342,4222424 |
| 2012 | 0,0307 | 13408202 | 411,6318014 |
| 2013 | 0,0231 | 13590250 | 313,934775 |
| 2014 | 0,03 | 13766851 | 413,00553 |
| 2015 | 0,0335 | 13937797 | 466,9161995 |
| 2016 | 0,0339 | 14102911 | 478,0886829 |
| 2017 | 0,0313 | 14262147 | 446,4052011 |
| 2018 | 0,033 | 14415391 | 475,707903 |
| 2019 | 0,0346 | 14562549 | 503,8641954 |
| 2020 | 0,032 | 14703532 | 470,513024 |
| 2021 | 0,036283 | 14882430 | 539,974.75 |
| 2022 | 0,037399 | 15063505 | 563,355,53 |
| 2023 | 0,038549 | 15246783 | 587,748,70 |
| 2024 | 0,039735 | 15432291 | 613,198,08 |

Alur sistem Rantai Pasok

Pada bagian ini, informasi didapat melalui wawancara dan observasi langsung. Wawancara dilaksanakan dengan sistem yang tidak terstruktur, karena adanya keterbatasan waktu. Berdasarkan studi lapangan dan wawancara yang dilakukan dengan berbagai pihak, didapatkan hasil berupa aliran rantai pasok cabe merah.

Perumusan Hipotesis Sistem Dinamik

Perumusan hipotesis dinamik merupakan langkah dalam penelitian yang melibatkan pengembangan dugaan awal atau hipotesis yang berfokus pada hubungan antara variabel variable tertentu dalam suatu sistem. Dalam penelitian ini, perumusan hipotesis membantu merumuskan ide atau asumsi awal tentang bagaimana berbagai faktor akan berinteraksi dan berdampak satu sama lain dalam jangka waktu tertentu. Hipotesis pada penelitian ini adalah:

1. Peningkatan tingkat pengetahuan petani dalam penerapan praktik pertanian berkelanjutan akan mengurangi resiko kerusakan tanaman akibat penyakit hama, dan akan meningkatkan hasil panen cabai merah dan nilai rantai pasok secara keseluruhan.
2. Perubahan pola cuaca dan ketidakpastian iklim dapat mempengaruhi ketersediaan cabai merah di pasar. Peningkatan adaptasi petani terhadap perubahan iklim melalui metode seperti penanaman varietas yang tahan cuaca dan pemantauan cuaca real-time dapat meningkatkan ketahanan rantai pasok cabai.
3. Permintaan yang tinggi di pasar ekspor untuk cabai merah akan mendorong petani untuk meningkatkan produksi.
4. Kualitas cabai merah yang tinggi dan kepuasan konsumen akan membawa peluang peningkatan permintaan dari pabrik pengolahan makanan. Dengan demikian, pemenuhan standar kualitas dan kepuasan konsumen dapat menjadi faktor penentu peningkatan nilai rantai pasok cabai.
5. Peningkatan dalam penyediaan akses ke pasar ritel dan pengepul akan mempercepat distribusi cabai merah dari petani ke konsumen, yang pada gilirannya akan mengoptimalkan rantai pasok dan memperbaiki nilai rantai pasok cabai.

Penetapan Variabel Exogen dan Endogen

Variabel eksogen dan endogen adalah konsep penting dalam pemodelan dan analisis sistem. Keduanya digunakan untuk menggambarkan hubungan antara variabel dalam suatu sistem atau model.

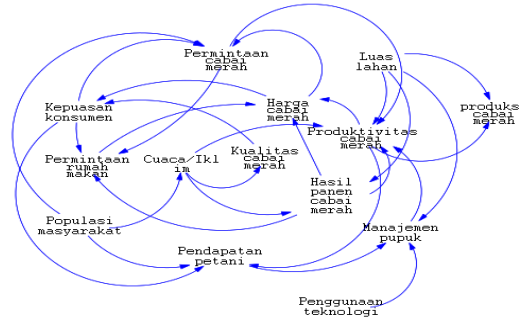
Berikut pemetaan variabel eksogen dan endogen pada penelitian ini.

