



## Analisis Sistem Dinamik Ketersediaan Susu Sapi Perah Di Sumatera Utara

Eko Siahaan<sup>1</sup>, Desi Anju Nadetha Pakpahan<sup>2</sup>, Mariana Aprilya Tolimba Br Hsb<sup>3</sup>  
Institut Teknologi Del<sup>123</sup>

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

### Abstrak

Susu merupakan salah satu sumber gizi penting yang berperan dalam menunjang kesehatan dan pertumbuhan, khususnya bagi anak-anak dan remaja. Permintaan susu diperkirakan akan terus meningkat, terutama sejalan dengan program nasional untuk mengentaskan stunting melalui pemberian susu gratis. Namun, hanya sekitar 20-30% dari kebutuhan susu nasional yang mampu dipenuhi oleh produksi dalam negeri, sehingga sebagian besar harus diimpor dari negara seperti Australia dan Selandia Baru. Sumatera Utara merupakan salah satu provinsi berpenduduk besar di Indonesia, memiliki permintaan tinggi terhadap susu dan produk olahannya. Oleh karena itu, analisis sistem dinamis sangat tepat digunakan untuk menganalisis ketersediaan susu sapi perah di Sumatera Utara yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mempengaruhi produksi dan distribusi susu untuk menstabilkan ketersediaan susu di Sumatera Utara sesuai dengan permintaan dan kebutuhan serta untuk meningkatkan ketahanan pasokan susu di daerah Sumatera Utara. Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem dinamis. Uji validasi pada penelitian ini dilakukan dengan metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Penelitian ini menggunakan data berupa variabel-variabel yang memengaruhi ketersediaan susu sapi di Sumatera Utara mulai dari tahun 2021-2023 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, penelitian terdahulu, dan sumber pendukung lainnya. Hasil dari simulasi skenario kebijakan impor susu sebanyak 31 juta liter masih belum bisa mencukupi kebutuhan susu di Sumatera Utara. Kemudian dilakukan proyeksi skenario kebijakan impor sapi perah sebanyak 15 ribu ekor dengan hasil yang menunjukkan adanya pertambahan jumlah produksi susu yang terus meningkat secara signifikan. Pada tahun 2030, produksi susu sudah mampu memenuhi kebutuhan susu di Sumatera Utara, bahkan mampu melakukan ekspor dikarenakan produksi susu sudah lebih tinggi daripada kebutuhan susu di Sumatera Utara.

**Kata Kunci:** Sistem Dinamis, Ketersediaan, Susu Sapi, Sumatera Utara.

(\*) Corresponding Author:

[ekosiahaan@285gmail.com](mailto:ekosiahaan@285gmail.com),  
[marianaapriilya8@gmail.com](mailto:marianaapriilya8@gmail.com)

[desianju2002@gmail.com](mailto:desianju2002@gmail.com),

**How to Cite:** Pakpahan, D., Br Hsb, M., Siahaan, E., & Silalahi, F. (2025). Analisis Sistem Dinamik Ketersediaan Susu Sapi Perah Di Sumatera Utara. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(7.D), 51-62. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/11222>.

## PENDAHULUAN

Susu merupakan salah satu sumber gizi penting yang berperan dalam menunjang kesehatan dan pertumbuhan, khususnya bagi anak-anak dan remaja (Istiqomah, 2018). Namun, hanya sekitar 20-30% dari kebutuhan susu nasional yang mampu dipenuhi oleh produksi dalam negeri, sehingga sebagian besar harus diimpor dari negara seperti Australia dan Selandia Baru (Astuti et al., 2016). Ketidakseimbangan antara kapasitas produksi lokal dan kebutuhan pasar menjadi tantangan utama yang perlu segera diatasi untuk mendukung ketahanan pangan dan gizi masyarakat (Priyanti & Soedjana, 2016).

Sebagian besar peternakan sapi perah di Indonesia adalah peternakan skala kecil dengan produktivitas rendah, disebabkan oleh keterbatasan sumber daya seperti lahan, pakan berkualitas, dan teknologi peternakan (Jahroh et al., 2020). Di beberapa daerah, peternakan

sapi perah hanya mampu memproduksi 10-15 liter susu per ekor per hari, jauh lebih rendah dibandingkan potensi optimal sebesar 20 liter per hari.

Tantangan lain adalah tingginya ketergantungan pada susu impor. Sekitar 70% kebutuhan susu nasional dipenuhi melalui impor, yang menyebabkan volatilitas harga dan risiko ketahanan pasokan (Swastika et al., 1997). Untuk mengatasi hal ini, berbagai kebijakan telah diterapkan, termasuk insentif untuk peternak dan peningkatan peran koperasi dalam distribusi hasil peternakan (Anggrahini et al., 2018). Permintaan susu diperkirakan akan terus meningkat, terutama sejalan dengan program nasional untuk mengentaskan stunting melalui pemberian susu gratis. Namun, peningkatan produksi susu lokal memerlukan dukungan infrastruktur, seperti penyimpanan dingin, distribusi yang efisien, dan pelatihan untuk peternak (Sembada et al., 2016). Selain itu, tantangan iklim tropis yang memengaruhi kualitas pakan dan produksi susu juga perlu diatasi dengan pengembangan teknologi yang sesuai (Sulaksono, 2017). Beberapa usaha peningkatan produksi susu sapi perah dapat dilakukan dengan memperbaiki kualitas pangan, menyediakan bibit sapi perah yang unggul, dan merawat kesehatan sapi perah (Pasaribu et al., 2023).

