e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

MODEL SISTEM DINAMIK KETERSEDIAAN DAGING SAPI DI KABUPATEN ACEH TIMUR TAHUN 2015-2040

Fachrul Akbar[1*], Darmansyah[1], Riska Amelia[1], Ummi Amanah[1], Triami Lestari[1], Agam Rizki[2], Meygi Caesarika Putri Ilahude[3]

[1]Program Studi Peternakan Universitas Samudra, Langsa, Indonesia
[2]Program Studi Peternakan Universitas Teuku Umar, Aceh Barat, Indonesia
[3]Fakultas Peternakan Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

Coresponding Email : fachrulakbar@unsam.ac.id

ABSTRAK

Ketersediaan daging sapi di Kabupaten Aceh Timur diperhadapkan pada kompleksitas pertambahan jumlah penduduk, keterbatasan laju pertumbuhan populasi ternak, serta tantangan diskontinuitas data statistik BPS. Penelitian ini bertujuan menyusun pemodelan Sistem Dinamik untuk menyimulasikan dinamika populasi sapi potong, demografi kependudukan, dan memproyeksikan neraca ketersediaan daging sapi kurun waktu 2015-2040. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif berbasis simulasi komputer Vensim dengan mengintegrasikan variabel koreksi rekonsiliasi data dan fungsi integral kontinu pada data deret waktu 2015-2024, serta diuji validitasnya menggunakan indikator galat. Hasil penelitian menunjukkan model sangat presisi dengan nilai rata-rata persentase kesalahan mutlak sebesar 8,37% untuk populasi sapi dan 1,41% untuk penduduk. Laju pertumbuhan neto populasi sapi hanya mencapai 0,456% per tahun akibat sub-optimalnya efisiensi reproduksi, jauh di bawah laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,25% per tahun. Pada tahun 2040, populasi sapi diproyeksikan mencapai 50.840 ekor dengan produksi karkas 847.346 kg/tahun, sedangkan kebutuhan konsumsi melonjak menjadi 879.588 kg/tahun. Kesimpulannya, Kabupaten Aceh Timur berpotensi mengalami pergeseran dari kondisi surplus menjadi defisit daging sapi sebesar 32.242 kg pada tahun 2040 sehingga memerlukan intervensi kebijakan reproduksi.

Kata Kunci: Aceh Timur, Pangan, Ketersediaan Daging Sapi, Sistem Dinamik.

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan hewani di Indonesia, khususnya komoditas daging sapi, merupakan salah satu isu strategis nasional yang berada dalam pusaran kompleksitas tinggi. Kesenjangan antara laju produksi daging sapi lokal yang tumbuh melambat dengan laju akumulasi permintaan pasar yang terakselerasi pesat memicu ketergantungan historis terhadap pasokan impor, baik dalam bentuk sapi bakalan (*feeder cattle*) maupun daging beku (*frozen meat*). Dalam lanskap pembangunan daerah di Provinsi Aceh, Kabupaten Aceh Timur memegang peranan krusial sebagai basis utama pengembangan sub-sektor peternakan sapi potong lokal. Pemanfaatan potensi ini menjadi krusial dalam mengatasi defisit ketersediaan daging nasional yang mencapai angka signifikan setiap tahunnya (Yusriani et al., 2020).

Kabupaten ini dianugerahi potensi sumber daya alam berupa luasan padang penggembalaan rakyat, potensi pemanfaatan lahan bawah tegakan kelapa sawit, serta ketersediaan limbah hasil pertanian dan perkebunan yang melimpah. Kendati demikian, pencapaian kemandirian daging sapi di Kabupaten Aceh Timur kerap dihadapkan pada hambatan struktural seperti efisiensi

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

reproduksi ternak yang belum optimal, alih fungsi lahan pakan, serta kerentanan tata niaga ternak.

Pemodelan kebijakan peternakan dan demografi di Indonesia kerap dihadapkan pada tantangan diskontinuitas dan rekonsiliasi data sekunder historis. Pada kurun waktu 2018 hingga 2020, Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Aceh Timur bekerja sama dengan kementerian dan dinas teknis terkait melakukan reformasi metodologi pendataan statistik populasi ternak di Indonesia. Transisi ini mengubah mekanisme pendataan yang semula berbasis pada laporan administratif berjenjang menjadi pendataan berbasis survei sampel dan sensus yang diperketat untuk mengeliminasi bias akumulasi data masa lalu (berdasarkan data serial resmi dari publikasi *"Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka"* yang diterbitkan berkala oleh BPS Kabupaten Aceh Timur, diakses melalui laman resmi *https://acehtimurkab.bps.go.id*). Akibat perubahan metodologi tersebut, data publikasi resmi BPS mencatatkan penurunan (*drop*) angka populasi sapi tercatat secara mendadak pada kurun 2018-2020, khususnya di Kabupaten Aceh Timur. Di samping itu, pada publikasi statistik resmi tahun 2019 dan 2021, data populasi sapi sempat tidak tercantum/terdata secara spesifik (*unrecorded data gap*).