Tabel 6. Pemetaan variabel eksogen dan endogen pada *Casual Loop Diagram*

| EKSOGEN | ENDOGEN |
|----------------------|---------------------------|
| Populasi masyarakat | Permintaan cabai pasar |
| Penggunaan Teknologi | Permintaan rumah makanan |
| Luas Lahan | Hasil panen cabai merah |
| | Pendapatan petani |
| | Kualitas cabai |
| | Manajemen pupuk |
| | Produktivitas cabai merah |
| | Kepuasan konsumen |
| | Produksi cabai merah |
| | Harga cabai merah |
| | Cuaca/iklim |

Causal Loop Diagram Structure

Berikut causal loop diagram yang menggambarkan keadaan yang kumulatif dari variabel variabel eksogen dan endogen. Causal loop ditunjukkan pada gambar berikut.

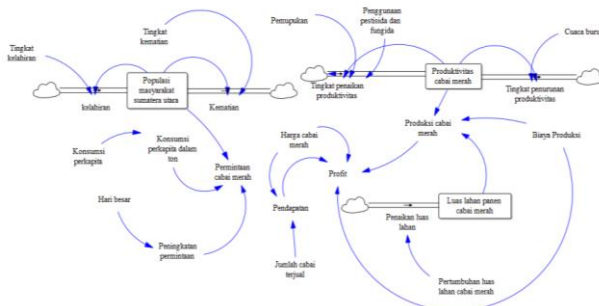


Gambar 4. *Casual Loop Diagram* Variabel Eksogen dan Endogen Cabai Merah

Dari CLD diatas dapat dilihat bahwa permintaan cabai merah akan saling mempengaruhi dengan harga cabai merah, sehingga dapat mempengaruhi produktivitas cabai merah. Permintaan cabai merah sejalan dengan permintaan rumah makan dimana sama-sama membutuhkan cabai merah. Kepuasan konsumen mempengaruhi permintaan cabai merah dan permintaan rumah makan serta mempengaruhi pendapatan petani, dimana semakin konsumen merasa puas dengan cabai yang dibeli maka akan terjadi peningkatan permintaan. Kepuasan konsumen dipengaruhi oleh harga cabai merah dan kualitas cabai merah yang didapat. Harga cabai merah dipengaruhi oleh hasil panen cabai merah, produktivitas cabai merah, permintaan cabai merah dan permintaan rumah makan. Sehingga saat terjadi peningkatan permintaan akan cabai merah, harga cabai merah juga akan ikut meningkat. Luas lahan mempengaruhi bagaimana hasil panen cabai merah, produksi cabai merah, produktivitas cabai merah, dan bagaimana manajemen pupuk yang baik. Produktivitas cabai merah akan mempengaruhi pendapatan petani yang dimana akan mempengaruhi bagaimana petani memanajemen pupuk yang akan digunakan. Cuaca /iklim dipengaruhi oleh jumlah populasi masyarakat, kemudian akan mempengaruhi hasil panen, kualitas cabai merah dan produktivitas cabai merah.

Stock and Flow Diagram

Dalam konteks penelitian simulasi sistem, konsep stok dan aliran digunakan untuk memodelkan dan mensimulasikan dinamika sistem mengenai rantai pasok cabai. Dalam penelitian ini juga stok dan aliran digunakan untuk memodelkan bagaimana sistem yang dibuat berevolusi seiring waktu untuk memprediksi perilaku sistem dalam berbagai kondisi.



Gambar 5 . *Stock and Flow Diagram* Variabel Eksogen dan Endogen Cabai Merah

Populasi masyarakat Sumatera Utara dipengaruhi oleh tingkat kelahiran dan tingkat kematian masyarakat. Kemudian akan mempengaruhi permintaan cabai merah permintaan cabai merah juga dipengaruhi oleh konsumsi perkapita, tingkat permintaan (hari besar). Produksi cabai merah dipengaruhi oleh produktivitas cabai merah dan luas lahan yang digunakan. Produktivitas cabai merah dipengaruhi oleh penggunaan pestisida, fungisida, manajemen pupuk dan cuaca yang terjadi saat proses budidaya cabai merah. Terdapat beberapa variabel eksogen yang mempengaruhi variabel pada sistem. hal

tersebut dicantumkan pada desain SFD untuk mengakurasikan tujuan dari sistem. dimana semakin kompleks suatu sistem akan menggambarkan proyeksinya di dunia nyata.

Berikut persamaan yang digunakan untuk setiap variabel pada SFD.

