



TESIS - TI185401

**MODEL KETAHANAN PANGAN KOMODITAS
JAGUNG DENGAN MEMPERHATIKAN
KESEJAHTERAAN PETANI JAGUNG DAN
PETERNAK AYAM DI JAWA TIMUR**

**NI MADE CYNTIA UTAMI
02411850030005**

Dosen Pembimbing
Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020**



THESIS - TI185401

**FOOD SECURITY MODEL IN CORN COMMODITY
CONCERNING ON WELFARE OF CORN FARMERS
AND CHICKEN FARMERS IN EAST JAVA**

**NI MADE CYNTIA UTAMI
02411850030005**

Supervisor

Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.

**DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL AND SYSTEM ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND SYSTEM ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:
NI MADE CYNTIA UTAMI
NRP: 02411850030005

Tanggal Ujian : 15 Agustus 2020
Periode Wisuda : September 2020

Disetujui oleh:
Pembimbing:

Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.
NIP: 197109271999031002


09/2020
.....

Penguji:


1. Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.
NIP: 198407052009122007
2. Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T.
NIP: 196310081990021001


.....

.....



Departemen Teknik Sistem dan Industri
Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem


Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.
NIP: 197005231996011001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Ni Made Cyntia Utami
NRP : 02411850030005
Program Studi : Magister Teknik Industri, FTIRS – ITS

Menyatakan bahwa isi keseluruhan tesis saya yang berjudul :

**“MODEL KETAHANAN PANGAN KOMODITAS JAGUNG DENGAN
MEMPERHATIKAN KESEJAHTERAAN PETANI JAGUNG DAN
PETERNAK AYAM DI JAWA TIMUR”**

merupakan benar-benar hasil karya intelektual saya sendiri yang diselesaikan dengan menggunakan materi yang diizinkan serta bukan merupakan karya dari pihak lain dengan mengakui sebagai karya sendiri.

Keseluruhan referensi yang menjadi rujukan dan kutipan dicantumkan secara lengkap di bagian daftar pustaka. Apabila dikemudian hari ternyata pernyataan ini tidak benar atau dipermasalahkan, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, 20 Agustus 2020



NI MADE CYNTIA UTAMI
NRP : 02411850030005

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

MODEL KETAHANAN PANGAN KOMODITAS JAGUNG DENGAN MEMPERHATIKAN KESEJAHTERAAN PETANI JAGUNG DAN PETERNAK AYAM DI JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Ni Made Cyntia Utami

NRP : 02411850030005

Dosen Pembimbing : Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Konsep terkait pangan semakin berkembang dengan munculnya konsep ketahanan pangan. Merujuk hal tersebut, pemerintah menetapkan target komoditas strategis, diantaranya adalah jagung dan ayam. Sebagai komoditas strategis, jagung tidak hanya sebagai komoditas untuk pangan manusia, tetapi juga untuk ternak, salah satunya adalah ayam. Di satu sisi, terdapat tantangan di mana peningkatan produksi jagung berjalan lambat, sehingga untuk mengatasi hal tersebut pemerintah melakukan impor untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri, yang bahkan dilakukan ketika musim panen jagung. Hal ini berdampak pada fluktuasi yang tinggi pada harga jagung serta berdampak pada peternak ayam, baik ayam pedaging maupun ayam petelur. Penelitian ini bertujuan untuk memproyeksikan kecukupan jagung baik untuk manusia dan pakan ternak dengan memperhatikan kesejahteraan petani jagung dan peternak ayam dengan parameter harga jagung dan harga pakan ternak. Oleh karena itu, pendekatan dengan simulasi sistem dinamis dilakukan karena kemampuan model ini untuk menyelesaikan perilaku sistem yang kompleks antar variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata produksi jagung selama 2 tahun ke depan sejumlah 505.975,4 ton, jumlah tersebut telah dapat memenuhi kebutuhan di Jawa Timur, dengan rata-rata harga jual Rp 3.298,98 dan harga beli jagung Rp 5.096,32. Adapun jumlah petani jagung selama 24 periode ke depan adalah sekitar 138.579 orang dengan pendapatan bersih sekitar Rp Rp 897.498,03/orang/bulan. Sedangkan rata-rata jumlah peternak ayam broiler sejumlah 11.271 orang dengan rata-rata pendapatan Rp Rp 10.610.985,09/orang/bulan dan jumlah peternak ayam petelur sejumlah 1.319 orang dengan pendapatan Rp 29.799.929,66/bulan/orang. Penelitian ini mengusulkan dua skenario, yaitu skenario pertama terkait penekanan impor sejumlah 96,5%, sehingga stok jagung menjadi 18.051.957,82 kg yang cukup untuk 2 tahun ke depan dan skenario kedua terkait kapasitas stok pakan ayam petelur *layer* yang menghasilkan tambahan stok sejumlah 501.897,91 ton.

Kata Kunci : Jagung, Ketahanan Pangan, Sistem Dinamis, Harga, Kesejahteraan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

***FOOD SECURITY MODEL IN CORN COMMODITY CONCERNING
ON WELFARE OF CORN FARMERS AND CHICKEN FARMERS IN
EAST JAVA***

Nama Mahasiswa : Ni Made Cyntia Utami
NRP : 02411850030005
Dosen Pembimbing : Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Food related concepts are increasingly developing with the appearance of food security concept. Referring to this, the government set a strategic commodity target, agreed was corn and chicken. As a strategic commodity, corn is not only a commodity for human food, but also for livestock, one of which is chicken. In one hand, there is a challenge where increasing corn production runs slowly, so to overcome this, the government imports to meet the needs in the country, which is done by compiling the corn season. This has an impact on high fluctuations in the price of corn and impacts the chicken farmers, both broilers and laying hens. This study aims to project the adequacy of corn both for humans and fodder by concerning on the welfare of corn farmers and chicken farmers with parameters of corn prices and fodder prices. Therefore, an approach with dynamic system simulation is used because of the ability of this model to solve complex systems between variables. The results showed an average of 505.975,4 tons of corn production over the next 2 years, this amount could meet the needs in East Java, with an average selling price of IDR 3.298,98 and a purchase price of corn of IDR 5.096,32. Furthermore the number of corn farmers for the next 24 periods is around 138.579 people with a net income of around IDR 897.498,03/person/month. Meanwhile, the average number of chicken farmers is 11.271 people with an average income of IDR 10.610.985,09/person/month and the number of laying hens farmers is 1,319 people with an income of IDR 29.799.929,66/month/person. This study discusses two scenarios, the first scenario related to import reserves of 96,5%, so that the corn stock becomes 18.051.957,82 kg which is sufficient for the next 2 years and the second scenario is related to the capacity of fodder stock of laying hens that produce an additional stock of 501.897,91 ton.

Keywords : *Corn, Food security, System Dinamic, Price, Welfare*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia dan restu-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Selama proses penyelesaian tesis ini, penulis mendapatkan arahan, bimbingan, doa serta motivasi dari berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia dan restu-Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
2. Bapak, ibu, kakak dan adik yang telah memberikan doa restu serta dukungan moril dan materiil.
3. Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pendamping akademik sekaligus selaku pembimbing tesis yang telah memberikan berbagai arahan, masukan serta motivasi kepada penulis dalam proses penyelesaian tesis ini.
4. Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D. dan Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dalam bentuk kritik dan saran untuk menjadikan tesis ini lebih baik.
5. Seluruh sahabat penulis baik di Magister Teknik Industri ITS serta di Laboratorium *Logistics and Supply Chain Management*, sahabat serumah selama di Surabaya serta seluruh sahabat penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas segala doa dan motivasi.
6. Seluruh pihak yang membantu dan mendukung proses penyelesaian tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam tesis ini masih terdapat kekurangan sehingga diperlukan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembacanya.

Surabaya, 20 Agustus 2020

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	9
1.3 Tujuan Penelitian	10
1.4 Batasan Penelitian	10
1.5 Asumsi Penelitian	10
1.6 Manfaat Penelitian	10
1.7 Sistematika Penulisan	11
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Pangan dan Ketahanan Pangan	13
2.1.1 Konsep Pangan	13
2.1.2 Ketahanan Pangan	14
2.1.3 Pilar Ketahanan Pangan	14
2.1.4 Pilar Ketahanan Pangan Jagung di Jawa Timur	15
2.2 Budi Daya Jagung	16
2.2.1 Syarat Tumbuh Jagung	16
2.2.2 Mekanisme Penanaman Jagung	17
2.3 Budi Daya Ayam Broiler	20
2.3.1 Kebutuhan Nutrisi Ayam Broiler	21
2.4 Budi Daya Ayam Petelur	22
2.4.1 Kebutuhan Nutrisi Ayam Petelur	22
2.5 Perusahaan Pakan Ternak (<i>Feedmill</i>)	24
2.6 Konsep Simulasi	25

2.6.1	Simulasi Sistem Dinamis.....	26
2.7	<i>Causal Loop Diagrams</i>	28
2.8	<i>Stock Flow Diagram</i>	29
2.9	<i>Model Testing</i> pada Sistem Dinamis	30
2.9.1	<i>Boundary Adequacy Test</i>	31
2.9.2	<i>Structure Assessment Test</i>	32
2.9.3	<i>Parameter Assessment Test</i>	32
2.9.4	<i>Extreme Condition Test</i>	32
2.10	Kesejahteraan.....	33
2.11	Penelitian Terdahulu.....	34
2.12	Posisi Penelitian Saat Ini	37
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		41
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	41
3.2	Tahap Penelitian	42
3.2.1	Pengumpulan Data.....	42
3.2.2	Pengembangan Model Konseptual	43
3.2.3	Verifikasi dan Validasi Model.....	44
3.2.4	Analisis dan Interpretasi Kondisi <i>Existing</i>	45
3.2.5	Perancangan Skenario.....	45
3.2.6	Analisis Hasil dan Interpretasi Hasil Skenario	45
BAB 4 PENGEMBANGAN MODEL		47
4.1	Pengembangan Model Konseptual	47
4.1.1	Deskripsi Objek Penelitian	47
4.1.2	Diagram Input dan Output.....	50
4.1.3	Identifikasi Variabel	51
4.1.4	<i>Causal Loop Diagram</i>	63
4.1.5	<i>Stock Flow Diagram</i>	67
4.2	Verifikasi Model.....	76
4.2.1	<i>Check Units</i>	76
4.2.2	<i>Check Error</i>	77
4.3	Validasi Model	78
4.3.1	<i>Boundary Adequacy Test</i> (Uji Kecukupan Batasan)	78