Secara historis, kekosongan data (*unrecorded data gap*) populasi sapi pada tahun 2019 dipicu oleh restrukturisasi metodologi pendataan nasional melalui program SIKOMANDAN (Sapi Kambing Komandan) yang mengalihkan pencatatan dari laporan administratif ke verifikasi riil berbasis identifikasi ternak (*ear-tagging*), sehingga BPS menunda penerbitan angka agregat demi konsolidasi data (Rusdiana, 2019). Sementara itu, diskontinuitas tahun 2021 disebabkan oleh pengetatan mobilitas Kebijakan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) akibat puncak pandemi COVID-19 yang menghambat operasional survei rumah tangga peternak secara langsung (*door-to-door survey*) di lapangan (Wahyono et al., 2022).

Fenomena penyesuaian statistik serupa juga terjadi pada data kependudukan, di mana tercatat penurunan angka populasi penduduk pada publikasi BPS tahun 2020 dibandingkan tahun 2019. Hal ini disebabkan oleh dilaksanakannya Sensus Penduduk 2020 (SP2020) yang mengombinasikan data pencacahan lapangan dengan integrasi basis data administrasi kependudukan (Dukcapil), sehingga mengoreksi akumulasi *overestimation* dari angka proyeksi antarsensus (2010-2019).

Jika fenomena penyesuaian administratif dan rekonsiliasi sensus ini dimasukkan secara mentah (*raw data*) ke dalam pemodelan matematika tanpa perlakuan khusus, sistem akan mendeteksi kejatuhan statistik tersebut sebagai anomali fatal. Kondisi ketidakpastian data ini menjadi tantangan metodologis yang signifikan, mengingat integritas parameter dalam model sistem dinamis sangat bergantung pada akurasi data historis sebagai dasar simulasi kebijakan (Anaking & Suryani, 2021; Kusumaningrum et al., 2024).

Oleh karena itu, diperlukan pendekatan metodologis yang mampu mengakomodasi sifat non-linier, keterlambatan waktu (*time delay*), serta penyesuaian diskontinuitas data statistik secara terstruktur. Pendekatan Sistem Dinamik (*System Dynamics*) yang

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

dikembangkan oleh Jay W. Forrester (1980) di Massachusetts Institute of Technology (MIT) merupakan kerangka kerja pemodelan simulasi yang sangat ideal untuk mengatasi persoalan ini. Sistem Dinamik menekankan pada pemahaman struktur stok (*stocks*) dan aliran (*flows*) serta interaksi *feedback loops* yang memicu perilaku dinamis suatu sistem kompleks dari waktu ke waktu. Metodologi ini memungkinkan peneliti untuk mengurai ketergantungan antarvariabel, perilaku umpan balik, dan kausalitas melingkar yang memengaruhi keberlanjutan produksi ternak secara sistemik (Ibragimov et al., 2016). Melalui teknik pengintegrasian variabel koreksi rekonsiliasi data (*pulse correction*), pemodelan Sistem Dinamik mampu memisahkan dinamika pencatatan administratif dari perilaku biologis riil populasi ternak serta tren demografi kontinu, sehingga menghasilkan instrumen laboratorium simulasi kebijakan (*policy decision-support tool*) yang valid dan andal.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Penelitian kuantitatif berbasis simulasi komputer ini memanfaatkan data sekunder deret waktu (*time-series*) historis kurun 2015-2024 sebagai basis data kalibrasi, dengan horizon proyeksi simulasi hingga tahun 2040. Sumber data utama diperoleh dari publikasi resmi "Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka (Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur, 2015, 2016, 2025, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024)", data kependudukan Dinas Dukcapil, data teknis Dinas Perkebunan dan Peternakan Kabupaten Aceh Timur, kompilasi Kementerian Pertanian (Datanesia, 2023), serta literatur ilmiah terkait parameter biologis ternak.

Dalam arsitektur perangkat lunak Vensim, pemodelan Sistem Dinamik dibangun berdasarkan prinsip interaksi elemen utama yaitu:

1. *Stock* : Variabel akumulasi yang merepresentasikan kondisi fisik atau entitas yang berubah dari waktu ke waktu berdasarkan akumulasi aliran masuk dan keluar (contoh: *Populasi Sapi* dan *Jumlah Penduduk*).
2. *Flow* : Laju perubahan (*rate*) yang menambah atau mengurangi nilai dalam suatu stok pada setiap satuan waktu (contoh: *Kelahiran Sapi*, *Pemotongan Sapi*, *Pertumbuhan Penduduk*).
3. *Auxiliary* : Parameter atau fungsi antara yang memengaruhi perhitungan laju aliran (contoh: *Rasio Kelahiran*, *Rasio Pemotongan*, *Konsumsi Per Kapita*).