Tabel 7. *Equation* Variabel

| Variabel | Equation pada Vensim |
|------------------------------------|--|
| Populasi Masyarakat Sumatera Utara | =INTEG (kelahiran-kematian, populasi Masyarakat 7.692 penduduk |
| Kelahiran | Populasi Masyarakat Sumatera Utara*Tingkat kelahiran |
| Kematian | Populasi Masyarakat Sumatera Utara*Tingkat kematian |
| Tingkat Kelahiran | Data Badan Pusat Statistik 2023: 2,48 |
| Tingkat Kematian | Data Badan Pusat Statistik 2023: 0,26 |
| Permintaan cabai merah | (Konsumsi per kapita dalam ton*Populasi Masyarakat Sumatera Utara) + (konsumsi per kapita dalam ton*Populasi Masyarakat Sumatera Utara*peningkatan permintaan) |
| Peningkatan permintaan | Hari besar |
| Konsumsi per kapita dalam Ton | Konsumsi perkapita/1000 |
| Konsumsi per kapita | RANDOM UNIFORM (0.231, 0.346, 0) |
| Hari Besar | RANDOM UNIFORM (0.04, 0.08, 0) |
| Produktivitas cabai merah | INTEG (tingkat kenaikan produktivitas-tingkat penurunan produktivitas, tingkat produktivitas 10) |

| Variabel | Equation pada Vensim |
|---------------------------------|--|
| Tingkat kenaikan produktivitas | (Pemupukan+Penggunaan pestisida dan fungisida) * Produktivitas cabai merah |
| Tingkat penurunan produktivitas | Produktivitas cabai merah*cuaca buruk |
| Produksi Cabai Merah | (Luas lahan panen cabai merah*Produktivitas cabai merah) + Biaya produksi |
| Jumlah Cabai Merah terjual | RANDOM NORMAL(104230, 170000, 140137, 27188.6, 0) |
| Harga Cabai Merah | RANDOM NORMAL(18000, 25000, 21000 , 2943.92, 0) |
| Pendapatan n | Harga cabai merah*Jumlah cabai terjual |
| Profit | (Pendapatan-Produksi cabai merah)*(Harga cabai merah-Biaya Produksi) |
| Biaya Produksi | 150 |
| Pemupukan n | RANDOM UNIFORM (0.06, 0.08, 0) |
| Cuaca buruk | RANDOM UNIFORM (0.3, 0.5, 0) |

Populasi masyarakat untuk initial value pada vensim diperoleh dari data Badan Pusat Statistik, dimana jumlah penduduknya adalah 13028663 jiwa untuk tahun 2023. Hal yang sama juga didapatkan untuk data tingkat kelahiran dan kematian.

Konsumsi perkapita dirumuskan dengan kg/jiwa/tahun, sehingga perlu dikonversikan ke ton untuk menyatukan satuannya dengan nama variabel konsumsi per kapita dalam Ton. Konsumsi per kapita terendah di tahun 2010-2024 adalah 0,0231 dan tertinggi ada di 0,0397 sehingga untuk mengasumsikan keadaan tersebut, digunakan rumus RANDOM UNIFORM.

Hari besar dilihat dari jumlah hari besar dalam satu tahun, karena setiap hari besar biasanya terdapat peningkatan permintaan cabai. Jumlah hari besar dalam satu tahun ada 24 hari sehingga akan terdapat peningkatan sebesar $24/365=0,06$ dari hari biasa dimana angka tersebut tidak bisa kita pastikan akan terus tetap setiap tahun, pasti akan mengalami

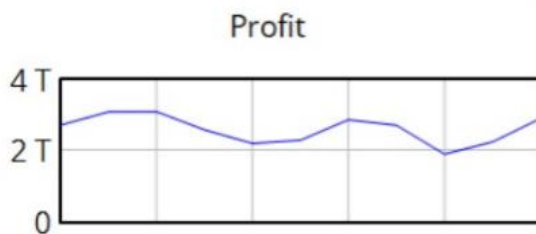
peningkatan atau penurunan, sehingga diambil angka paling tinggi sebesar 0,08 dan terendah adalah 0,04 dengan fungsi RANDOM UNIFORM.