4.3.2	<i>Structure Assessment Test</i> (Uji Struktur Model).....	79
4.3.3	<i>Parameter Assessment Test</i> (Uji Parameter Model)	79
4.3.4	<i>Extreme Condition Test</i> (Uji Kondisi Ekstrim).....	83
4.3.5	<i>Mean Comparison Test</i> (Uji Perbandingan Rata-rata).....	86
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI.....		93
5.1	Hasil Simulasi Kondisi <i>Existing</i>	93
5.1.1	Hasil Simulasi Jagung	93
5.1.2	Hasil Simulasi Pakan Ternak	97
5.1.3	Hasil Simulasi Daging Ayam.....	101
5.1.4	Hasil Simulasi Telur Ayam.....	102
5.1.5	Hasil Simulasi Kesejahteraan Petani dan Peternak	104
5.2	Perancangan Skenario	105
5.2.1	Skenario 1.....	106
5.2.2	Skenario 2.....	111
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....		117
6.1	Kesimpulan	117
6.2	Saran.....	118
DAFTAR PUSTAKA		119
LAMPIRAN 1		125

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Rata-rata proporsi jagung pada pada pakan ternak	3
Gambar 1. 2 Perbandingan Harga Komoditas (Rupiah/kg)	4
Gambar 1. 3 Perkembangan Harga Jual Jagung di Jawa Timur (Rp/kg)	7
Gambar 2. 1 <i>Causal Loop Diagram</i>	28
Gambar 2. 2 Ilustrasi <i>Stock Flow Diagram</i>	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)	42
Gambar 4. 1 Grafik Produksi Jagung di Jawa Timur Tahun 2010-2019	48
Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Penduduk di Jawa Timur Tahun 2020-2019	49
Gambar 4. 3 Diagram Input dan Output	50
Gambar 4. 4 <i>Causal Loop Diagram</i>	64
Gambar 4. 5 <i>Stock Flow Diagram Submodel Corn Farmers</i>	68
Gambar 4. 6 <i>Stock Flow Diagram Submodel Fodder</i>	70
Gambar 4. 7 <i>Stock Flow Diagram Submodel Chicken Farmers</i>	72
Gambar 4. 8 <i>Stock Flow Diagram Submodel Laying Hens Farmers</i>	74
Gambar 4. 9 Melakukan <i>check units</i> pada <i>software</i> STELLA 9.1.3	76
Gambar 4. 10 Hasil <i>check units</i> pada <i>software</i> STELLA 9.1.3	77
Gambar 4. 11 Melakukan <i>check error</i> pada <i>software</i> STELLA 9.1.3	77
Gambar 4. 12 Hasil <i>check error</i> pada <i>software</i> STELLA 9.1.3	78
Gambar 4. 13 Uji Parameter Model Petani Jagung dan Produksi Jagung	80
Gambar 4. 14 Uji Parameter Model Harga Beli Daging Ayam dan <i>Demand</i> Daging Ayam	81
Gambar 4. 15 Uji Parameter Model Harga Jual Telur Ayam dan <i>Demand</i> Telur Ayam	82
Gambar 4. 16 Uji Kondisi Ekstrim Jagung	83
Gambar 4. 17 Uji Kondisi Ekstrim Pakan Ternak	84
Gambar 4. 18 Uji Kondisi Ekstrim Daging Ayam	85
Gambar 4. 19 Uji Kondisi Ekstrim Telur Ayam	86

Gambar 5. 1 Hasil Simulasi Jagung (Produksi, Stok & <i>Outflow</i>)	94
Gambar 5. 2 Hasil Simulasi Pakan Ternak (Stok Pakan)	97
Gambar 5. 3 Hasil Simulasi Pakan Ternak (Harga Pakan).....	99
Gambar 5. 4 Hasil Simulasi Skenario 1 – Penekanan Impor 50%	106
Gambar 5. 5 Hasil Simulasi Skenario 1 – Penekanan Impor 80%	108
Gambar 5. 6 Hasil Simulasi Skenario 1 – Penekanan Impor 96,5%	109
Gambar 5. 7 Hasil Simulasi Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur <i>Starter</i>	111
Gambar 5. 8 Hasil Simulasi Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur <i>Grower</i>	113
Gambar 5. 9 Hasil Simulasi Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur <i>Layer</i>	115

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Produktivitas Jagung di Jawa Timur	16
Tabel 2. 2 Syarat Tumbuh Tanaman Jagung.....	16
Tabel 2. 3 Kandungan Nutrisi Pakan Ayam Broiler	21
Tabel 2. 4 Konsumsi Ayam Broiler	21
Tabel 2. 5 Kandungan Nutrisi Pakan Ayam Petelur	22
Tabel 2. 6 Konsumsi Ayam Petelur	23
Tabel 2. 7 Konsumsi Ayam Petelur (lanjutan).....	24
Tabel 2. 8 Pabrik Pakan Ternak di Indonesia	25
Tabel 2. 9 Notasi <i>Stock and Flow Diagram</i>	30
Tabel 2. 10 Penelitian Terdahulu	34
Tabel 2. 11 Posisi Penelitian Saat Ini.....	37
Tabel 4. 1 Jumlah Produksi Jagung di Jawa Timur Tahun 2010-2019.....	48
Tabel 4. 2 Jumlah Penduduk di Jawa Timur Tahun 2010-2019	49
Tabel 4. 3 Variabel Submodel Petani Jagung	51
Tabel 4. 4 Variabel Submodel Pakan.....	53
Tabel 4. 5 Variabel Submodel Peternak Ayam Broiler.....	56
Tabel 4. 6 Variabel Submodel Peternak Ayam Petelur.....	59
Tabel 4. 7 Formulasi pada <i>Submodel Corn Farmers</i>	68
Tabel 4. 8 Formulasi pada <i>Submodel Corn Farmers</i>	70
Tabel 4. 9 Formulasi pada <i>Submodel Chicken Farmers</i>	72
Tabel 4. 10 Formulasi pada <i>Submodel Laying Hens Farmers</i>	74
Tabel 4. 11 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Produksi Jagung	87
Tabel 4. 12 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Harga Jual Jagung	87
Tabel 4. 13 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Harga Pakan	88
Tabel 4. 14 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Petani Jagung	89
Tabel 4. 15 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Peternak Ayam Broiler.....	90
Tabel 4. 16 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Peternak Ayam Petelur.....	90
Tabel 5. 1 Hasil Simulasi Jagung (Produksi, Stok & <i>Outflow</i>).....	94

Tabel 5. 2 Hasil Simulasi Jagung (Jumlah Petani, Harga Jual, Harga Beli & Kesejahteraan)	96
Tabel 5. 3 Hasil Simulasi Pakan Ternak (Stok Pakan).....	98
Tabel 5. 4 Hasil Simulasi Pakan Ternak (Harga Pakan)	100
Tabel 5. 5 Hasil Simulasi Komoditas Daging Ayam (Jumlah Peternak, Produksi, Harga Jual & Harga Beli)	101
Tabel 5. 6 Hasil Simulasi Komoditas Telur Ayam (Jumlah Peternak, Produksi, Harga Jual & Harga Beli)	102
Tabel 5. 7 Pendapatan Petani dan Peternak	104
Tabel 5. 8 Skenario 1 – Penekanan Impor 50%	107
Tabel 5. 9 Skenario 1 – Penekanan Impor 80%	108
Tabel 5. 10 Skenario 1 – Penekanan Impor 96,5%	110
Tabel 5. 11 Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur <i>Starter</i>	112
Tabel 5. 12 Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur <i>Grower</i>	113
Tabel 5. 13 Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur <i>Layer</i>	115

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan terdapat hal-hal mendasar dilakukannya suatu penelitian, meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, asumsi penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

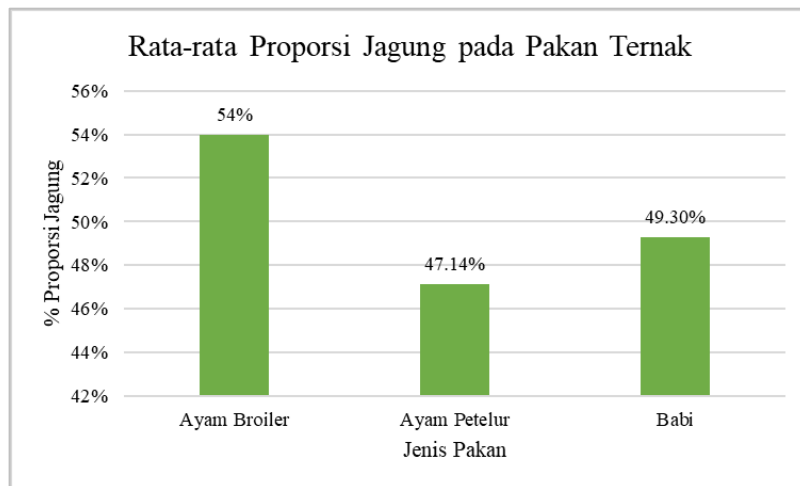
Pangan merupakan salah satu isu internasional yang melahirkan beberapa konsep dalam perkembangannya. Salah satu konsep pangan adalah sebagai kebutuhan dasar manusia yang harus dipenuhi setiap saat, sehingga perolehan pangan dapat dikatakan menjadi salah satu hak asasi manusia sebagaimana tertuang dalam Deklarasi Roma tahun 1996 (FAO, 1996c). Seiring berjalannya waktu, konsep terkait pangan kian berkembang dengan munculnya konsep ketahanan pangan atau *food security*. Suatu daerah dapat dikatakan memiliki ketahanan pangan ketika terdapat kondisi di mana pada tingkat individu, rumah tangga, regional, nasional dan akses global yang didapatkan memadai baik secara fisik dan ekonomi pada setiap upaya mendapatkan makanan: jumlahnya cukup, kondisinya aman dan bergizi sehingga kebutuhan makanan terpenuhi untuk menjalani kehidupan yang sehat dan aktif (FAO, 1996b). Definisi tersebut mencakup konsep-konsep ketersediaan makanan yang meliputi kebutuhan akan pendapatan yang cukup untuk memperoleh berbagai makanan untuk dapat menjamin kelangsungan hidup, penggunaan makanan (konsumsi makanan), dan stabilitas makanan (akses untuk mendapatkan makanan) (Santos dkk., 2014; Frayne & McCordie, 2015).