Sumatera Utara merupakan salah satu provinsi berpenduduk besar di Indonesia, memiliki permintaan tinggi terhadap susu dan produk olahannya (Badan Pusat Statistik, 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni et al., (2015) dalam Assafah, (2021) menunjukkan bahwa peramalan produksi dan konsumsi susu sapi tahun 2016-2026 mengalami *trend* penurunan sehingga pemerintah perlu menerapkan suatu kebijakan terkait susu di Sumatera Utara. Analisis Sistem Dinamis merupakan salah satu pendekatan yang relevan untuk memetakan interaksi antar elemen dalam sistem memproyeksikan dampak dari perubahan kebijakan, serta merancang solusi yang berkelanjutan (Stermann, 2002). Pendekatan ini dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak perubahan kebijakan terhadap produksi dan distribusi, serta merancang solusi yang berkelanjutan (Priyono et al., 2023). Oleh karena itu, analisis sistem dinamis sangat tepat digunakan untuk menganalisis ketersediaan susu sapi perah di Sumatera Utara yang bertujuan untuk:

1. Memahami dinamika sistem ketersediaan susu di Sumatera Utara.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor utama yang memengaruhi produksi dan distribusi susu.
3. Mengevaluasi kebijakan dan strategi untuk meningkatkan ketahanan pasokan susu.

Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan sektor peternakan susu dan mendukung pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat secara berkelanjutan.

## **METODE PENELITIAN**

### **1. Pengumpulan Data**

Penelitian ini menggunakan data berupa populasi penduduk Sumatera Utara, populasi sapi perah di Sumatera Utara, laju kelahiran penduduk, laju kematian penduduk, kebutuhan susu di Sumatera Utara, konsumsi susu per kapita, jumlah susu yang dihasilkan setiap ekor sapi. Data-data tersebut diperoleh dari Badan Pusat Statistik serta sumber lain yang mendukung penelitian ini. Data-data yang telah diperoleh kemudian digunakan sebagai variabel-variabel dependen maupun variabel pembantu yang saling mempengaruhi pada pemodelan sistem yang akan disimulasikan (Pasha et al., 2017).

### **2. Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam metode penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### **a. Pemodelan Sistem**

Pemodelan sistem dinamik dilakukan untuk memahami struktur dan dinamika sistem yang kompleks sehingga dapat mengetahui proses suatu sistem bekerja. Selain itu, pemodelan sistem digunakan untuk memprediksi proses suatu sistem bekerja pada masa yang akan datang dari sistem yang telah ada, mengevaluasi skenario kebijakan sehingga diperoleh kebijakan yang dapat mencapai keberhasilan sesuai keadaan sistem yang diinginkan (Artika & Chaerul, 2020).

Pada penelitian ini pemodelan sistem diawali dengan konseptualisasi terhadap ketersediaan susu sapi perah di Sumatera Utara dalam bentuk diagram sebab akibat atau *causal loop diagram* (CLD), lalu CLD diterjemahkan menjadi *stock and flow diagram* agar dapat disimulasikan berdasarkan kuantifikasi data (Saputra et al., 2019).

#### b. Formulasi Model

Formulasi model merupakan proses mengubah struktur model menjadi persamaan-persamaan dari suatu konseptual informal ke konseptual formal atau representasi model secara kuantitatif (Pasha et al., 2017). Formulasi dirancang berdasarkan data dan informasi masa lalu sehingga menggambarkan permasalahan pada model (Sa'adah et al., 2017). Tujuan dari formulasi model adalah agar model yang telah dirancang dapat disimulasikan dan melakukan simulasi skenario kebijakan terhadap model yang telah dirancang.

#### c. Simulasi Model

Simulasi model dapat dilakukan setelah melakukan pemodelan sistem dan formulasi model dengan data dan informasi yang akurat. Simulasi sistem dinamik pada penelitian ini dilakukan dalam periode 10 tahun ke depan, simulasi dimulai dari tahun 2021 hingga 2031.

#### d. Validasi Model

Validasi model pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi model terhadap sistem atau nilai sebenarnya yang disebut dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Uji ini dilakukan untuk mengetahui nilai persentase *error* dari hasil simulasi model terhadap nilai sebenarnya (Riswanto, 2020). Rumus dari uji validasi model dengan MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \frac{\epsilon_t}{Y_t} \times 100\%$$

Keterangan :

$\epsilon_t$  : Selisih hasil proyeksi produksi susu dan data aktual produksi susu Provinsi Sumatera Utara periode 2021 - 2023

$Y_t$  : Data aktual produksi susu Provinsi Sumatera Utara 2021-2023 (Badan Pusat Statistik Produksi Susu Segar menurut Provinsi (Ton))

$n$  : Banyaknya data yang diuji

Kriteria ketepatan model dengan uji MAPE menurut Lomauro dan Bakshi (1985) dalam Sa'adah et al., (2017) adalah sebagai berikut:

$MAPE < 5\%$  : sangat tepat

$5\% < MAPE < 10\%$  : tepat

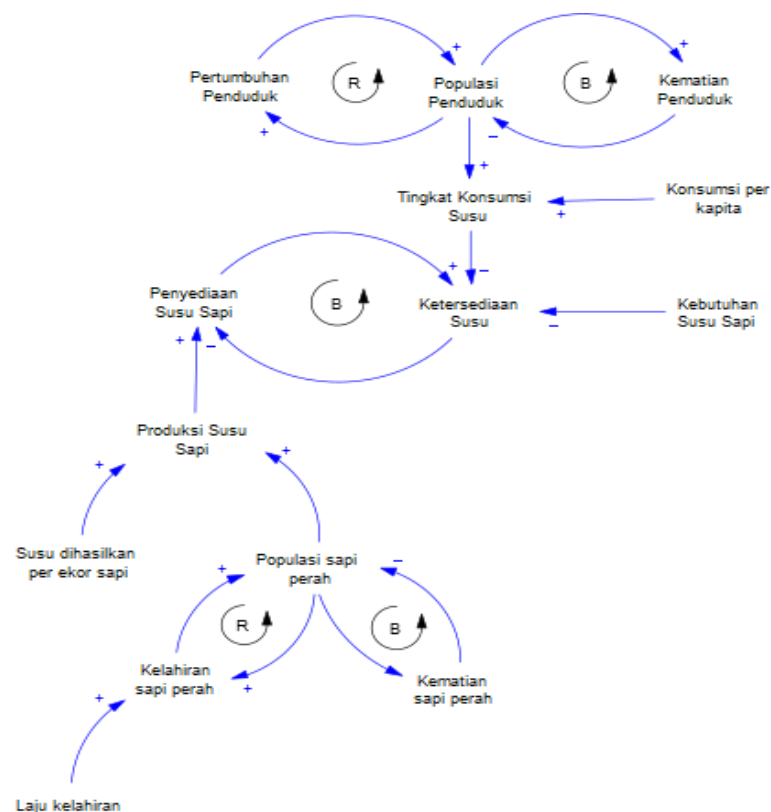
$MAPE > 10\%$  : tidak tepat.

## HASIL & PEMBAHASAN

### 1. Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem pada penelitian ini berangkat dari tujuan penelitian untuk memahami sistem ketersediaan susu di Sumatera Utara untuk mengatasi permasalahan pemenuhan kebutuhan susu di Sumatera Utara. Model sistem dinamik ketersediaan susu di Sumatera Utara tersusun dari dua sub sistem, yaitu sub sistem penyediaan susu sapi Sumatera Utara dan sub sistem kebutuhan susu sapi Sumatera Utara. Ketersediaan susu di Sumatera Utara dapat diketahui dari selisih antara sub sistem penyediaan susu sapi dan kebutuhan susu sapi.

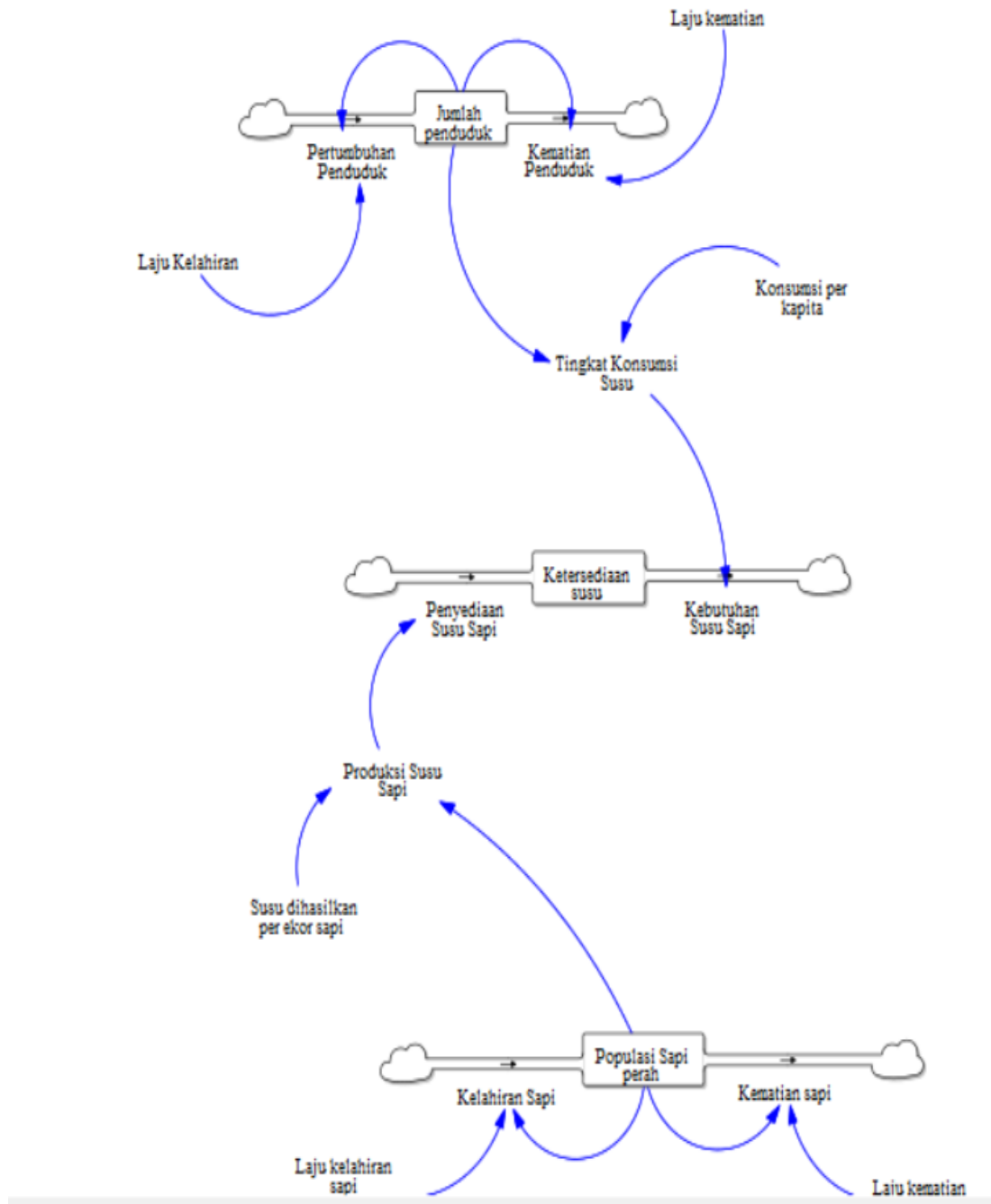
Penyediaan susu sapi Sumatera Utara dipengaruhi oleh populasi sapi perah, laju kelahiran sapi perah, laju kematian sapi perah, dan jumlah susu yang dihasilkan per ekor sapi. Penambahan populasi sapi perah tentu akan meningkatkan jumlah produksi susu sapi. Semakin banyak jumlah sapi perah dan jumlah produksi susu per ekor maka produksi susu akan semakin banyak juga. Kebutuhan susu sapi Sumatera Utara dipengaruhi oleh jumlah penduduk Sumatera Utara dan konsumsi susu per kapita penduduk Sumatera Utara. Semakin jumlah penduduk dan konsumsi per kapita maka kebutuhan susu Sumatera Utara akan meningkat. Oleh karena itu, ketersediaan susu sapi Sumatera Utara merupakan selisih antara total penyediaan susu dan total kebutuhan susu sapi Sumatera Utara. Berikut merupakan *causal loop diagram* ketersediaan susu sapi Sumatera Utara:



### 2. Formulasi Model

Formulasi model merupakan perumusan masalah ke dalam bentuk matematis yang dapat mewakili sistem nyata. Formulasi model merupakan tahapan untuk memberikan rumusan

matematis (Dudin et al., 2020) . Formulasi model ketersediaan susu di Sumatera Utara dibuat



dalam *software* Vensim yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Berikut ini merupakan formulasi dari setiap variabel yang ada pada *stock and flow diagram*:

No	Variabel	Type	Formulasi	Unit
----	----------	------	-----------	------

1	Ketersediaan Susu	Level	INTEG(Produksi Susu + Impor Susu - Ekspor Susu - Konsumsi Susu, 8.745+06)	liter/tahun
2	Penyediaan Susu Sapi	Auxiliary	Produksi Susu Sapi	liter/tahun
3	Kebutuhan susu	Auxiliary	Tingkat Konsumsi Susu	Liter/tahun
4	Produksi susu sapi	Auxiliary	Populasi Sapi perah x Susu dihasilkan per ekor sapi	liter/tahun
5	Susu dihasilkan per ekor sapi	Auxiliary	1685	liter/ekor
6	Tingkat konsumsi susu	Auxiliary	Jumlah penduduk x Konsumsi per kapita	liter/tahun
7	Konsumsi per kapita	Auxiliary	10	liter/tahun
8	Jumlah penduduk	Level	INTEG(Pertumbuhan Penduduk - Kematian Penduduk, 1.4936e+07)	Jiwa/tahun
9	Pertumbuhan penduduk	Auxiliary	Jumlah penduduk x Laju Kelahiran	Jiwa/tahun
10	Laju kelahiran penduduk	Auxiliary	0.01	Dmnl
11	Kematian penduduk	Auxiliary	Jumlah penduduk*Laju kematian	jiwa/tahun
12	Populasi sapi perah	Level	INTEG(Kelahiran Sapi-Kematian sapi, 5164)	ekor/tahun
13	Kelahiran sapi	Auxiliary	Populasi Sapi perah x Laju kelahiran sapi	ekor/tahun
14	Laju kelahiran sapi	Auxiliary	0.03	Dmnl
15	Kematian sapi	Flow	Populasi Sapi perah*Laju kematian sapi	ekor/tahun
16	Laju Kematian penduduk	Auxiliary	0.0005	Dmnl

17	Laju kematian Sapi perah	Auxiliary	0.01	Dmnl
----	--------------------------	-----------	------	------

### VALIDASI MODEL

Agar model simulasi dapat dikatakan mewakili sistem dan diterima, maka harus dilakukan validasi. Pengecekan validasi dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil operasi nyata dengan hasil simulasi menggunakan model yang sudah dibangun. Pada penelitian ini digunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) metode validasi yang digunakan untuk mengidentifikasi nilai persentase *error* dari hasil simulasi model terhadap nilai sebenarnya. Persentase nilai MAPE yang dapat diterima yaitu maksimal 10% (Firdaus, 2023) dan model yang memiliki nilai MAPE di bawah 5% dapat dinyatakan sangat dapat diterima.