Produktivitas cabai merah digunakan adalah hasil rata rata produktivitas selama 2010-2024. Begitu juga dengan luas lahan panen cabai yang digunakan adalah data Badan Pusat Statistik 2023.

Variabel variabel yang ada pada SFD seperti Pertumbuhan luas lahan cabai, penggunaan pestisida dan fungisida, pemupukan, dan cuaca buruk diperoleh dengan analisis data asumsi sama seperti konsep variabel hari besar. Sedangkan crop index merupakan istilah lain dari indeks tanaman, diperoleh bahwa nilai crop index adalah 1,1 (Al-Aziz, F. N. 2023)

HASIL DAN PEMBAHASAN

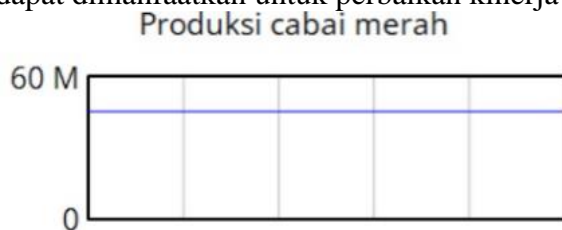
Grafik profit menunjukkan adanya fluktuasi selama periode waktu tertentu dengan kisaran antara 2 T hingga 4 T. Terlihat adanya penurunan profit yang cukup signifikan di tengah periode, yang mungkin dipengaruhi oleh penurunan pendapatan atau kenaikan biaya produksi. Meskipun demikian, profit mengalami peningkatan kembali mendekati akhir periode. Hal ini mengindikasikan adanya perbaikan kinerja yang mungkin disebabkan oleh efisiensi produksi atau peningkatan pendapatan.



Grafik pendapatan memperlihatkan pola yang mirip dengan grafik profit, di mana terjadi fluktuasi antara 2 T hingga 4 T. Pendapatan mengalami penurunan di tengah periode, yang kemungkinan berdampak pada penurunan profit pada waktu yang sama. Namun, pendapatan kembali menunjukkan tren meningkat mendekati akhir periode. Hal ini menandakan adanya potensi pemulihan dalam pendapatan yang dapat mendukung peningkatan profit jika dikelola dengan baik.

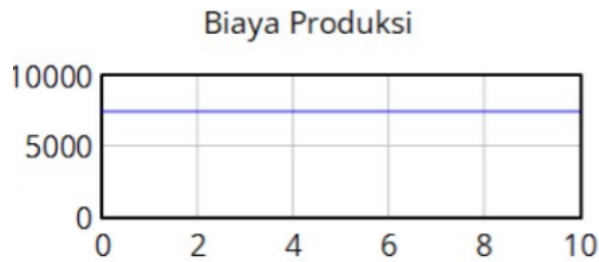


Grafik produksi cabai merah menunjukkan kestabilan produksi pada kisaran 60 M selama periode yang ditinjau. Stabilitas ini mengindikasikan bahwa proses produksi berjalan secara konsisten tanpa adanya gangguan signifikan, baik dari sisi operasional maupun sumber daya. Meskipun pendapatan dan profit berfluktuasi, stabilitas produksi menjadi faktor positif yang dapat dimanfaatkan untuk perbaikan kinerja keuangan ke depannya.



Grafik biaya produksi menunjukkan tren yang cukup stabil, dengan kisaran biaya berada antara 5.000 hingga 10.000 (satuan tidak ditentukan). Stabilitas biaya produksi menjadi salah satu faktor yang mendukung konsistensi produksi cabai merah. Dengan biaya

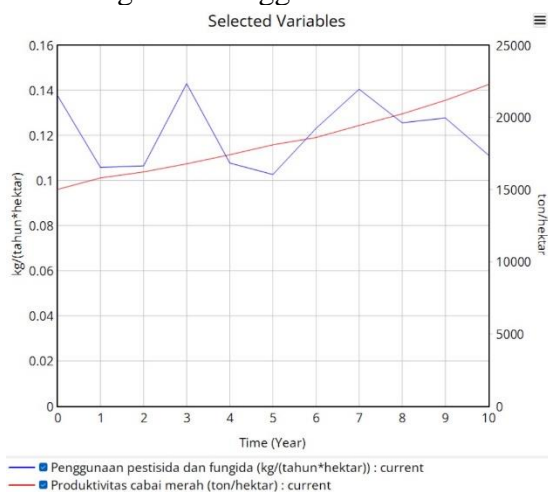
yang cenderung tidak mengalami lonjakan besar, pengelolaan produksi dapat berjalan lebih efisien. Namun, untuk meningkatkan profit, perlu adanya upaya peningkatan pendapatan, seperti optimasi harga jual atau diversifikasi produk hasil produksi.