Konsep di atas menjadikan ketahanan pangan sebagai salah satu fokus kebijakan pemerintah, mengingat pencapaian ketahanan pangan sejalan dengan tingkat konsumsi pangan oleh penduduk. Hal tersebut didukung dengan fakta bahwa jumlah penduduk dunia terus bertambah dan diprediksi akan mencapai 9,5 miliar pada tahun 2050. Indonesia sebagai negara dengan jumlah penduduk keempat tertinggi di dunia selalu berusaha untuk dapat mengurangi daerah yang mengalami kerentanan pangan mulai dari tingkat provinsi, kabupaten, dan

kecamatan, serta dikarenakan suatu fakta menurut (Panikkai, 2017) yang menyatakan bahwa pangan merupakan komponen dasar untuk mewujudkan sumberdaya manusia yang berkualitas.

Dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan berkelanjutan, pemerintah menetapkan target komoditi strategis, yaitu pangan pokok yang mendapat prioritas utama dalam pencapaian swasembada pangan (Litbang Pertanian, 2015). Komoditas strategis tersebut seperti padi, jagung, kedelai, gula, dan daging, khususnya daging sapi dan daging ayam ras atau broiler (Farida, 2014). Berdasarkan pernyataan tersebut, jagung dan daging ayam masuk ke dalam komoditi strategis dan jagung menjadi komoditas pangan utama kedua setelah padi yang ditanam petani di seluruh nusantara (Sulaiman dkk., 2018). Sebagai komoditas strategis, jagung tidak hanya merupakan komoditas pertanian yang penting untuk manusia, namun juga untuk ternak, di mana salah satunya adalah ayam.

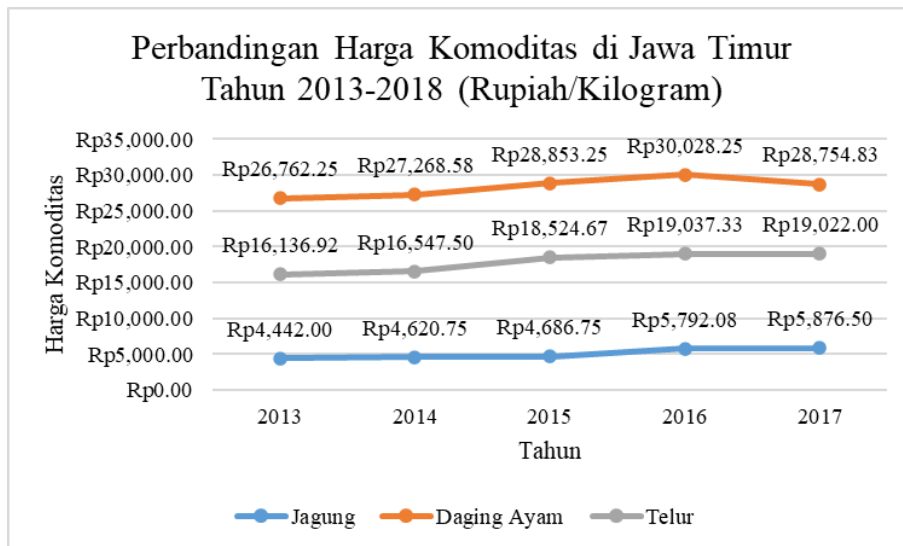
Sebelum tahun 1970, produksi jagung Indonesia diutamakan untuk makanan manusia, khususnya di Jawa Timur dan Nusa Tenggara Timur yang memanfaatkan jagung sebagai salah satu makanan pokok masyarakat. Namun, ketika industri ternak mulai berkembang, khususnya unggas, secara bertahap pemanfaatan jagung bergeser dari makanan pokok manusia ke pakan ternak (Tangendjaja, Yusdja & Ilham, 2005), sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Panikkai (2017) yang menyebutkan bahwa jagung merupakan komoditas yang mempunyai fungsi multiguna, baik untuk pangan (*food*), pakan (*feed*), bahan bakar (*fuel*), dan bahan baku industri. Berdasarkan data Ditjen Tanaman Pangan mengenai sasaran produksi jagung nasional tahun 2018, sebesar 33,9 juta ton kebutuhan jagung untuk industri pakan ternak. Selain itu, menurut Kementerian Pertanian (2013), kebutuhan jagung dalam negeri digunakan untuk pakan ternak diperkirakan mencapai lebih dari 58%, sedangkan untuk pangan sekitar 30%, dan sisanya untuk kebutuhan industri lainnya dan benih. Gambar 1.1 merupakan rata-rata proporsi jagung dalam pakan ternak.



Gambar 1. 1 Rata-rata proporsi jagung pada pada pakan ternak

Sumber: Kementerian Perindustrian (2019)

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat peningkatan permintaan jagung untuk pakan yang terjadi pada tahun 1980-an hingga tahun 2000-an yang tidak dapat diantisipasi dengan baik oleh pemerintah sehingga menimbulkan masalah sosial ekonomi. Hal ini terjadi karena pertumbuhan jagung untuk pakan jauh lebih cepat dibandingkan produksi jagung dalam negeri (Yusmichad, YUSDJA & Agustian, 2003). Oleh karena itu, upaya pemerintah menyediakan jagung yang cukup dari produksi dalam negeri menjadi sangat penting dalam menunjang berkembangnya industri pakan dan industri ternak ayam di Indonesia (Sulaiman dkk., 2018). Ternak ayam yang menghasilkan daging ayam di Indonesia merupakan salah satu komoditas utama penyedia kebutuhan protein yang dapat dijangkau oleh masyarakat. Pada tahun 2015, konsumsi masyarakat 4,8 kg per kapita/tahun, meningkat dari sepuluh tahun sebelumnya yaitu pada tahun 2005, di mana rata-rata konsumsi masyarakat 3,02 kg per kapita/tahun. Peningkatan ini sejalan dengan perubahan preferensi masyarakat dari daging merah ke arah daging putih (Kementerian Perdagangan 2019). Namun, pencapaian peningkatan konsumsi tersebut mendapatkan tantangan dengan kenaikan harga daging ayam. Kenaikan harga daging ayam terjadi seiring dengan kenaikan harga bahan pakan utama ayam, yaitu jagung (Kementerian Perdagangan, 2016).



Gambar 1. 2 Perbandingan Harga Komoditas (Rupiah/kg)

Sumber: Dinas Perindustrian Jawa Timur (2018)

Pada Gambar 1.2 dapat dilihat keterkaitan harga jagung per kilogram dengan harga daging ayam dan telur ayam karena jagung merupakan bahan baku utama pakan ternak, di mana sebagian besar biaya produksi daging ayam berasal dari biaya pakan, yaitu 70% dari total biaya (Yusdja & Pasandaran, 1998). Lebih lanjut, dalam Kementerian Perdagangan (2016) disebutkan bahwa kenaikan harga jagung merupakan akibat dari penghentian impor jagung secara mendadak karena adanya persepsi produksi jagung dalam negeri telah cukup untuk memenuhi kebutuhan. Padahal perhitungan tersebut hanya mengacu pada jumlah saja, sedangkan masih terdapat parameter lain yang harus dipertimbangkan dalam perhitungan tersebut, yakni musim tanam dan waktu panen yang akan berdampak pada harga komoditas jagung.