Untuk merepresentasikan interaksi antar-elemen tersebut secara terukur, arsitektur model diformulasikan ke dalam bentuk persamaan integral dan aljabar. Persamaan matematis utama yang mendasari simulasi ini dibagi ke dalam tiga sub-sistem inti:

1. Sub-sistem Dinamika Populasi Sapi

Populasi sapi merupakan variabel stok yang diakumulasikan berdasarkan integrasi dari total aliran masuk (kelahiran dan pemasukan) dikurangi total aliran keluar (pemotongan, pengeluaran alami, dan koreksi data BPS). Persamaan dasarnya diformulasikan sebagai berikut:

$$Populasi\ Sapi_t = \int_{t0}^{t} (Kelahiran + Pemasukan - Pengeluaran - Pemotongan - Koreksi\ data)dt + Populasi\ Sapi_{t0}$$

2. Sub-sistem Dinamika Kependudukan

Proyeksi penduduk dihitung menggunakan model pertumbuhan eksponensial, di mana stok awal

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

berakumulasi berdasarkan laju pertumbuhan tahunan.

$$Jumlah\ penduduk_t = \int_{t0}^{t} (Pertumbuhan\ penduduk)dt + Jumlah\ penduduk_{t0}$$

3. Sub-sistem Neraca Ketersediaan Daging Sapi

Konversi parameter biologis dan demografi menjadi indikator ketahanan pangan dieksekusi menggunakan persamaan aljabar (*auxiliary equations*) untuk membentuk neraca akhir:

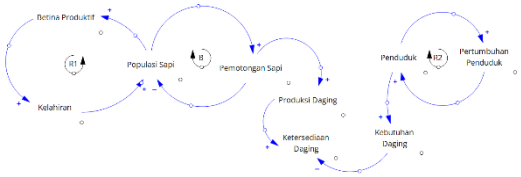
$$Ketersediaan\ daging = Produksi\ daging - Kebutuhan\ daging$$

Adapun dasar Penetapan Parameter Biologis, Teknis, dan Demografi adalah sebagai berikut:

a. Rasio Kelahiran (20%) Ditetapkan berdasarkan rata-rata tingkat kebuntingan dan produktivitas reproduksi sapi potong lokal di bawah sistem pemeliharaan ekstensif/semi-intensif rakyat (Widyaningrum et al., 2021).
b. Rasio Betina Produktif (53,28%) Proporsi standar struktur populasi induk betina layak reproduksi terhadap total populasi ternak berdasarkan data populasi dinas teknis daerah (Krova et al., 2018).
c. Rasio Pengeluaran/Mortalitas Alami (3,10%) Angka kematian normal tahunan pedet dan induk serta pengeluaran ternak di luar pemotongan komersial (Priyono et al., 2024).
d. Rasio Pemotongan Komersial (11,20%) Tingkat *slaughter rate* tahunan yang disesuaikan dengan kapasitas pemotongan Rumah Potong Hewan (RPH) dan tradisi pemotongan lokal daerah (Firdaus et al., 2026).
e. Laju Pemasukan Sapi (4,10%) Tingkat rata-rata penambahan ternak dari luar kabupaten untuk menutupi kebutuhan pasokan hidup (Firman et al., 2018).
f. Koefisien Karkas Sapi Perekor (150 kg/ekor) Didasarkan pada asumsi bobot hidup rata-rata sapi potong lokal 300 kg dengan persentase karkas (*dressing percentage*) sebesar 50% (Elmarma et al., 2025).
g. Rasio Pertumbuhan Penduduk (1,25% per tahun) & Konsumsi (1,6 kg/kapita/tahun) Mengacu pada rata-rata historis Sensus Penduduk BPS serta kajian kompilasi konsumsi protein hewani regional (Kusumaningrum et al., 2024).

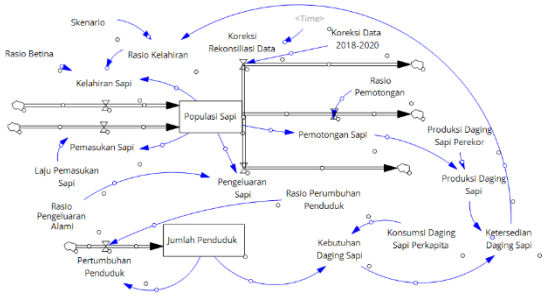
Pemodelan Sistem Dinamik ini diawali dengan penyusunan *Causal Loop Diagram* (CLD) dan diterjemahkan ke dalam *Stock and Flow Diagram* (SFD) menggunakan perangkat lunak Vensim.