Grafik biaya produksi memperlihatkan tren yang cukup stabil dengan nilai berkisar antara 5.000 hingga 10.000 (satuan tidak ditentukan). Stabilitas biaya produksi ini menunjukkan pengelolaan biaya yang efisien dalam proses produksi cabai merah. Meskipun biaya produksi relatif stabil, fluktuasi pendapatan dan profit menunjukkan bahwa tantangan utama mungkin berasal dari pasar, seperti harga jual yang tidak stabil atau permintaan yang berfluktuasi. Oleh karena itu, fokus pada strategi peningkatan pendapatan dapat menjadi solusi untuk memaksimalkan profit di masa mendatang.

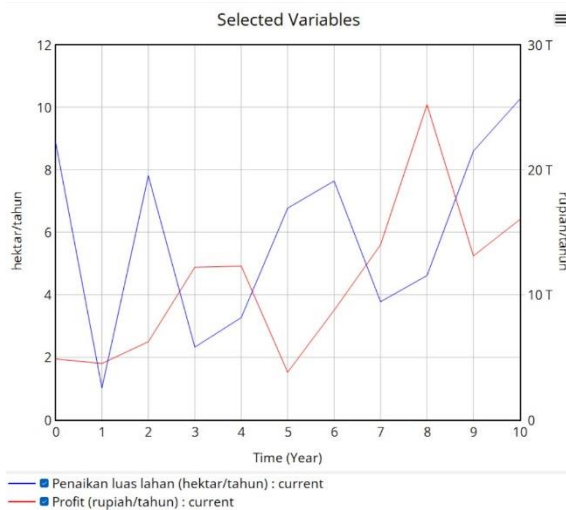
Skenario

a. Peningkatan Penggunaan Pestisida dan Fungida



Grafik di atas menggambarkan hubungan antara penggunaan pestisida dan fungisida dengan produktivitas cabai merah dalam beberapa tahun terakhir. Terlihat fluktuasi yang cukup signifikan dalam penggunaan pestisida, namun secara umum produktivitas cabai merah cenderung meningkat. Walaupun ada korelasi antara keduanya, hubungan ini tidak selalu linier. Peningkatan produktivitas tidak selalu sejalan dengan peningkatan penggunaan pestisida. Ini mengindikasikan bahwa faktor lain seperti varietas unggul, teknik budidaya, dan kondisi lingkungan juga turut mempengaruhi hasil panen. Penggunaan pestisida yang berlebihan dapat menimbulkan masalah seperti resistensi hama dan penyakit, serta dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan pestisida perlu dilakukan secara bijak dan terukur.

b. Penaikan luas lahan



Grafik ini menunjukkan hubungan antara kenaikan luas lahan (hektar/tahun) dan profit (rupiah/tahun) selama periode 10 tahun. Pada awalnya, luas lahan mengalami penurunan tajam dari 9 hektar/tahun menjadi 1 hektar/tahun pada tahun pertama, sementara profit tetap stabil di sekitar 2 triliun rupiah. Namun, pada tahun kedua, luas lahan melonjak kembali hingga 8 hektar/tahun, diikuti oleh peningkatan kecil pada profit. Selama tahun ketiga hingga kelima, luas lahan cenderung fluktuatif, sementara profit stabil di sekitar 4 triliun sebelum akhirnya menurun ke titik terendah pada tahun kelima. Seiring dengan peningkatan luas lahan dari tahun kelima hingga ketujuh, profit mulai menunjukkan tren positif, tumbuh signifikan hingga mencapai 10 triliun rupiah. Puncak profit terjadi pada tahun kedelapan, mencapai sekitar 25 triliun rupiah, seiring peningkatan luas lahan yang signifikan. Meskipun sempat menurun pada tahun kesembilan, profit kembali naik di tahun kesepuluh bersamaan dengan peningkatan luas lahan hingga mencapai 10 hektar/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan luas lahan umumnya berkontribusi positif terhadap profit, meskipun terdapat fluktuasi di beberapa tahun yang mungkin dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti efisiensi produksi atau kondisi pasar. Secara keseluruhan, pada akhir periode, kedua variabel ini menunjukkan tren positif yang mengindikasikan potensi pertumbuhan yang berkelanjutan.