Merujuk pemaparan di atas, sebagian besar pemenuhan akan kebutuhan jagung nasional yaitu 31,3 % dari total produksi nasional dipenuhi oleh Provinsi Jawa Timur yang merupakan provinsi penghasil jagung utama di Indonesia (BPS Nasional, 2016). Akan tetapi, di satu sisi terdapat kondisi bahwa ada tantangan kelambanan peningkatan produksi jagung selama ini, akibat luas pertanaman jagung yang tidak mengalami peningkatan dalam 20 tahun terakhir yang menjadi tantangan utama pencapaian ketahanan pangan. Akibatnya, kecepatan peningkatan permintaan jagung tidak bisa dikejar untuk meningkatkan produksi (Sulaiman dkk.,

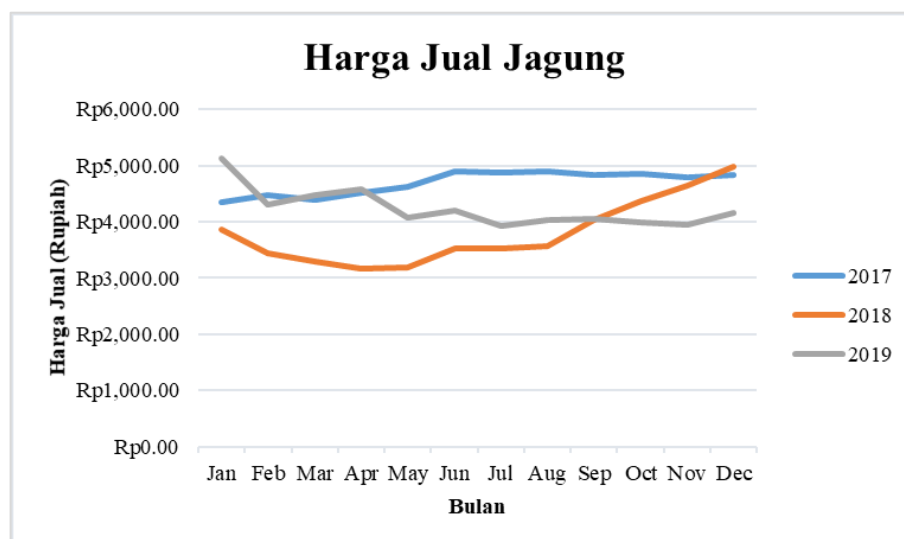
2018). Hal demikian juga disampaikan oleh Badan Ketahanan Pangan Jawa Timur (2015) melalui dokumen Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan di Jawa Timur, bahwasannya tantangan kedua ketahanan pangan di Jawa Timur yakni curah hujan yang berfluktuasi serta sebagai provinsi yang rawan terjadi bencana alam. Jawa Timur salah satu wilayah yang juga menghadapi dampak yang ditimbulkan dari perubahan iklim yang berpotensi menimbulkan risiko terhadap peningkatan kerentanan pangan di Jawa Timur. Selain kedua tantangan utama tersebut, disampaikan pula tantangan lainnya yaitu adanya konversi atau pergantian status lahan pertanian menjadi lahan non pertanian, meskipun dalam jumlah yang tidak signifikan dalam lima tahun terakhir, pengurangan lahan pertanian akan tetap dapat berkurang tiap tahun mengingat kebutuhan masyarakat yang tinggi akan tempat tinggal dan kawasan perkantoran (Badan Ketahanan Pangan Jawa Timur, 2015).

Berdasarkan data BPS Jawa Timur (2013) rata-rata kepemilikan lahan pertanian sejumlah 0,36 ha/rumah tangga petani merupakan akibat dari penurunan jumlah lahan pertanian. Untuk dapat melakukan pemenuhan kebutuhan jagung secara berkelanjutan, tantangan ketahanan pangan pada penjelasan di atas dapat dipenuhi dengan dua cara, yakni melalui produksi domestik dan impor. Sebagai penyerap terbesar komoditas jagung, peternak lebih menyukai produk lokal karena jagung yang segar berdampak pada kenaikan bobot ayam ternak lebih besar dibandingkan dengan jagung impor, namun di satu sisi ketersediaan jagung lokal terbatas (Kementerian Perdagangan, 2016).

Berbagai pihak di dalam negeri berharap pangan bisa dipenuhi lewat produksi domestik (swasembada) dan impor hanya dilakukan jika produksi dalam negeri tidak mampu memenuhi kebutuhan konsumsi (Farida, 2014). Upaya pemenuhan jagung pencapaian swasembada jagung selama ini masih perlu dituntaskan. Cara pemenuhan kebutuhan akan pangan tersebut didukung informasi ketahanan pangan sebagaimana tertuang dalam UU No. 18 Tahun 2012 tentang Pangan dan PP No. 17 Tahun 2015 tentang Ketahanan Pangan dan Gizi mengamanatkan Pemerintah dan Pemerintah Daerah sesuai dengan kewenangannya untuk membangun, menyusun, dan mengembangkan Sistem Informasi Pangan dan Gizi yang terintegrasi. Informasi ini sangat penting untuk memberikan arah dan rekomendasi bagi para pembuat keputusan dalam

penyusunan program, kebijakan, serta pelaksanaan intervensi di tingkat pusat dan daerah (Indeks Ketahanan Pangan, 2018). Berdasarkan undang-undang tersebut dapat diketahui bahwa pemerintah berwenang untuk memberikan keputusan dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan khususnya terkait salah satu pilar ketahanan pangan yaitu ketersediaan pangan (*availability*). Ketersediaan pangan yang merupakan suatu kondisi tersedianya pangan yang di dalamnya termasuk pangan kaya gizi yang berasal dari hasil produksi, khususnya produksi dalam negeri, cadangan pangan, termasuk pemasukan pangan, serta berasal dari impor dan bantuan pangan, apabila sumber utama tidak dapat memenuhi kebutuhan pemenuhan pangan (Badan Ketahanan Pangan Jawa Timur, 2015).

Namun, apabila kebijakan pemenuhan jagung tidak tepat akan memunculkan permasalahan baru, yaitu ketika impor dilakukan bersamaan dengan masa panen, kondisi ini akan menimbulkan persediaan melimpah dan berdampak adanya fluktuasi harga jagung. Adanya ketidakpastian pada hal tersebut dapat memunculkan kerugian pada pendapatan petani jagung serta berpotensi pergantian komoditas yang ditanam oleh petani jagung. Apabila hal ini terjadi maka keberadaan atau eksistensi petani jagung akan semakin berkurang dalam beberapa tahun ke depan, yang mana dapat mengancam kecukupan jagung, sebagaimana hasil penelitian oleh LIPI (2017) bahwa Indonesia akan menghadapi krisis petani pada 10 hingga 20 tahun ke depan yaitu dengan jumlah petani pada 2025 nanti hanya berkisar 6 juta orang. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal, salah satunya adalah proses regenerasi petani yang menurun tiap tahun sehingga dapat akan menyebabkan penurunan ketahanan pangan. Selain itu adanya kondisi bahwa adanya reduksi lahan, biaya pertanian hingga ketidakpastian pendapatan, di mana 63% petani berpendapatan kurang dari 1 juta. Lebih lanjut, perkembangan harga jagung seperti pada gambar 1.3 yang cenderung mengalami kenaikan.



Gambar 1. 3 Perkembangan Harga Jual Jagung di Jawa Timur (Rp/kg)

Sumber: Dinas Perindustrian Jawa Timur (2019)

Keputusan pemerintah Provinsi Jawa Timur terkait upaya pencapaian ketahanan pangan tertuang dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Jawa Timur tahun 2014 – 2019, di mana di dalamnya memuat beberapa program terkait peningkatan produksi dan produktivitas pertanian, yaitu khususnya pangan jagung yang diharapkan dapat menjadi salah satu pangan yang surplus produksi dan dapat memiliki cadangan pangan pemerintah dan masyarakat. Selain itu rencana strategis tahun 2014-2019 juga disusun oleh Dinas Pertanian Jawa Timur terkait peningkatan ketersediaan pangan, adapun salah satu strategi tersebut adalah meningkatkan surplus bahan pangan melalui peningkatan kualitas intensifikasi pertanian yaitu dengan peningkatan produksi dan produktivitas pertanian (Badan Ketahanan Pangan Jawa Timur, 2015).

Salah satu cara peningkatan produksi dapat dicapai dengan keberadaan petani sebagai produsen hasil pertanian. Petani merupakan mata pencaharian pedesaan di mana 70% pendapatan utamanya berasal dari sektor pertanian (Kementerian Pertanian, 2018). Dengan demikian, pembangunan pertanian memiliki peran penting dalam peningkatan kesejahteraan petani yang secara umum merupakan salah satu tujuan utama pembangunan pertanian (Litbang Pertanian, 2016).

Begitu pula halnya dengan peternak ayam yang menghasilkan ayam pedaging dan ayam petelur yang bersimbiosis mutualisme dengan petani jagung. Ketersediaan dan harga jual jagung yang tepat akan berdampak pada harga daging ayam dan telur ayam yang tepat pula, yang selanjutnya akan berdampak pada kesejahteraan petani dan peternak (Dinas Peternakan Jawa Timur 2020). Peningkatan kesejahteraan petani dapat meningkatkan memiliki kapabilitas dalam melaksanakan pembangunan pertanian. Dalam Litbang Pertanian (2016) dinyatakan bahwa secara evolutif, terdapat empat pendekatan sebagai pengukur indikator kesejahteraan, antara lain materialisme (monetarisme), eudamonisme (pencapaian alami), paham pembangunan manusia, dan *post* materialisme. Pendekatan materialisme (moneterisme) mengukur kesejahteraan berdasarkan kekayaan material dalam nilai moneter, salah satu indikator yang digunakan ialah pendapatan per kapita. Oleh karena itu, diperlukan suatu kondisi keseimbangan antara kesejahteraan petani jagung dan peternak ayam untuk kemudian dapat menjaga eksistensinya di masa mendatang, atau dengan kata lain petani jagung masih bersedia menanam jagung (tidak mengganti komoditas jagung dengan tanaman lain) dan peternak ayam masih bersedia beternak ayam.

Berdasarkan pemaparan di atas, dilakukan pendekatan dengan simulasi sistem dinamis untuk dapat menjawab permasalahan tersebut. Pendekatan ini digunakan karena kemampuan model ini dalam menyelesaikan perilaku sistem yang kompleks antar variabel (Stermann, 2000). Lebih lanjut, penelitian terkait ketahanan pangan dengan sistem dinamis telah dilakukan sebelumnya oleh Hajar (2020) dengan objek penelitiannya jagung, daging ayam dan telur ayam. Penelitian tersebut bertujuan untuk menghasilkan model ketahanan pangan komoditas telur dan daging di Jawa Timur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akan terdapat pengurangan lahan setaip tahunnya yang pada akhirnya tidak akan dapat memenuhi kebutuhan jagung di Jawa Timur, sehingga perlu dilakukan impor untuk pemenuhannya. Begitu pula pada komoditas daging ayam dan telur ayam akan mengalami kekurangan pada tahun tertentu sehingga diperlukan tindakan preventif untuk mengantisipasi hal tersebut.