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \frac{\epsilon_t}{Y_t} \times 100\%$$

Keterangan :

$\epsilon_t$  Selisih hasil proyeksi produksi susu dan data aktual produksi susu Provinsi Sumatera Utara periode 2021 - 2023

$Y_t$  Data aktual produksi susu Provinsi Sumatera Utara 2021-2023 (Badan Pusat Statistik Produksi Susu Segar menurut Provinsi (Ton))

$n$  Banyaknya data yang diuji

Setelah dilakukan perhitungan validasi dengan membandingkan hasil dari simulasi menggunakan model yang sudah dibangun dengan data aktual produksi susu Sumatera utara, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tahun	Data Proyeksi Produksi Susu	Data Aktual Produksi Susu	MAPE
2021	8701	8745.02	1%
2022	8875	8953.3	
2023	9052	9234.4	

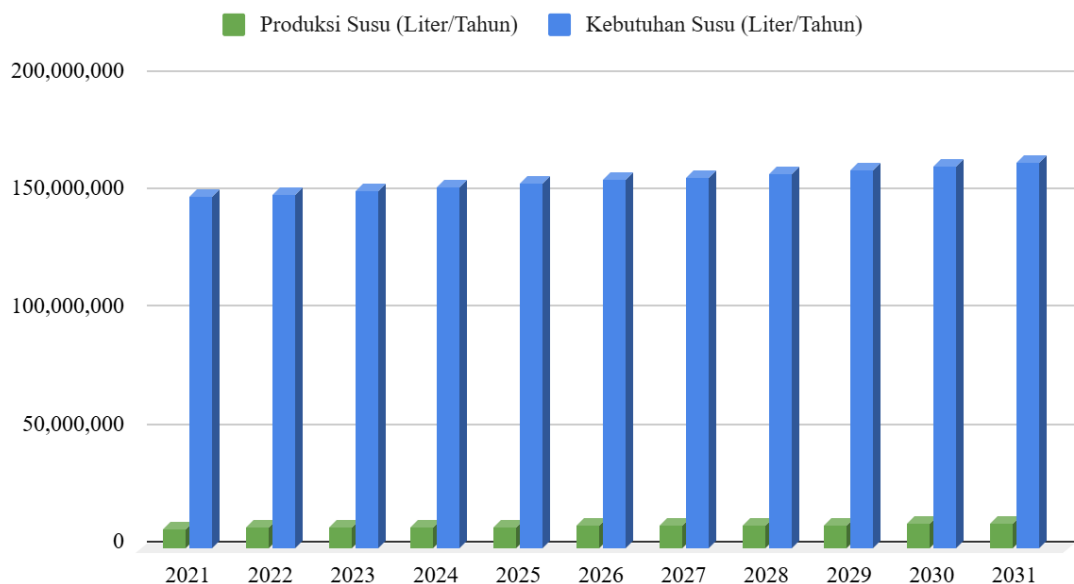
Nilai MAPE total produksi susu Provinsi Sumatera Utara pada pada model yang telah dirancang yaitu sebesar 1%. Berdasarkan hasil perhitungan MAPE tersebut diperoleh kesimpulan bahwa model yang dirancang sangat dapat diterima.

### SKENARIO DAN HASIL SIMULASI

#### 1. Skenario Simulasi Ketersediaan Susu Tanpa Kebijakan di Sumatera Utara

Potensi produksi susu sapi dapat ditingkatkan dengan mengetahui terlebih dahulu seberapa banyak ketersediaan susu dan kebutuhan susu di Sumatera Utara. Apabila ketersediaan susu lebih besar dibandingkan kebutuhan susu sapi, maka wilayah dikatakan surplus susu. Dan apabila ketersediaan susu lebih kecil dari kebutuhan susu maka wilayah dapat dikatakan deficit beras.

### Proyeksi Ketersediaan Susu Provinsi Sumatera Utara 2021- 2031



Gambar di atas menunjukkan jumlah produksi susu di Sumatera utara lebih sedikit dibandingkan kebutuhan susu, sehingga kebutuhan susu tidak terpenuhi dari tahun 2021-2031. Berikut merupakan table dari hasil simulasi yang dilakukan dengan model :

Tahun	Produksi Susu (Liter/Tahun)	Kebutuhan Susu (Liter/Tahun)	Defisit (Liter/Tahun)	Kontribusi Domestik
2021	8,701,340	149,361,000	140,659,660	5.83%
2022	8,875,370	150,780,000	141,904,630	5.89%
2023	9,052,870	152,212,000	143,159,130	5.95%
2024	9,233,920	153,658,000	144,424,080	6.01%
2025	9,418,610	155,118,000	145,699,390	6.07%
2026	9,606,980	156,592,000	146,985,020	6.14%
2027	9,799,120	158,079,000	148,279,880	6.20%
2028	9,995,100	159,581,000	149,585,900	6.26%
2029	10,195,000	161,097,000	150,902,000	6.33%
2030	10,398,900	162,628,000	152,229,100	6.39%
2031	10,606,900	164,173,000	153,566,100	6.46%