Model Validasi

Berdasarkan simulasi sistem yang telah dibuat, maka dilakukan pengujian berdasarkan validasi peramalan. Validasi peramalan dilakukan untuk memastikan bahwa model yang digunakan dapat memprediksi data dengan tingkat akurasi yang baik. Salah satu metode validasi yang sering digunakan adalah Mean Absolute Percentage Error (MAPE), yaitu metode yang menghitung rata-rata kesalahan absolut dalam bentuk persentase terhadap data aktual. Nilai MAPE diperoleh dengan membandingkan perbedaan antara data aktual dan hasil peramalan dengan nilai data aktual tersebut.

| Peningkatan Profit Petani pada Nilai Rantai Pasok Cabai Merah Sumatera Utara | | | | |
|--|-------|--------|-------|------------|
| A | F | A | | |
| t | t | t-Ft | At-Ft | (At-Ft)/At |
| 3 | 4 | - | 6 | 0, |
| 82041 | 50086 | 68045 | 8045 | 1781 |
| 5 | 6 | - | 1 | 0, |
| 21095 | 24424 | 103329 | 03329 | 1983 |
| 1 | 1 | 9 | 9 | 0, |
| 22948 | 21967 | 81 | 81 | 0080 |
| 5 | 1 | 3 | 3 | 0, |

| | | | | | | |
|-----|------------------|-------|-------|--------------|-------|------|
| n | 10 | 16985 | 22948 | 94037 | 94037 | 7622 |
| M | 0,5572080 | 5 | 3 | 1 | 1 | 0, |
| APE | 86 | 53353 | 79842 | 73511 | 73511 | 3136 |
| | | 3 | 8 | - | 5 | 1, |
| | | 28875 | 76043 | 547168 | 47168 | 6638 |
| | | 5 | 1 | 3 | 3 | 0, |
| | | 35261 | 39961 | 95300 | 95300 | 7385 |
| | | 4 | 2 | 1 | 1 | 0, |
| | | 14422 | 52028 | 62394 | 62394 | 3919 |
| | | 3 | 1 | 2 | 2 | 0, |
| | | 46432 | 31057 | 15375 | 15375 | 6217 |
| | | 5 | 1 | 3 | 3 | 0, |
| | | 0 | 27019 | 60146 | 66873 | 6961 |
| | | | | | | 5,57 |
| | | | | Total | | 21 |

Nilai MAPE yang diperoleh berdasarkan perhitungan adalah sebesar 0,557. Nilai tersebut berada pada rentang <10%, dengan model peramalan sangat baik. Dengan demikian, metode ini dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan peramalan pada beberapa periode berikutnya.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa optimalisasi nilai rantai pasok cabai merah di Sumatera Utara dapat dicapai melalui peningkatan produktivitas lahan, penggunaan teknologi pertanian yang efisien, dan manajemen distribusi yang lebih baik. Faktor-faktor utama seperti luas lahan, kualitas cabai, penggunaan pestisida dan fungisida, serta kondisi iklim memiliki pengaruh signifikan terhadap produksi dan stabilitas rantai pasok cabai merah. Hasil simulasi sistem dinamis menunjukkan bahwa peningkatan penggunaan teknologi dan penambahan luas lahan berdampak positif pada produktivitas dan profit petani, meskipun terdapat fluktuasi akibat faktor eksternal seperti cuaca dan permintaan pasar. Model yang dikembangkan melalui *Causal Loop Diagram* dan *Stock and Flow Diagram* berhasil divalidasi dengan tingkat akurasi yang sangat baik (MAPE sebesar 0,557%), sehingga dapat digunakan untuk meramalkan kondisi rantai pasok di masa mendatang. Oleh karena itu, strategi yang berfokus pada peningkatan kualitas produk, efisiensi distribusi, dan kepuasan konsumen dapat mendukung stabilitas harga cabai merah serta meningkatkan pendapatan petani secara berkelanjutan.