Selain itu Guma (2018) juga melakukan penelitian terkait ketahanan pangan dengan objek penelitiannya *households* atau rumah tangga, penelitian

tersebut bertujuan untuk memodelkan strategi ketersediaan pangan secara mandiri untuk mencapai ketahanan pangan rumah tangga mengingat terjadinya kerawanan pangan di Uganda dengan persentase 35%-59%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam periode tiga tahun terjadi peningkatan 180% dalam pendapatan dari nilai saat ini.

Kemudian itu Tsolakis & Srai (2017) juga melakukan penelitian serupa pada komoditas sereal, yang bertujuan untuk mengidentifikasi peran petani kecil dalam menangani ketahanan pangan dan tantangan terkait keberlanjutannya di negara maju, hasilnya menunjukkan bahwa implementasi intervensi kebijakan untuk mengembangkan *small farms* baru dapat memperpanjang status ketahanan pangan di UK selama hampir 3 tahun dan meningkatkan rata-rata produk domestik bruto tahunan di sebesar 2,33%. Terakhir, Ustriyana (2015) melakukan penelitian pada komoditas beras. Penelitian tersebut bertujuan untuk mencapai ketahanan pangan beras di Jawa Timur melalui kecukupan ketersediaan beras.

Beberapa penjelasan penelitian sebelumnya menunjukkan belum ada penelitian pada ketahanan pangan komoditas strategis dengan mempertimbangkan harga komoditas yang akan memberikan dampak pada pendapatan petani dan peternak serta kesejahteraan petani dan peternak. Penelitian ini kemudian akan mengembangkan model ketahanan pangan jagung, daging ayam dan telur ayam serta memperhatikan kesejahteraan petani jagung dan peternak ayam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah disampaikan sebelumnya, diketahui bahwa jagung merupakan salah satu komoditas strategis yang perlu dijaga ketersediannya, karena selain untuk konsumsi manusia sebagian besar jagung digunakan untuk produksi pakan ternak, salah satunya ayam. Dengan demikian, rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana pengembangan model ketahanan pangan komoditas jagung serta kesejahteraan petani jagung dan peternak ayam di masa yang akan datang?
2. Bagaimana skenario kebijakan ketahanan pangan komoditas jagung dan pakan ternak?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan sebelumnya, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan model ketahanan pangan jagung termasuk memuat jumlah serta kesejahteraan dari petani jagung dan peternak ayam.
2. Mengembangkan skenario yang tepat untuk ketersediaan jagung dan pakan ternak dengan harga yang tepat.
3. Memberikan rekomendasi alternatif kebijakan kepada pemerintah terkait ketersediaan komoditas jagung.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Panen jagung dilakukan terhadap jagung kering (jagung pipil)
2. Data yang digunakan adalah data historis periode 2013 – 2019.

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Pakan ternak yang digunakan merupakan pakan dari industri pakan ternak.
2. Parameter kesejahteraan diukur berdasarkan pendapatan petani dari harga jual jagung dan peternak dari harga pakan ternak.
3. Peternak ayam broiler dan ayam petelur tidak mempertimbangkan peternak kerja sama atau mandiri.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat memberikan gambaran terkait ketersediaan komoditas jagung, daging ayam dan telur ayam serta gambaran kesejahteraan petani jagung dan peternak ayam di Jawa Timur.
2. Penelitian ini dapat menambah kontribusi Teknik dan Sistem Industri ITS dalam memberikan kebijakan ketahanan pangan di Jawa Timur.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian yang dilakukan yaitu:

1. BAB I Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, asumsi penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan penelitian.

2. BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini terdiri dari kajian pustaka terkait teori-teori yang digunakan atau melandasi penelitian, antara lain terkait pangan dan ketahanan pangan dan simulasi sistem dinamis. Pada bab ini juga disampaikan penelitian-penelitian yang dilakukan terdahulu sebagai pedoman penelitian ini serta posisi penelitian saat ini.

3. BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini terdiri tahap-tahap penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan pengambilan keputusan untuk menjaga ketahanan pangan, serta diagram alir penelitian secara terstruktur.

4. BAB IV Pengembangan Model

Bab ini terdiri dari penjelasan pengembangan model yang dilakukan, mulai dari perumusan model yang terdiri dari identifikasi variabel, *causal loop diagram* serta *stock and flow diagram* sampai dengan proses verifikasi dan validasi terhadap model.

5. BAB V Analisis dan Interpretasi

Bab ini terdiri dari pengolahan data dengan *software* STELLA 6.1.3 untuk menjalankan simulasi sistem dinamis serta dilakukan analisis terhadap hasil simulasi pada kondisi *existing*. Kemudian dilakukan perancangan skenario.

6. BAB VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini terdiri dari penjelasan mengenai hasil akhir yang diperoleh dari analisis yang dilakukan, serta saran sebagai gambaran yang dapat dijadikan dasar penelitian selanjutnya yang belum dibahas pada penelitian ini.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada awal bab tinjauan pustaka ini, penulis akan menguraikan definisi yang digunakan dalam penelitian ini, sehingga diperoleh pemahaman yang sejalan antara penulis dan pembaca. Secara umum, tinjauan pustaka yang akan disampaikan terkait dengan pangan, ketahanan pangan dan simulasi sistem dinamis.

2.1 Pangan dan Ketahanan Pangan

Definisi terkait pangan beberapa kali telah dijabarkan, antara lain pada Pasal 27 UUD 1945 maupun dalam Deklarasi Roma (1996), yang kemudian mendasari terbitnya Undang-Undang No. 7 Tahun 1996 tentang Pangan. Begitu pula dengan definisi ketahanan pangan yang tidak lepas dari Undang-Undang No. 18 Tahun 2012 tentang Pangan. Lebih lanjut akan dijelaskan pada sub bab berikutnya.

2.1.1 Konsep Pangan

Pangan merupakan kebutuhan dasar utama bagi manusia yang harus dipenuhi setiap saat, sehingga perolehan pangan dapat dikatakan salah satu hak asasi manusia (*Rome Declaration & Plan of Action*, 1996). Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan (2012), pangan merupakan segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah, untuk kemudian diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan/atau pembuatan makanan atau minuman.

Di sisi lain, berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 71 Tahun 2015 Tentang Penetapan dan Penyimpanan Barang Kebutuhan Pokok dan Barang Penting (2015), barang kebutuhan pokok adalah barang yang menyangkut hajat hidup orang banyak dengan skala pemenuhan kebutuhan yang tinggi serta menjadi faktor pendukung kesejahteraan masyarakat. Pangan pokok dapat pula

diartikan sebagai pangan yang diperuntukkan sebagai makanan utama sehari-hari sesuai dengan potensi sumber daya dan kearifan lokal (Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2012 tentang Pangan, 2012).

2.1.2 Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan (Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2012 Tentang Pangan, 2012).

Berdasarkan *Rome Declaration and Plan of Action* (1996), suatu daerah dapat dikatakan memiliki ketahanan pangan ketika terdapat kondisi semua penduduk mendapatkan akses setiap saat untuk makan dengan jumlah yang cukup dan memiliki nilai gizi untuk menjalani kehidupan yang sehat dan aktif

Merujuk pada definisi ketahanan pangan di atas, terdapat 3 pilar ketahanan pangan itu sendiri terdiri yaitu adalah ketersediaan (*availability*), keterjangkauan (*accessibility*) baik secara fisik maupun ekonomi, dan stabilitas (*stability*) yang harus tersedia dan terjangkau setiap saat dan setiap tempat. Apabila ketiga pilar ketahanan pangan terpenuhi, maka masyarakat atau rumah tangga tersebut mampu memenuhi ketahanan pangannya masing-masing (Perum BULOG - Pilar Ketahanan Pangan, 2018).

2.1.3 Pilar Ketahanan Pangan

Mengacu pada definisi ketahanan pangan berdasarkan *World Food Summit* pada tahun 1996, maka diidentifikasi bahwa terdapat 4 pilar ketahanan pangan (FAO, 1996a) yang meliputi:

- 1) *Food availability*, yang mengacu pada ketersediaan jumlah yang memadai dengan kualitas tepat, dipasok melalui produksi dalam negeri atau impor (termasuk bantuan makanan).
- 2) *Food access*, yang mengacu pada akses ke sumber pangan untuk mendapatkan pangan yang sesuai sampai dengan level paling kecil yaitu rumah tangga,

pasokan makanan yang memadai di tingkat nasional atau internasional tidak menjamin bahwa tercapai ketahanan pangan sampai dengan tingkat rumah tangga.

- 3) *Food utilization*, yang mengacu pada pemanfaatan pangan dengan air bersih dan sanitasi yang baik untuk memenuhi nutrisi tubuh, di mana secara umum dipahami sebagai cara tubuh memanfaatkan berbagai macam nutrisi dalam makanan. Asupan energi dan nutrisi yang cukup pada individu merupakan hasil pemberian makan, persiapan makanan, keanekaragaman makanan dan distribusi makanan dalam rumah tangga.
- 4) *Food stability*, mengacu pada kecukupan pangan yang stabil dan berkelanjutan, kondisi ini dapat dipengaruhi oleh cuaca buruk, ketidakstabilan politik, atau faktor ekonomi (pengangguran, kenaikan harga makanan) yang kemudian berdampak pada status keamanan pangan.

Keempat pilar ketahanan pangan tersebut harus dapat dipenuhi secara simultan untuk dapat mencapai ketahanan pangan suatu daerah.