Hasil simulasi menunjukkan bahwa adanya peningkatan produksi susu di Sumatera Utara dan begitu juga dengan kebutuhan susu yang selalu meningkat. Tetapi produksi susu dari

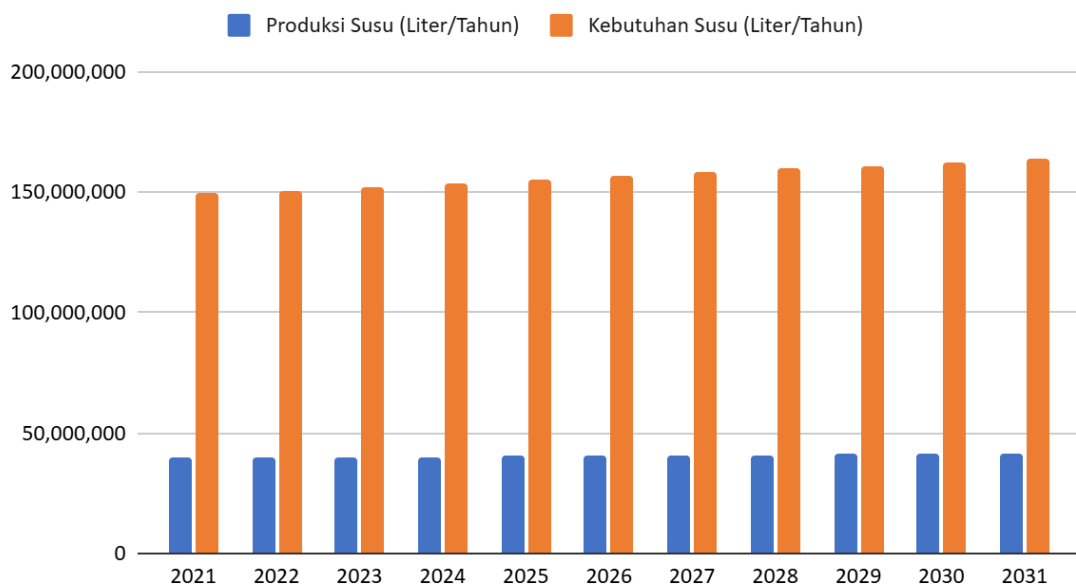
tahun 2021 sampai tahun 2031 masih lebih sedikit dibandingkan kebutuhan susu di Sumatera Utara sehingga produksi susu belum dapat dikatakan dapat memenuhi keseluruhan kebutuhan susu yang di Sumatera Utara. Angka kontribusi pemenuhan kebutuhan susu di Sumatera Utara masih sangat kecil. Defisit antara kebutuhan susu dan produksi susu sangat tinggi dan berlangsung dari tahun ke tahun. Sehingga dalam pemenuhan kebutuhan susu di Sumatera Utara perlu dilakukan kebijakan simulasi.

## 2. Skenario Kebijakan Impor Susu Segar

Seknario kebijakan untuk mengimpor susu sapi segar sebesar 31 juta liter bertujuan untuk melihat apakah produksi susu di Sumatera Utara sudah mampu memenuhi kebutuhan susu yang ada. Hasil skenario kebijakan ini dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar diatas menunjukkan jumlah produksi susu di Sumatera utara sudah

Proyeksi Ketersediaan Susu Provinsi Sumatera Utara 2021- 2031



menunjukkan adanya peningkatan meskipun masih lebih sedikit dibandingkan kebutuhan susu yang ada, sehingga kebutuhan susu masih belum terpenuhi dari tahun 2021-2031. Berikut merupakan table dari hasil simulasi yang dilakukan dengan model :

Tahun	Produksi Susu (Liter/Tahun)	Kebutuhan Susu (Liter/Tahun)	Defisit (Liter/Tahun)	Kontribusi Domestik
2021	39,701,300	149,361,000	109,659,700	26.58%
2022	39,875,400	150,780,000	110,904,600	26.45%
2023	40,052,900	152,212,000	112,159,100	26.31%
2024	40,233,900	153,658,000	113,424,100	26.18%
2025	40,418,600	155,118,000	114,511,000	26.18%
2026	40,607,000	156,592,000	115,792,900	26.05%
2027	40,799,100	158,079,000	117,083,900	25.93%
2028	40,995,100	159,581,000	118,386,000	25.81%
2029	41,195,000	161,097,000	119,698,100	25.70%