1. *Causal Loop Diagram* (CLD / CSD)



Gambar 1. *Causal Loop Diagram* (CSD) System Dynamics Ketersediaan Daging Sapi Kabupaten Aceh Timur

2. *Stock and Flow Diagram* (SFD)



Gambar 2. *Stock and Flow Diagram* (SFD) Vensim Ketersediaan Daging Sapi Kabupaten Aceh Timur

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

Metode Pengujian Validitas Model

Prosedur pengujian validitas model Sistem Dinamik dilaksanakan secara bertahap mengacu pada protokol standar pengujian kepercayaan model yang dikembangkan oleh Forrester & Senge (1980) serta Sterman (2000), yang mencakup:

1. Uji Struktur Kualitatif (*Structure Verification & Boundary Adequacy Tests*)
   Memastikan bahwa batas sistem mencakup variabel-variabel kunci serta persamaan kausalitas melingkar sesuai realitas empiris.
2. Uji Perilaku Kuantitatif (*Behavioral Replication Tests*)
   Mengukur kemampuan model dalam mereplikasi data historis deret waktu secara numerik. Perlu ditekankan bahwa nilai MAPE yang rendah menunjukkan kecocokan model terhadap data historis masa lalu, namun tidak serta-merta membuktikan bahwa seluruh struktur internal model mutlak bebas dari kesalahan atau menjamin keakuratan mutlak pada proyeksi jangka panjang (hingga 2040) yang sangat dipengaruhi oleh dinamika kebijakan eksternal. Deviasi antara data aktual historis (At) dan hasil simulasi (Ft) dievaluasi menggunakan indikator galat Lewis (1982), yaitu *Absolute Mean Error* (MAE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE):

$$MAPE = \frac{1}{\mathrm{n}}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{At - Ft}{At}\right| \times 100\%$$

$$\mathrm{MAE} = \frac{1}{\mathrm{n}}\sum_{t=1}^{n}|At - Ft|$$

Jumlah observasi valid (n) yang digunakan untuk perhitungan galat populasi sapi adalah 8 tahun pengamatan, di mana tahun 2019 dan 2021 secara khusus dieksklusi dari tabel galat karena ketiadaan data publikasi aktual BPS (*unrecorded data gap*).

Berdasarkan kriteria uji evaluasi peramalan (Lewis, 1982) nilai MAPE≤10% mengindikasikan bahwa model memiliki tingkat akurasi peramalan yang *sangat tinggi/sangat presisi* (valid), nilai 10%<MAPE≤20 dikategorikan *baik*, dan nilai MAPE>20% menandakan model tidak valid. Prosedur ini memastikan bahwa model telah terkalibrasi secara empiris guna meminimalkan deviasi antara data aktual dan hasil simulasi (Susanti et al., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Validitas Model Simulasi dan Evaluasi Penyesuaian Data BPS

Penerapan variabel "Koreksi Rekonsiliasi Data" BPS dalam model dieksekusi menggunakan fungsi *pulse* bersyarat pada tahun 2019 (IF THEN ELSE (Time=2019, 19595, 0)). Penjelasan mendalam mengenai mekanisme *pulse correction* ini mencakup aspek-aspek berikut:

1. Sumber dan Dasar Angka koreksi absolut sebesar 19.595 ekor diperoleh dari selisih guncangan administratif antara publikasi data BPS sebelum reformasi metode tahun 2018: 60.040 ekor dengan publikasi resmi pasca-rekonsiliasi metodologi tahun 2020: 40.445 ekor.

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

2. Arah/Tanda Koreksi berarah negatif sebagai aliran keluar (*outflow*) tambahan pada tahun 2019 untuk menyerap kejatuhan statistik angka pencatatan masa lalu yang terakumulasi.
3. Waktu Penerapan diterapkan secara diskrit tepat pada tahun 2019 (Time=2019) ketika BPS melakukan transisi pendataan nasional.
4. Alasan Pemilihan Fungsi pemilihan fungsi *pulse* didasarkan pada karakteristik guncangan data yang bersifat *one-time administrative shock*, bukan penurunan biologis akibat wabah penyakit atau kematian massal.
5. Pembedaan Koreksi Statistik dari Perubahan Biologis, koreksi rekonsiliasi data ini bertindak murni untuk merapikan instrumen pencatatan birokrasi statistik agar tidak merusak parameter biologis konstan (seperti rasio kelahiran, mortalitas, dan pemotongan komersial). Dengan demikian, model berhasil memisahkan bias pencatatan administratif dari tren pertumbuhan biologis riil populasi ternak.

Hasil pengujian replikasi perilaku historis (2015-2024) disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Evaluasi Validitas Simulasi Populasi Sapi (2015-2024)

Tahun	Simulasi Populasi Sapi (ekor)	Data Aktual Jumlah Sapi (ekor)	Error Persentase	Error Absolut
2015	64.169	64.169	0,00%	0,00%
2016	64.461	64.816	0,55%	0,55%
2017	64.755	65.468	1,09%	1,09%
2018	65.050	60.040	-8,35%	8,35%
2020	46.050	40.445	-13,86%	13,86%
2022	46.471	39.298	-18,25%	18,25%
2023	46.683	40.537	-15,16%	15,16%
2024	46.896	42.761	-9,67%	9,67%
Rata-rata	55.567	52.191		
MAPE				**8.37%**
MAE				**6.47%**

Keterangan: Tahun 2019 dan 2021 dikecualikan dari pengujian tabel karena ketiadaan data publikasi BPS.