2.1.4 Pilar Ketahanan Pangan Jagung di Jawa Timur

Pada tahun 2015, Badan Ketahanan Pangan Jawa Timur dan *World Food Programme* (WFP) menerbitkan sebuah dokumen Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan Jawa Timur 2015. Kerentanan pada kerawanan pangan dilihat dari pencapaian indikator yang terdiri dari ketersediaan pangan (*availability*), akses pangan (*accessibility*) dan pemanfaatan pangan (*utilization*) melalui pengelompokan kecamatan yang ada di Jawa Timur (Badan Ketahanan Pangan Jawa Timur, 2015). Dari pengelompokan tersebut didapatkan bahwa terdapat 57% kecamatan di Jawa Timur telah mengalami peningkatan ketersediaan pangan (*availability*).

Kondisi pencapaian peningkatan ketersediaan pangan (*availability*) tidak terlepas dari peningkatan produksi salah satu pangan pokok strategis, yaitu jagung yang mengalami peningkatan sebesar 5,29% selama sepuluh tahun terakhir (Badan Ketahanan Pangan Jawa Timur, 2015). Hal ini tercermin dari produktivitas jagung di Jawa Timur. Adapun produktivitas jagung di Jawa Timur dibagi menjadi tiga

kategori, yaitu kategori tinggi (*high*), sedang (*medium*) dan rendah (*low*) yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Produktivitas Jagung di Jawa Timur

Level Produktivitas	Area (ha)	Produksi tahunan (ton)	Produktivitas tahunan (ton/ha)
Tinggi (<i>high</i>)	512.514	3.374.721	6.58
Sedang (<i>medium</i>)	448.593	2.322.693	5.18
Rendah (<i>low</i>)	296.004	637.838	2.15
Total	1,257,111	6,335,252	

Sumber: BPS Jawa Timur (2018)

2.2 Budi Daya Jagung

Menurut Paeru & Dewi (2017) jagung merupakan komoditas yang mudah untuk dibudidayakan. Hal ini dikarenakan tidak membutuhkan pemeliharaan yang intensif serta mempunyai kemampuan adaptasi yang cukup baik terhadap beberapa iklim. Namun, meskipun demikian, budidaya jagung juga harus tetap memperhatikan syarat tumbuh jagung dan mekanisme penanaman yang baik untuk dapat mencapai hasil panen yang optimal.

2.2.1 Syarat Tumbuh Jagung

Jagung merupakan tanaman yang dapat menyesuaikan diri sesuai iklim tempatnya tumbuh, meskipun jagung berasal dari daerah tropis. Jagung juga dapat tumbuh dengan baik di iklim sedang hingga subtropis asalkan syarat atau faktor tumbuh yang lain dapat optimal sehingga jagung dapat menghasilkan biji yang banyak. Tabel 2.2 merupakan syarat tumbuh jagung yang harus diperhatikan agar mencapai hasil panen yang optimal.

Tabel 2. 2 Syarat Tumbuh Tanaman Jagung

Syarat Tumbuh	Ukuran
Ketinggian tempat	1000 – 1800 mdpl
Jenis tanah	<ul style="list-style-type: none"> • Andosol (berasal dari gunung berapi) biasanya paling subur. • Latosol (berstektur liat berdebu)

Syarat Tumbuh	Ukuran
	<ul style="list-style-type: none"> • Grumsol (berstektur berat) yang perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu.
Keasaman tanah	pH 5,5 -7
Curah hujan	85 – 200 mm/bulan
Suhu	27 – 32 ⁰ C

Sumber: Paeru & Dewi (2017).

Selain beberapa syarat tumbuh di atas yang dapat diukur, pertumbuhan jagung harus mendapatkan sinar matahari yang cukup secara langsung serta penanaman dilakukan di area yang datar akan lebih baik dibandingkan di area miring (Putra, 2018).

2.2.2 Mekanisme Penanaman Jagung

Penanaman jagung terdiri dari beberapa tahap utama, yaitu tahap persiapan penanaman, tahap penanaman, tahap pemeliharaan dan tahap panen.

1) Tahap Persiapan Penanaman

Pada tahap persiapan penanaman dilakukan persiapan benih dan persiapan lahan. Produksi jagung sangat bergantung pada kualitas benih yang akan ditanam yang dibuktikan dengan adanya sertifikat kualitas benih. Kriteria benih yang berkualitas baik dilihat dari fisik benih yaitu kemurnian benih, kotoran benih tidak melebihi 0,2%, tingkat kesehatan benih minimal 98%, tingkat perkecambahan minimal 86%, kesesuaian varietas harus 100%, serta daya simpan sebelum ditanam berkisar antara 1-5 tahun dengan kadar air maksimal 14% dan suhu penyimpanan 4⁰ C.

Lebih lanjut terkait persiapan lahan tanam, yaitu pengolahan tanah atau penggemburan tanah untuk mendapatkan tekstur dan sirkulasi udara yang baik. Olah tanah sempurna atau (OTS) dilakukan pada lahan kering, pengolahan ini dapat dilakukan dengan pencangkulan atau pembajakan tanah dan pembersihan gulma. Sedangkan tanpa olah tanah (TOT) yaitu pengolahan tanah minimum yang dilakukan pada tanah sawah setelah ditanami padi (Zubachtirodin dkk., 2016). Setelah pengolahan, pada lahan kering diperlukan pembuatan drainase

untuk mengalirkan air dari area tanam terutama pada musim hujan karena tanaman jagung peka terhadap kelebihan air sehingga pembuatan drainase bertujuan untuk mengurangi jumlah air. Sedangkan pada lahan sawah, pembuatan drainase untuk mengatur pengairan menjadi lebih mudah.

Setelah itu dilakukan pemberian kapur pertanian untuk lahan yang memiliki pH kurang dari 5 sejumlah 1 – 3 ton/ha dengan penyebaran pada lahan secara merata (Paeru and Dewi, 2017). Setelah itu pemberian pupuk baik berupa kotoran tanaman (pupuk kandang), humus (pupuk kompos) dan sisa tanaman dalam bentuk padat atau cair atau pupuk kimia yang terdiri dari pupuk urea, SP-36 dan KCI (Zubachtirodin dkk., 2016).

Sebelum ke tahap penanaman, area tanam harus dibersihkan dari gulma, menurut Zubachtirodin dkk. (2016) pengendalian gulma dapat dilakukan secara mekanik atau menggunakan herbisida kontak. Pembersihan gulma atau yang dikenal dengan penyiangan, pada tahap pertama atau sebelum lahan ditanami bibit, dilakukan dengan menggunakan cangkul atau mesin pembuat drainase yang dapat memberikan beberapa keuntungan yaitu lebih ramah lingkungan, mengurangi jumlah hemat tenaga kerja, sekaligus dapat meningkatkan jumlah udara dalam tanah serta dapat merangsang pertumbuhan akar.

2) Tahap Penanaman

Tahap penanaman dilakukan ketika pengolahan tanah telah selesai dilakukan dan siap tanam. Jumlah tanaman yang dikehendaki tergantung dengan jarak tanam yang akan diberikan, untuk mendapatkan hasil yang optimal, jarak tanam yang digunakan adalah 90 cm x 40 cm x 40 cm dengan 2 benih per lubang tanam. Dengan jarak tersebut akan diperoleh 82.000 tanaman/ha.

Lubang tanam dibuat dengan tugal, dengan kedalaman 3-5 cm, kemudian dimasukkan benih, kemudian benih ditutup dengan tanah dan diberikan air secukupnya apabila tanah dalam kondisi kering ketika proses tanam (Paeru & Dewi, 2017).

3) Tahap Pemeliharaan

Beberapa aktivitas yang masuk ke dalam tahap pemeliharaan antara lain menjarangkan, menyulam, menyiangi, membumbun, memupuk, mengairi dan pemberantasan hama (Paeru & Dewi, 2017). Menjarangkan adalah aktivitas pengambilan tanaman yang tidak dikehendaki, yaitu tanaman yang sakit dan jumlah tanaman yang melebihi satu lubang tanam. Penjarangan dilakukan ketika tanaman berumur 2-3 minggu dengan cara mematahkan tanaman yang tidak dikehendaki untuk menghindari adanya luka pada tanaman utama apabila dilakukan dengan pencabutan. Kemudian menyulam, yaitu aktivitas penanaman kembali tanaman untuk mempertahankan jumlah tanaman yang dikehendaki atas tanaman yang tidak tumbuh sebelumnya (Putra, 2018). Aktivitas selanjutnya adalah menyiangi yaitu aktivitas pembersihan terhadap rumput di sekitar tanaman, hal ini dilakukan agar kandungan air dan unsur hara dalam tanah tidak terserap oleh rumput dan biasanya dilakukan dua kali dalam seminggu.

Putra (2018) juga menyatakan bahwa pembubunan adalah aktivitas penutupan atau penimbunan pada tanaman sehingga tanaman menjadi lebih kokoh, terutama untuk tanaman yang akarnya timbul ke permukaan tanah. Aktivitas yang tidak kalah penting yaitu pemupukan. Adapun dosis pemupukan yaitu pupuk urea 200-300 kg/ha, SP-36 100-200 kg/ha dan NPK 200-300kg/ha (Paeru & Dewi, 2017). Pemupukan dapat dilakukan sebanyak 3 kali, pemupukan pertama dilakukan 7-10 hari setelah tanam (HST), pemupukan kedua 25-30 HST dan pemupukan ketiga 40-45 HST. Pemupukan dilakukan dengan penugalan tanah dan memasukkan pupuk. Apabila pupuk disebar maka sebagian besar pupuk akan mengalami penguapan. Pengairan harus dilakukan dengan tepat jumlah dan waktu. Dalam proses pemeliharaan, pengairan dapat dilakukan selama 3 hari berturut-turut apabila tidak turun hujan.