REFERENSI

- Analia, D. (2017). Structure Of Supply Chain, Institution Cluster And Industrial Commodities Red Chili: A Literature Review. *Sosial, Jurusan Fakultas, Ekonomi Universitas, Pertanian Padang, Andalas*, 21–30.
- Al-Aziz, F. N. (2023). *Pengembangan Model Simulasi Dan Skenario Sistem Dinamik Untuk Meningkatkan Nilai Rantai Pasok Cabai Rawit* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Andayani, S. A. (2018). Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi cabai merah. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 1(3), 261-268.
- Apriyani, D., Nurmalina, R., & Burhanuddin, B. (2018). Evaluasi Kinerja Rantai Pasok Sayuran Organik dengan Pendekatan Supply Chain Operation Reference (SCOR). *Mix: Jurnal Ilmiah Manajemen*, 8(2), 312-335.
- Elizabeth, R. (2018). Akselerasi agroindustri dan nilai tambah: faktor pendukung pencapaian daya saing produk dan percepatan pembangunan pertanian di Indonesia. *UNES Journal of Agricultural Scientist*, 2(1), 001-01.
- Fatahilah, Y. H., & Marimin, H. (2010). Performance analysis of supply chain for beef cattle: Case study at PT Kariyana Gita Utama, Jakarta. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 20(3).

- FARIZA, R. (2022). Analisis Sistem Rantai Pasok Bawang Merah Di Kabupaten Sleman Dengan Pendekatan Simulasi Model System Dynamics.
- Garcia, D. J., & You, F. (2015). Supply chain design and optimization: Challenges and opportunities. *Computers & Chemical Engineering*, 81, 153-170.
- Handoko, Y. A., Kristiawan, Y. A., & Agus, Y. H. (2020). Isolasi dan karakterisasi biokimia bakteri pembusuk buah cabai rawit. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 11(1), 34-41.
- Hayuningtyas, M., & Yuliasih, I. (2020). Peningkatan Kinerja, Mitigasi Risiko Dan Analisis Kelembagaan Pada Rantai Pasok Cabai Merah Di Kabupaten Garut. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(1).
- Istiyanti, E. (2010). Efisiensi pemasaran cabai merah keriting di Kecamatan Ngemplak Kabupaten Sleman. *Mapeta*, 12(2).
- Indriani, R., Darman, R., Musa, Y., & Tenriawaru, A. N. Rantai Pasok.
- KARINA, A. P. (2013). *RANCANG BANGUN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN OPTIMASI ALOKASI PASOKAN UNTUK RANTAI PASOK CABAI MERAH BESAR DENGAN METODE FUZZY MULTIOBJECTIVE OPTIMIZATION LINEAR PROGRAMMING (STUDI KASUS KOPERASI TANI MADE MAKMUR SURABAYA)* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS AIRLANGGA).
- Kustiari, R. (2017). Perilaku harga dan integrasi pasar bawang merah di Indonesia. *Jurnal Agro Ekonomi*, 35(2), 77-87.
- Naully, D., 2016. FLUKTUASI DAN DISPARITAS HARGA CABAI DI INDONESIA. *Jurnal AGROSAINS dan TEKNOLOGI*, 1(1), pp. 57-70.
- Permana, N. S. (2017). Kemitraan Dalam Rantai Pasokan Cabai Merah Besar Di Jawa Barat. *Unes Journal Of Agricultural Scientist*, 1(2), 199-209.
- SALEH, L., & ROSNI, C. (2022). *POLA PENGEMBANGAN AGRIBISNIS KOMODITAS CABAI MERAH*. Feniks Muda Sejahtera.
- Sudianto, Herdiyeni, Y., Haristu, A. & Hardhienata, M., 2020. *Chilli Quality Classification using Deep Learning*. Bogor, IEEE, pp. 1-5
- Tsurayya, S., & Kartika, L. (2015). Kelembagaan dan strategi peningkatan daya saing komoditas cabai kabupaten Garut. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 12(1), 1-1.
- Yulita, P. (2021). *Analisis Manajemen Rantai Pasok Cabai Merah Di Kecamatan Seberida Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau*.
<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/10/26/konsumsi-cabai-merah-meningkat-994-pada-2021>
<https://hargapangan.sumutprov.go.id/harga-cabai-merah-turun>