Tabel 2. Evaluasi Validitas Simulasi Jumlah Penduduk (2015-2024)

Tahun	Simulasi Jumlah Penduduk (Jiwa)	Data Aktual Populasi Penduduk (Jiwa)	Error Persentase	Error Absolut
2015	402.980	402.976	0,00%	0,00%
2016	408.017	411.279	0,79%	0,79%
2017	413.117	419.594	1,54%	1,54%
2018	418.281	427.567	2,17%	2,17%
2019	423.510	436.081	2,88%	2,88%
2020	428.804	422.401	-1,52%	1,52%
2021	434.164	427.032	-1,67%	1,67%
2022	439.591	432.849	-1,56%	1,56%

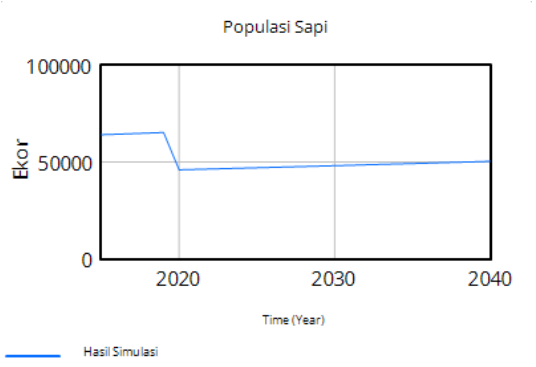
e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

2023	445.086	449.796	1,05%	1,05%
2024	450.649	454.723	0,90%	0,90%
Rata-rata	426.419	428.429		
MAPE				1,41%
MAE				0,47%

Berdasarkan kriteria pemodelan Sterman (2000), akurasi model dikategorikan sangat baik apabila nilai MAPE < 10%. Hasil pengujian kuantitatif menunjukkan nilai MAPE populasi sapi sebesar 8,37% dan populasi penduduk sebesar 1,41%, mengonfirmasi bahwa secara struktural model memiliki validitas replikasi yang andal untuk menyimulasikan dinamika sistem hingga horizon waktu 2040.

3.2. Analisis Dinamika dan Proyeksi Populasi Sapi

Populasi sapi merupakan variabel stok utama (*central stock variable*) yang menggambarkan kapasitas biologis riil peternakan di Kabupaten Aceh Timur.



Gambar 3. Grafik Hasil Simulasi Proyeksi Populasi Sapi Kabupaten Aceh Timur (2015-2040)

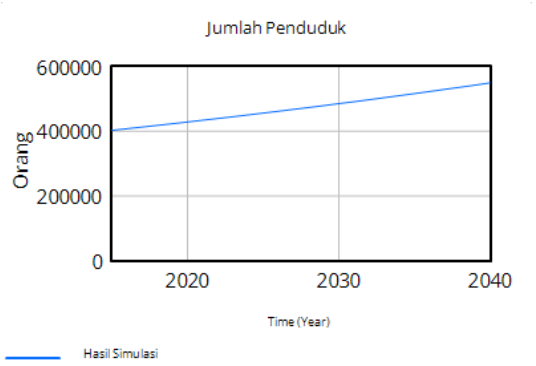
Grafik hasil simulasi pada Gambar 3 memperlihatkan pola perilaku (*behavior pattern*) populasi sapi. Pada kurun 2015-2018, populasi berada pada kisaran 64.000-65.000 ekor, lalu mengalami penurunan tajam (*step drop*) pada tahun 2019 akibat intervensi variabel Koreksi Rekonsiliasi Data (19.595 ekor) menuju basis data baru BPS sebesar 46.050 ekor pada tahun 2020. Pasca-2020, grafik menunjukkan tren pertumbuhan yang sangat landai (*near-flat line*) hingga mencapai 50.840 ekor pada tahun 2040, yang mengonfirmasi adanya kejenuhan pertumbuhan (*growth stagnation*) (Espino & Bellotindos, 2020).

Rendahnya laju pertumbuhan ini disebabkan oleh ekuilibrium biologis (*inflow-outflow*) yang lambat. Dengan tingkat kelahiran efektif sebesar 10,65% dan pemasukan antardaerah sebesar 4,10%, total aliran masuk mencapai 14,75% per tahun. Di sisi lain, laju pemotongan komersial sebesar 11,20% dan mortalitas alami sebesar 3,10% menciptakan total aliran keluar sebesar 14,30%. Formula ini menghasilkan laju pertumbuhan netto yang sangat kecil, yakni hanya 0,456% per tahun, memicu jebakan stagnasi populasi (*population stagnation trap*) (Nursan & Sukarne, 2021).

3.3. Analisis Dinamika dan Proyeksi Populasi Penduduk

Populasi penduduk bertindak sebagai variabel eksogen-endogenik yang menjadi penentu utama (*main driver*) dari sisi aggregates permintaan pangan (*food demand side*).