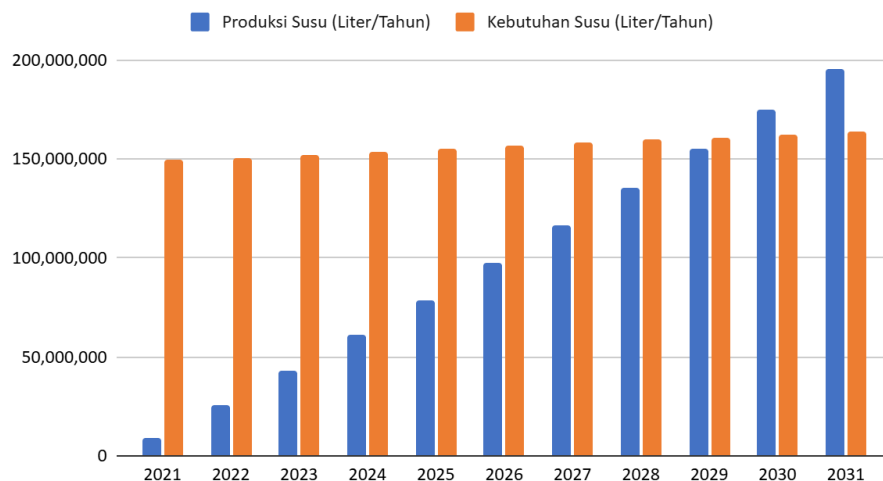
Tahun	Produksi Susu (Liter/Tahun)	Kebutuhan Susu (Liter/Tahun)	Defisit (Liter/Tahun)	Kontribusi Domestik
2030	41,398,900	162,628,000	121,021,100	25.58%
2031	41,606,900	164,173,000	122,566,100	25.34%

Hasil dari simulasi skenario kebijakan impor susu sebanyak 31 juta liter masih belum bisa mencukupi kebutuhan susu di Sumatera Utara. Meskipun angka kontribusi produksi susu sudah lebih jauh meningkat, tetapi masih belum bisa menjawab kebutuhan susu yang ada. Sehingga harus dilakukan skenario kebijakan lainnya yang mampu mengatasi defisit yang ditimbulkan.

### 3. Skenario Kebijakan Peningkatan Jumlah sapi di Sumatera Utara

Skenario kebijakan peningkatan jumlah sapi di Sumatera Utara dengan cara mengimpor sapi perah sebanyak 15 ribu ekor sapi perah bertujuan untuk melihat apakah produksi susu di Sumatera Utara sudah mampu memenuhi kebutuhan susu yang ada. Hasil skenario kebijakan ini dapat dilihat pada gambar berikut.

Proyeksi Ketersediaan Susu Provinsi Sumatera Utara 2021- 2031



Gambar diatas menunjukkan jumlah produksi susu di Sumatera utara sudah menunjukkan adanya peningkatan meskipun masih lebih sedikit dibandingkan kebutuhan susu yang ada. Pada skenario kebijakan ini produksi susu mampu memenuhi kebutuhan susu di Sumatera Utara pada tahun 2029, bahkan Sumatera Utara bisa melakukan ekspor susu sapi dikarenakan jumlah produksi susu sudah melebihi kebutuhan di Sumatera Utara. Berikut merupakan table dari hasil simulasi yang dilakukan dengan model :

Tahun	Produksi Susu (Liter/Tahun)	Kebutuhan Susu (Liter/Tahun)	Defisit (Liter/Tahun)	Kontribusi Domestik
2021	8,701,340	149,361,000	140,659,660	5.83%
2022	25,725,400	150,780,000	125,054,600	17.06%
2023	43,089,900	152,212,000	109,122,100	28.31%
2024	60,801,700	153,658,000	92,856,300	39.57%
2025	78,867,700	155,118,000	57,822,900	62.72%

2026	97,295,100	156,592,000	40,501,000	74.14%
2027	116,091,000	158,079,000	22,816,000	85.57%
2028	135,263,000	159,581,000	4,771,000	97.01%
2029	154,810,000	161,097,000	-13,667,000	108.48%
2030	174,764,000	162,628,000	-32,482,000	119.97%
2031	195,110,000	164,173,000	-30,937,000	118.84%

Hasil dari simulasi skenario kebijakan impor sapi perah sebanyak 15 ribu ekor menunjukkan adanya pertambahan jumlah produksi susu yang terus meningkat secara signifikan. Pada tahun 2030, produksi susu sudah mampu memenuhi kebutuhan susu di Sumatera Utara, bahkan mampu melakukan ekspor dikarenakan produksi susu sudah lebih tinggi daripada kebutuhan susu di Sumatera Utara. Tetapi jika pemenuhan kebutuhan susu sapi di Sumatera Utara lebih cepat, bisa dilakukan penambahan jumlah impor ekor sapi perah

## PENUTUP

Melalui pendekatan *stock and flow* serta *causal loop diagram*, penelitian ini menunjukkan bahwa ketidakseimbangan antara produksi susu lokal dan kebutuhan yang terus meningkat menjadi tantangan utama dalam memenuhi kebutuhan gizi masyarakat. Model simulasi yang dirancang menggunakan perangkat lunak Vensim menunjukkan akurasi tinggi dengan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 1%, yang menandakan bahwa model ini sangat dapat diterima. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada penelitian ini, peningkatan populasi sapi perah, efisiensi produksi susu per ekor, dan optimalisasi konsumsi susu per kapita adalah faktor utama yang memengaruhi ketersediaan susu di Sumatera Utara. Selain itu, hasil dari simulasi skenario kebijakan impor susu sebanyak 31 juta liter masih belum bisa mencukupi kebutuhan susu di Sumatera Utara. Kemudian dilakukan proyeksi skenario kebijakan impor sapi perah sebanyak 15 ribu ekor dengan hasil yang menunjukkan adanya pertambahan jumlah produksi susu yang terus meningkat secara signifikan. Pada tahun 2030, produksi susu sudah mampu memenuhi kebutuhan susu di Sumatera Utara, bahkan mampu melakukan ekspor dikarenakan produksi susu sudah lebih tinggi daripada kebutuhan susu di Sumatera Utara.