Terakhir adalah pemberantasan hama dan penyakit tanaman. Cara pemberantasan atau pengendalian hama dilakukan sesuai dengan jenis hama atau penyakit yang mungkin timbul. Salah satunya adalah hama ludi atau larva dari kumbang yang dapat merusak perakaran. Pengendalian yang

dapat dilakukan pada hama ini adalah dengan penerapan pergiliran tanaman dan dengan bahan kimia seperti insektisida (Paeru & Dewi, 2017).

4) Tahap Panen

Jagung dapat dipanen sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, seperti jagung untuk sayur, untuk rebus dan jagung kering. Pada umumnya jagung kering dipanen ketika berumur 80-110 hari (Paeru & Dewi, 2017). Adapun ciri-ciri jagung kering siap panen antara lain daun yang menguning, biji mengkilap dan keras serta tidak menimbulkan bekas ketika biji ditekan.

2.3 Budi Daya Ayam Broiler

Salah satu sumber protein hewani yang relatif terjangkau baik dari harga maupun kemudahan untuk memperolehnya adalah daging ayam ras pedaging atau yang dikenal dengan daging ayam broiler (Kementerian Pertanian, 2017). Kondisi ini memunculkan budidaya ayam pedaging atau yang dikenal dengan ayam broiler menjadi salah satu mata pencaharian penting, budi daya ayam pedaging sendiri merupakan suatu bentuk usaha yang dilakukan di suatu tempat tertentu secara berkesinambungan untuk anak ayam berumur satu hari atau yang disebut *day old chick* (DOC) sampai dengan siap dipotong (Kementerian Pertanian, 2014). Lebih lanjut dalam Kementerian Pertanian (2014) disebutkan bahwa peternak merupakan perorangan warga negara Indonesia atau korporasi yang melakukan usaha peternakan. Dalam beternak ayam broiler, terdapat dua fase pertumbuhan berdasarkan kecepatan pertumbuhannya, yaitu periode *starter* dimulai umur 1-21 hari dan periode *finisher* dimulai umur 22-35 hari atau sesuai umur dan bobot potong yang diinginkan (Murwani, 2010).

Budi daya ayam broiler memiliki beberapa keunggulan antara lain telah dapat dikembangkan oleh masyarakat untuk menjadi salah satu jenis usaha, teknologi budi daya telah dikuasai, menjadi pendukung untuk usaha bidang lain, seperti pertanian dan perikanan serta dapat membuka lapangan kerja khususnya di pedesaan (Kementerian Pertanian, 2014).

2.3.1 Kebutuhan Nutrisi Ayam Broiler

Berdasarkan Kementerian Pertanian (2014) mutu pakan ayam petelur harus memenuhi standar yang terdiri dari seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Kandungan Nutrisi Pakan Ayam Broiler

No.	Kandungan Nutrisi	Fase Ayam Pedaging		Satuan
		<i>Starter</i>	<i>Finisher</i>	
1.	Kadar air maksimum	14,0	14,0	%
2.	Energi metabolisme minimum	2900	2900	kkal/kg
3.	Protein kasar minimum	19,0	18,0	
4.	Lemak kasar maksimum	7,4	8,0	%
5.	Serat kasar maksimum	6,0	6,0	%
6.	Abu maksimum	8,0	8,0	%
7.	Kalsium	0,9-1,2	0,9-1,2	%
8.	Phospor total	0,6-1,0	0,6-1,0	%
9.	Phospor tersedia minimum	0,4	0,4	%
10	Aplatoksin maksimum	50	50	Ppb
11.	Asam amino			
	- Lisin minimum	1,10	0,90	%
	- Metionin minimum	0,40	0,30	%
	- Metionin + sistin minimum	0,60	0,50	%

Sumber: Kementerian Pertanian (2014)

Selain kandungan nutrisi tiap fase yang berbeda, jumlah pakan yang diberikan pada tiap fase juga berbeda. Adapun jumlah konsumsi yang diberikan pada tiap fase ayam broiler seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Konsumsi Ayam Broiler

Umur (hari)	Konsumsi (g)		Fase	Umur (hari)	Konsumsi (g)		Fase
	Harian	Kumulatif			Harian	Kumulatif	
0			<i>Starter</i>	22	117	1309	<i>Finisher</i>
1	13	13		23	123	1432	
2	17	30		24	130	1562	
3	21	51		25	134	1696	
4	23	74		26	141	1837	
5	27	101		27	148	1985	
6	31	132		28	152	2137	
7	35	167		29	158	2295	
8	39	206		30	163	2458	
9	44	250		31	169	2627	
10	48	298		32	174	2801	
11	54	352		33	180	2981	
12	58	410		34	182	3163	
13	64	474		35	189	3352	
14	68	542					

Umur (hari)	Konsumsi (g)		Fase	Umur (hari)	Konsumsi (g)		Fase
15	75	617					
16	81	698					
17	87	785					
18	93	878					
19	98	976					
20	105	1081					
21	111	1192					

Sumber: *Cobb 500 Product Guide*

2.4 Budi Daya Ayam Petelur

Budi daya ayam petelur merupakan suatu usaha yang dilakukan di suatu tempat tertentu secara berkesinambungan untuk anak ayam berumur satu hari sampai menghasilkan telur (Kementerian Pertanian, 2014). Pada ayam petelur terdapat beberapa istilah berdasarkan siklus hidup ayam petelur, yaitu anak ayam petelur disebut dengan *starter*, di mana merupakan anak ayam yang berumur 0-8 minggu. Kemudian fase *grower*, anak ayam petelur berumur 8-20 minggu dan ayam petelur disebut dengan *layer*, yang merupakan ayam dewasa yang sedang menjalani masa reproduksi atau bertelur dengan umur 20 minggu-afkir (Susilorini, 2008).

2.4.1 Kebutuhan Nutrisi Ayam Petelur

Berdasarkan Kementerian Pertanian (2014) mutu pakan ayam petelur harus memenuhi standar yang terdiri dari seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Kandungan Nutrisi Pakan Ayam Petelur

No.	Kandungan Nutrisi	Fase Ayam Petelur			Satuan
		<i>Starter</i>	<i>Grower</i>	<i>Layer</i>	
1.	Kadar air maksimum	14,0	14,0	14,0	%
2.	Protein kasar minimum	18,0	15,0	16,0	%
3.	Lemak kasar maksimum	7,0	7,0	7,0	%
4.	Serat kasar maksimum	6,5	7,5	14,0	%
5.	Abu maksimum	8,0	8,0	14,0	%
6.	Kalsium	0,9-1,2	0,9-1,2	3,25-4,0	%
7.	Phospor total	0,6-1,0	0,6-1,0	0,6-1,0	%
8.	Phospor tersedia	0,35	0,32	0,32	%
	Energi metabolisme	2600	2600	2650	kkal/kg
9.	Aplatoksin maksimum	50	50	50	Pbb
10	Asam amino				
	- Lisin minimum	0,90	0,65	0,80	%
	- Metionin minimum	0,40	0,30	0,35	%

	- Metionin + sistin minimum	0,60	0,50	0,60	%
--	-----------------------------	------	------	------	---

Kementerian Pertanian (2014)

Sama halnya dengan ayam broiler, pada ayam petelur, jumlah pakan yang diberikan pada tiap fase juga berbeda. Adapun jumlah konsumsi yang diberikan pada tiap fase ayam petelur seperti pada tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Konsumsi Ayam Petelur

Minggu	Konsumsi (g)		Minggu	Konsumsi (g)	
	Harian	Kumulatif		Harian	Kumulatif
18	84	84	38	113	2277
19	89	173	39	113	2390
20	97	270	40	113	2503
21	104	374	41	113	2616
22	110	484	42	113	2729
23	112	596	43	113	2842
24	112	708	44	113	2955
25	112	820	45	113	3068
26	112	932	46	113	3181
27	112	1044	47	113	3294
28	112	1156	48	113	3407
29	112	1268	49	113	3520
30	112	1380	50	113	3633
31	112	1492	51	113	3746
32	112	1604	52	113	3859
33	112	1716	53	113	3972
34	112	1828	54	113	4085
35	112	1940	55	113	4198
36	112	2052	56	113	4311
37	112	2164	57	113	4424

Sumber: *ISA Product Guide*

Tabel 2. 7 Konsumsi Ayam Petelur (lanjutan)

Minggu	Konsumsi (g)		Minggu	Konsumsi (g)	
	Harian	Kumulatif		Harian	Kumulatif
58	113	4537	78	113	6797
59	113	4650	79	113	6910
60	113	4763	80	114	7024
61	113	4876	81	114	7138
62	113	4989	82	114	7252
63	113	5102	83	114	7366
64	113	5215	84	114	7480
65	113	5328	85	114	7594
66	113	5441	86	114	7708
67	113	5554	87	114	7822
68	113	5667	88	114	7936
69	113	5780	89	114	8050
70	113	5893	90	114	8164
71	113	6006	91	114	8278
72	113	6119	92	114	8392
73	113	6232	93	114	8506
74	113	6345	94	114	8620
75	113	6458	95	114	8734
76	113	6571	96	114	8848
77	113	6684	97	114	8962

Sumber: *ISA Product Guide*

2.5 Perusahaan Pakan Ternak (*Feedmill*)

Pada Peraturan Menteri Pertanian No. 31 Tahun 2014 tentang Tentang Pedoman Budi Daya Ayam Pedaging dan Ayam Petelur yang Baik, disebutkan bahwa pakan ternak merupakan makanan untuk hewan yang terdiri dari bahan makanan tunggal atau campuran, baik melalui pengolahan maupun tidak untuk mendukung kelangsungan hidup hewan, kemudian untuk bereproduksi dan berkembang biak. Pakan ternak sendiri diproduksi oleh pabrik pakan yang merupakan suatu perusahaan di bidang agribisnis melalui pemanfaatan bahan baku dari hasil kegiatan pertanian secara luas, terdiri dari limbah maupun hasil

sampingan dari industri pertanian (Rahayu dkk., 2017). Tabel 2.8 merupakan jumlah perusahaan pakan di beberapa wilayah di Indonesia.