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257



Gambar 4. Grafik Hasil Simulasi Proyeksi Populasi Penduduk Kabupaten Aceh Timur (2015-2040)

Hasil simulasi Vensim pada Gambar 4 menunjukkan kurva pertumbuhan eksponensial yang mulus (*smooth exponential curve*). Dari stok awal 402.976 jiwa pada tahun 2015, kurva memanjat hingga mencapai 549.758 jiwa pada akhir masa simulasi tahun 2040. Dalam model ini, laju rasio pertumbuhan penduduk diasumsikan konstan sebesar 1,25% per tahun mengacu pada rata-rata historis Sensus Penduduk BPS. Mengacu pada tingkat konsumsi dasar daging sapi masyarakat sebesar 1,6 kg/kapita/tahun (Datanesia, 2023), total akumulasi kebutuhan daging sapi daerah melonjak secara eksponensial dari 675.842 kg/tahun pada tahun 2020 menjadi 879.613 kg/tahun pada tahun 2040 (Ardian, 2015).

3.4. Analisis Produksi Daging Sapi

Produksi daging sapi merupakan variabel aliran keluaran (*output flow*) dari hasil konversi pemotongan ternak dikalikan bobot karkas bersih (150 kg/ekor). Rendahnya laju pertumbuhan populasi sapi memicu kejenuhan kapasitas produksi (*capacity exhaustion*). Volume produksi daging sapi lokal mengalami stagnasi lambat pada kisaran 773.648 kg/tahun (2020) dan hanya menyentuh angka 847.346 kg/tahun pada akhir 2040 (Rusdiana, 2019). Rincian volume produksi daging sapi disajikan pada Tabel 3.

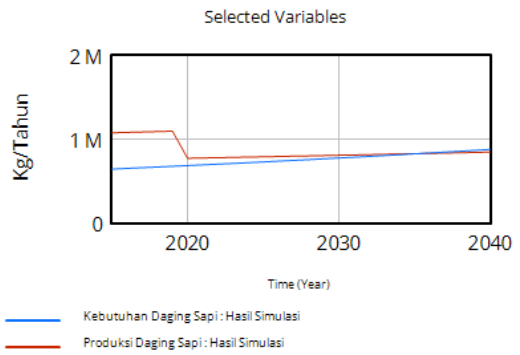
Tabel 3. Proyeksi rincian produksi daging sapi Kab. Aceh Timur

Tahun	Pemotongan Sapi (Ekor)	Produksi Daging Sapi (Kg)	Kebutuhan Daging Sapi (Kg)	Ketersediaan Daging Sapi (Kg)
2015	7.187	1.078.040	644.768	433.271
2020	5.158	773.648	686.086	87.562
2025	5.276	791.448	730.052	61.397
2030	5.398	809.659	776.835	32.824
2035	5.522	828.288	826.617	1.672
2036	5.547	832.065	836.949	-4.884
2037	5.572	835.859	847.411	-11.552
2038	5.598	839.671	858.004	-18.333
2039	5.623	843.500	868.729	-25.229
2040	5.649	847.346	879.588	-32.242

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

Analisis Kebutuhan Daging Sapi dan Neraca Ketersediaan Daging

Sub-sistem ini mengevaluasi interaksi neraca ketersediaan pangan (Ketersediaan Daging Sapi = Produksi Daging Sapi - Kebutuhan Daging Sapi). Grafik pada Gambar 5 memperlihatkan pola *cross-over behavior* antara kurva pasokan (847.346 kg/tahun pada 2040) dan kurva permintaan (879.613 kg/tahun pada 2040). Ketersediaan daging sapi dapat dilihat pada Tabel 3 dan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Simulasi Perbandingan Produksi vs Kebutuhan Daging Sapi Kabupaten Aceh Timur (2015-2040)

Titik potong krusial (*critical cross-over point*) terjadi pada kurun waktu 2038-2040, menandai pergeseran status:

a. Penyusutan Surplus (2015-2025) Surplus menyusut dari 433.271 kg/tahun (2015) menjadi 61.397 kg/tahun (2025).
b. Fase Kritis Margin Sempit (2030-2035) Surplus tergerus hingga tersisa 1.672 kg/tahun pada 2035.
c. Fase Potensi Defisit Struktural (2036-2040) Berdasarkan kalkulasi perbandingan produksi (847.346 kg) dan kebutuhan konsumsi (879.613 kg) pada tahun 2040 dimana Kabupaten Aceh Timur berpotensi mengalami defisit ketersediaan struktural sebesar 32.242 kg/tahun. Kondisi ini berisiko meningkatkan ketergantungan pasokan dari luar wilayah (Firman et al., 2018).