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan sektor peternakan susu, terutama dalam mendukung upaya pemerintah untuk memenuhi kebutuhan gizi masyarakat dan mengurangi angka stunting di Indonesia. Hasil dari studi ini diharapkan menjadi landasan untuk merancang kebijakan yang lebih terintegrasi, berbasis data, dan berkelanjutan dalam meningkatkan ketahanan pasokan susu di Sumatera Utara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini, D., Baihaqi, I., & Anggani, P. C. (2018). Supplier selection framework for dairy industry in Indonesia. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2018-March(2015)*, 2917–2926.
- Artika, I., & Chaerul, M. (2020). Model Sistem Dinamik untuk Evaluasi Skenario Pengelolaan Sampah di Kota Depok. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 8(3), 261–279. <https://doi.org/10.14710/jwl.8.3.261-279>
- Assafah, D. (2021). *Analisis peramalan jumlah produksi, konsumsi, dan impor susu sapi di Indonesia*. <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/58131>
- Astuti, A., Adiaro, & Agus, A. (2016). *Dairy production with local feed resources in Asian*

*countries.*

- Badan Pusat Statistik. (2022). *Peternakan Dalam Angka Tahun 2022*. 2.
- Dudin, M. D. I., Wiranatha, A. S., & Sadyasmara, C. A. B. (2020). Simulasi Model Sistem Dinamik Ketersediaan Bawang Putih (*Allium sativum*, L.) di Provinsi Bali. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 8(1), 114. <https://doi.org/10.24843/jrma.2020.v08.i01.p12>
- Firdaus, R. (2023). Prediksi Indeks Harga Produsen Pertanian Karet Di Indonesia Menggunakan Metode LSTM. *Jurnal Fasilkom*, 13(01), 1–6. <https://doi.org/10.37859/jf.v13i01.4851>
- Istiqomah, I. P. N. (2018). *Hubungan Kebiasaan Konsumsi Susu dan Status Gizi Dengan Kebugaran Fisik Siswa SDN Totsari I dan SDN Tunggulsari I di Surakarta*.
- Jahroh, S., Atmakusuma, J., Harmini, & Fadillah, A. (2020). Comparative Analysis of Dairy Farming Management and Business Model Between East Java and West Java, Indonesia. *Jurnal Manajemen Dan Agribisnis*, 17(1), 96–107. <https://doi.org/10.17358/jma.17.1.96>
- Pasaribu, A., Firmansyah, F., & Idris, N. (2023). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Susu Sapi Perah Di Kabupaten Karo Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 18(1), 28–35. <https://doi.org/10.22437/jiip.v18i1.2656>
- Pasha, Donaya, & Suryani, E. (2017). Pengembangan Model Rantai Pasok Minyak Goreng Untuk Meningkatkan Produktivitas Menggunakan Sistem Dinamik pada PT XYZ. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 3(2), 116–128.
- Priyanti, A., & Soedjana, T. D. (2016). Indonesian Dairy Industry Perspective Within the ASEAN Economic Community. *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*, 25(4). <https://doi.org/10.14334/wartazoa.v25i4.1226>
- Priyono, Nurmalina, R., Burhanuddin, & Ilham, N. (2023). Impact of Import Restrictions Policy on Dairy Supply and Demand in Indonesia. *Tropical Animal Science Journal*, 46(3), 375–381. <https://doi.org/10.5398/tasj.2023.46.3.375>
- Riswanto, D. (2020). *Analisis sistem dinamis ketersediaan susu nasional*.
- Sa'adah, A. F., Fauzi, A., & Juanda, B. (2017). Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 17(2), 118–137. <https://doi.org/10.21002/jepi.v17i2.02>
- Saputra, H. E., Karimuna, L., & Herdhiansyah, D. (2019). Analysis Of The Availability Of Rice With A Dynamic System Approach. *J. Sains Dan Teknologi Pangan (JSTP)*, 4(4), 2360–2378. [https://www.researchgate.net/profile/Dhian-Herdhiansyah/publication/341000102\\_8\\_Dhian\\_Hengki\\_2/links/5ea93ac1a6fdcc7050978c0e/8-Dhian-Hengki-2.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dhian-Herdhiansyah/publication/341000102_8_Dhian_Hengki_2/links/5ea93ac1a6fdcc7050978c0e/8-Dhian-Hengki-2.pdf)
- Sembada, P., Duteurtre, G., Purwanto, B. P., & Suryahadi. (2016). Improved milk production performance of smallholder farms in West Java (Indonesia). *Tropical Animal Health and Production*, 48(4), 793–799. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1029-2>
- Sterman, J. D. (2002). System dynamics modeling: Tools for learning in a complex world. *IEEE Engineering Management Review*, 30(1), 42–52. <https://doi.org/10.1109/EMR.2002.1022404>
- Sulaksono, H. (2017). Opportunities and Challenges in East of Java Dairy Industry: a Value Chain Approach. *E-Proceeding Stie Mandala*, 2287–2310.
- Swastika, D. K. S., Ilham, N., & Sadikin, I. (1997). *Dampak Krisis Ekonomi Terhadap Kinerja Industri Susu Segar Dalam Negeri*.