KESIMPULAN

Pemodelan Sistem Dinamik dengan pengintegrasian *pulse function* terbukti andal dalam memisahkan guncangan koreksi administratif BPS dari dinamika biologis riil. Laju pertumbuhan neto populasi sapi sebesar 0,456% per tahun tertinggal dari laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,25% per tahun. Pada akhir horizon simulasi 2040, kapasitas produksi daging karkas diproyeksikan mencapai 847.346 kg/tahun, sementara akumulasi kebutuhan konsumsi penduduk menembus 879.613 kg/tahun. Persilangan dua tren ini mengindikasikan bahwa Kabupaten Aceh Timur berpotensi menghadapi defisit ketersediaan daging sapi struktural sebesar -32.242 kg/tahun pada tahun 2040.

Keterbatasan Penelitian dan Rekomendasi Penelitian ini menggunakan asumsi parameter pertumbuhan penduduk, tingkat konsumsi, serta parameter biologis ternak yang bersifat konstan (*fixed rate*) selama masa proyeksi jangka panjang. Oleh karena itu, hasil proyeksi ini mencerminkan tren deterministik di bawah kondisi *ceteris paribus*. Penelitian lanjutan sangat disarankan untuk mengintegrasikan analisis sensitivitas stokastik terhadap fluktuasi ekonomi eksternal, kebijakan pakan, maupun perubahan parameter reproduksi ternak.

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

DAFTAR PUSTAKA

Anaking, P., & Suryani, E. (2021). Beef Supply Chain Analysis to Improve Availability and Supply Chain Value Using System Dynamics Methodology. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, (6), 229. https://doi.org/10.12962/j23546026.y2020i6.11098

Ardian, F. (2015). Optimalisasi Pemenuhan Kebutuhan Padi Untuk Mendukung Ketahanan Pangan Di Kabupaten Aceh Besar. *Electronic Theses and Dissertations (Syiah Kuala University)*, *1*(1). http://etd.unsyiah.ac.id//index.php?p=show%5C_detail%5C&id=13094

Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur. (2015). *Statistik Daerah Kabupaten Aceh Timur 2015*. BPS Kabupaten Aceh Timur. https://acehtimurkab.bps.go.id/id/publication/2015/11/02/e6c723625f8cca950fe5b125/statistik-daerah-kabupaten-aceh-timur-2015.html

Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur. (2016). *Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka 2016*. BPS Kabupaten Aceh Timur. https://acehtimurkab.bps.go.id/id/publication/2016/08/15/e6e74f160b14af419bb61ae9/kabupaten-aceh-timur-dalam-angka-2016.html

Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur. (2017). *Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka 2017*. BPS Kabupaten Aceh Timur. https://acehtimurkab.bps.go.id/id/publication/2017/08/16/854dd831d8ea26876d939155/kabupaten-aceh-timur-dalam-angka-2017.html

Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur. (2018). *Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka 2018*. BPS Kabupaten Aceh Timur. https://acehtimurkab.bps.go.id/id/publication/2018/08/16/6f04cc906b366e64940d8cd8/kabupaten-aceh-timur-dalam-angka-2018.html

Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur. (2019). *Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka 2019*. BPS Kabupaten Aceh Timur. https://acehtimurkab.bps.go.id/id/publication/2019/08/16/85d7d5728d812cfd9ea0ed5a/kabupaten-aceh-timur-dalam-angka-2019.html

Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur. (2020). *Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka 2020*. BPS Kabupaten Aceh Timur. https://acehtimurkab.bps.go.id/id/publication/2020/04/27/6b5f1e722a15c5c11584b0a2/kabupaten-aceh-timur-dalam-angka-2020.html

Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur. (2021). *Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka 2021*. BPS Kabupaten Aceh Timur. https://acehtimurkab.bps.go.id/id/publication/2021/02/26/02b9e21fc9e992c81a679f99/kabupaten-aceh-timur-dalam-angka-2021.html

Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur. (2022). *Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka 2022*. BPS Kabupaten Aceh Timur. https://acehtimurkab.bps.go.id/id/publication/2022/02/25/fed8712b4fb24928972897d9/kabupaten-aceh-timur-dalam-angka-2022.html

Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur. (2023). *Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka 2023*. BPS Kabupaten Aceh Timur. https://acehtimurkab.bps.go.id/id/publication/2023/02/28/4f05e079e875e6513c1cc1a6/kabupaten-aceh-timur-dalam-angka-2023.html

Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur. (2024). *Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka 2024*. BPS Kabupaten Aceh Timur. https://acehtimurkab.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/2a2209eb1a8e45673aeeb18a/kabupaten-aceh-timur-dalam-angka-2024.html

e-ISSN 2798-0898
p-ISSN 2808-2257

Badan Pusat Statistik Kabupaten Aceh Timur. (2025). *Kabupaten Aceh Timur Dalam Angka 2025*. BPS Kabupaten Aceh Timur. https://acehtimurkab.bps.go.id/id/publication/2025/02/28/3bb359f5c8acae935887a7e2/kabupaten-aceh-timur-dalam-angka-2025.html

Datanesia. (2023). *White Paper Edisi 209: Ilusi Swasembada Daging*. Dat Anesia.

Elmarma, F. R., Holidi, H., & Wartono, W. (2025). Analisi Proyeksi Jumlah Produksi Daging Sapi Di Kota Lubuklinggau Tahun 2034. *Cerdika Jurnal Ilmiah Indonesia*, *5*(3), 1311–1317. https://doi.org/10.59141/cerdika.v5i3.2568

Espino, M. T. M., & Bellotindos, L. M. (2020). A System Dynamics Modeling and Computer-based Simulation in Forecasting Long-term Sufficiency: A Philippine Chicken Meat Sector Case Study. *Engineering Technology \& Applied Science Research*, *10*(2), 5406–5411. https://doi.org/10.48084/etasr.3301

Firdaus, F., Adinata, Y., Atmoko, B. A., Makmur, M., & Panjaitan, T. S. S. (2026). Unlocking premium beef production potential in East Java, Indonesia: An analysis of cattle population dynamics. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, *1584*(1), 12037. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1584/1/012037

Firman, A., Sulaeman, M. M., Herlina, L., & Sulistyati, M. (2018). Analisis Neraca Pasokan Dan Kebutuhansapi Dan Daging Sapi Di Jawa Barat. *Mimbar Agribisnis Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, *4*(2), 98. https://doi.org/10.25157/ma.v4i2.1122

Forrester, J. W., & Senge, P. M. (1980). Tests for building confidence in system dynamics models. *TIMS Studies in the Management Sciences*, *14*, 209–228.

Ibragimov, A., Arshad, F. M., Bala, B. K., Bach, N. L., & Mohammadi, S. (2016). Management of Beef Cattle Production in Malaysia: A Step Forward to Sustainability. *American Journal of Applied Sciences*, *13*(9), 976–983. https://doi.org/10.3844/ajassp.2016.976.983

Krova, M., Sogen, J. G., & Luruk, M. Y. (2018). Alternatif Kebijakan Pengendalian Pemotongan Sapi Bali Betina Produktif di Timor Barat. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan Tropis*, *5*(2), 50. https://doi.org/10.33772/jitro.v5i3.4816

Kusumaningrum, R., Darjanto, A., Nurmalina, R., Mulatsih, S., & Suprehatin, S. (2024). Supply and demand of beef in Indonesia: a system dynamics approach. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, *1341*(1), 12085. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1341/1/012085

Lewis, C. D. (1982). Industrial and business forecasting methods : a practical guide to exponential smoothing and curve fitting. In *Medical Entomology and Zoology*. Japan Society of Medical Entomology and Zoology. http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA12260589

Nursan, M., & Sukarne, S. (2021). Strategi Pengembangan Agribisnis Ternak Sapi Di Kabupaten Sumbawa Barat. *Jurnal Pertanian Cemara*, *18*(2), 21–32. https://doi.org/10.24929/fp.v18i2.1630

Priyono, P., Priyanti, A., Ilham, N., Nurmalina, R., & Burhanuddin, B. (2024). Enhancing dairy cow population through decreasing calf

mortality and increasing calving rate in Indonesia: a system dynamics approach. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, *1377*(1), 12079. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1377/1/012079

Rusdiana, S. (2019). Fenomena Kebutuhan Pangan Asal Daging Dapat Dipenuhi Melalui Peningkatan Usaha Sapi Potong Di Petani. *Soca Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 61. https://doi.org/10.24843/soca.2019.v13.i01.p06

Sterman, J. D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. In *University of Maribor digital library (University of Maribor)*. University of Maribor. https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=28601

Susanti, A. E., Priyanto, R., Muladno, M., Astuti, D. A., & Cyrilla, L. (2023). Application of System Dynamics Modelling in Evaluating Sustainability of Beef Cattle Production and Business System in Smallholder Farmers in South Sumatera, Indonesia. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, *11*(2). https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2023/11.2.236.245

Wahyono, N. D., Hasanah, N., & Parmawati, R. (2022). The Role of Socio-economic Conditions, Energy Consumption, and Environmental Conditions on the Livestock Production in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *12*(6), 486–494. https://doi.org/10.32479/ijeep.13729

Widyaningrum, R., Budisatria, I. G. S., Mukhtar, & Maharani, D. (2021). Estimation output of Aceh cattle in livestock breeding and forage center of Indrapuri. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, *788*(1), 12003. https://doi.org/10.1088/1755-1315/788/1/012003

Yusriani, Y., Sabri, M., Rahayu, N. I., Rahayu, E. T., Elviwirda, E., & Andriani, R. (2020). Kajian inovasi pemanfaatan hasil ikutan tanaman sawit untuk meningkatkan produksi sapi lokal di Kabupaten Aceh Tamiang. *Livestock and Animal Research*, *18*(2), 180. https://doi.org/10.20961/lar.v18i2.42997