Tabel 2. 8 Pabrik Pakan Ternak di Indonesia

Provinsi	Jumlah Pabrik	Kapasitas Produksi (Juta Ton/Tahun)
Banten, Jawa Barat, DKI Jakarta	30	7,4
Jawa Timur	24	6,1
Sumatera Utara	11	2,5
Sumatera Barat, Sumatera Selatan, Lampung	5	1,75
Jawa Tengah	8	1,7
Sulawesi	5	1,25
Kalimantan	2	0,3

Pada Tabel 2.8 diketahui bahwa Jawa Timur memiliki 24 pabrik pakan ternak dengan kapasitas produksi sejumlah 6,1 ton/tahun. Berdasarkan Pasandaran & Kasryno (2005) produksi pakan yang dihasilkan di Jawa Timur juga dijual ke daerah yang tidak memiliki pabrik pakan seperti Maluku, Nusa Tenggara dan Papua.

2.6 Konsep Simulasi

Simulasi merupakan proses yang menirukan dunia nyata atau sistem dari waktu ke waktu yang digunakan untuk mengembangkan seperangkat asumsi terkait hubungan matematis, logis, dan simbolis antara entitas yang menarik dari sistem, serta untuk memperkirakan ukuran kinerja sistem dengan data yang dihasilkan oleh simulasi (Banks dkk., 2005). Simulasi dapat digunakan pada kondisi ketika adanya suatu interaksi internal sistem yang kompleks, atau dari suatu subsistem dalam sistem yang kompleks. Selain itu pula pada kondisi adanya suatu perubahan informasi, organisasi, dan lingkungan sehingga dampak dari perubahan pada perilaku model ini kemudian dapat diamati (Banks dkk., 2005).

Beberapa kegunaan simulasi yaitu *understanding*, di mana simulasi dapat digunakan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik terkait beberapa komponen dari dunia sosial melalui pengamatan terkait perilaku yang tidak dapat ditemukan secara langsung sehingga simulasi dapat bermanfaat, kemudian *prediction*, yaitu menggunakan model simulasi untuk dapat menjawab dinamika perilaku di masa depan berdasarkan kejadian di waktu yang telah lewat. *Substitute*

yaitu sebagai pengganti kemampuan manusia, misalnya sistem pakar telah dibangun untuk mensimulasikan keahlian para profesional seperti ahli geologi, ahli kimia dan dokter (F, D & D, Lenat, 1983).

Berdasarkan Banks dkk. (2005) terdapat beberapa tipe model dalam simulasi yaitu:

- 1) Model Simulasi Statis dan Dinamis
 - Model simulasi statis (disebut simulasi Monte Carlo), mewakili sistem pada titik waktu tertentu.
 - Model simulasi dinamis, mewakili sistem karena atas perubahan dari waktu ke waktu.
- 2) Model Simulasi Deterministik dan Stokastik
 - Model simulasi deterministik, tidak terdapat variabel acak dan memiliki set input yang dikenal yang akan menghasilkan serangkaian output yang unik.
 - Model simulasi stokastik memiliki satu atau lebih variabel acak sebagai input dan suatu input acak menghasilkan output acak.

2.6.1 Simulasi Sistem Dinamis

Sistem dinamis atau SD adalah pendekatan untuk pemecahan masalah yang awalnya dikembangkan pada akhir 1950-an oleh Jay W. Forrester dari MIT *Sloan School of Management* dengan pendirian MIT *System Dynamics Group* (Forrester, 2007a). Pada terminologi sistem dinamis (SD), sistem didefinisikan sebagai kumpulan elemen yang terus-menerus berinteraksi dari waktu ke waktu untuk membentuk suatu kesatuan yang utuh (Blanchard, B.S. & Fabrycky, 1998). Sedangkan dinamis dalam Azar (2012) mengacu pada perubahan seiring waktu. Dengan demikian sistem dinamis (SD) merupakan metodologi yang digunakan untuk memahami perubahan sistem seiring waktu. Selain itu, disebutkan pula SD adalah metodologi pemodelan kebijakan berdasarkan dasar pengambilan keputusan, analisis mekanisme *feedback* atau umpan balik dan simulasi (Drew, 1998).

Lebih lanjut pengambilan keputusan berfokus pada bagaimana tindakan harus diambil oleh pembuat keputusan, sedangkan *feedback* berkaitan dengan cara informasi yang dihasilkan memberikan wawasan masa depan (Azar, 2012).

Simulasi memberi pembuat keputusan alat untuk bekerja di lingkungan virtual di mana mereka dapat melihat dan menganalisis dampak keputusan mereka di masa depan. Dengan demikian SD dapat digunakan untuk mensimulasikan sistem dunia nyata, tentunya dengan beberapa asumsi untuk meningkatkan pemahaman tentang sistem yang kompleks untuk merancang kebijakan yang sangat efektif (Forrester, 1992).

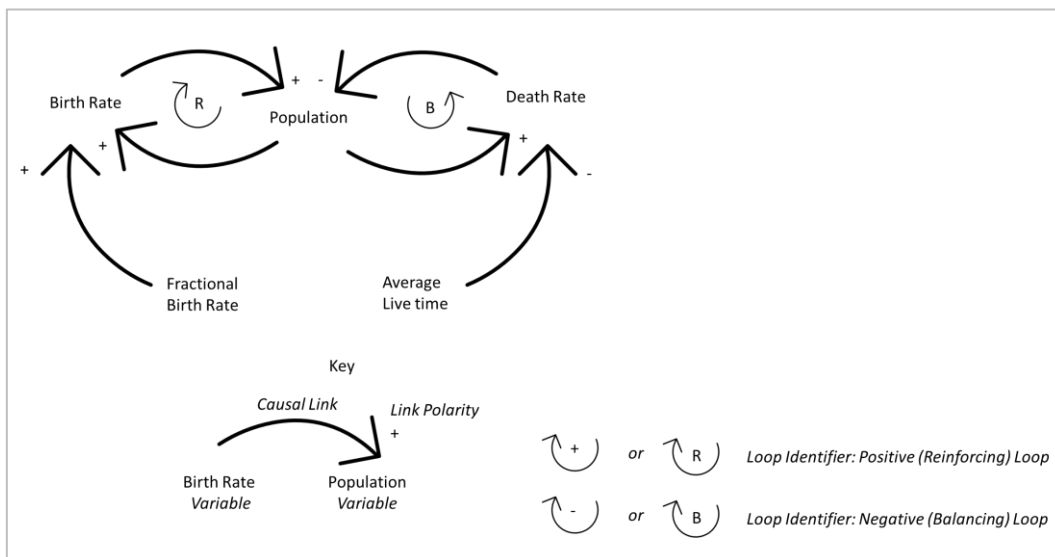
Tahap dalam proses pemodelan menurut Sterman (2000), yaitu:

- 1) *Problem Articulation (Boundary Selection)*
Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap masalah, termasuk penyebab terjadinya masalah. Kemudian melakukan identifikasi variabel dan hubungan antar variabel. Selain itu pada tahap ini juga dilakukan penentuan seberapa jauh ke depan kita harus mempertimbangkan masalah tersebut.
- 2) *Formulation of Dynamic Hypothesis*
Pada tahap ini dilakukan identifikasi teori yang sesuai untuk menyelesaikan permasalahan. Kemudian melakukan pemetaan terhadap variabel-variabel dengan *causal loop diagram* dan *stock & flow diagram*.
- 3) *Formulation of a Simulation Model*
Pada tahap ini dilakukan formulasi persamaan sistematis dari *causal loop diagram*. Tahap ini membantu untuk meningkatkan pemahaman tentang sistem. Formulasi dapat didasarkan pada data yang dikumpulkan dari lapangan atau input yang diberikan oleh *expert*.
- 4) *Testing*
Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk membandingkan perilaku model dengan kondisi nyata. Selain itu model juga harus diuji untuk kondisi ekstrim yang bahkan mungkin tidak terjadi di dunia nyata.
- 5) *Policy Design & Evaluation*
Pada tahap ini dilakukan perancangan atau evaluasi terhadap kebijakan. Salah satu cara untuk merancang dan menguji kebijakan adalah dengan mengubah nilai beberapa variabel dan melihat apakah kinerja sistem meningkat.

2.7 Causal Loop Diagrams

Menindaklanjuti pernyataan dalam Sterman (2000) yang menyatakan bahwa *feedback* merupakan salah satu konsep dalam sistem dinamis, maka untuk menggambarkan konsep struktur *feedback* dalam sistem dapat menggunakan *causal loop diagram*, yang mana merupakan *tool* yang penting untuk merepresentasikan struktur *feedback* dalam sistem.

Causal loop diagram terdiri dari variabel-variabel yang dihubungkan dengan tanda panah yang menunjukkan pengaruh sebab akibat atau interaksi antara variabel. Gambar 2.1 merupakan contoh *causal loop diagram*.



Gambar 2. 1 *Causal Loop Diagram*

Sumber: Sterman (2000)

Pada Gambar 2.1 terdapat variabel *birth rate*, *population*, *death rate*, *fractional birth rate* dan *average lifetime* yang dihubungkan oleh tanda panah dengan tanda positif (+) atau negatif (-). Tanda positif (+) menunjukkan hubungan yang positif antar variabel, sebaliknya tanda negatif (-) menunjukkan hubungan yang negatif antar variabel. Hubungan positif misalnya antar variabel *birth rate* dan *population*, di mana apabila terjadi peningkatan pada *birth rate*, maka akan terjadi peningkatan pula pada *population*. Selanjutnya apabila terjadi peningkatan pada *population*, maka akan terjadi peningkatan pada *birth rate*. Interaksi antar variabel tersebut dihubungkan oleh *link polarity* positif. Sedangkan hubungan negatif

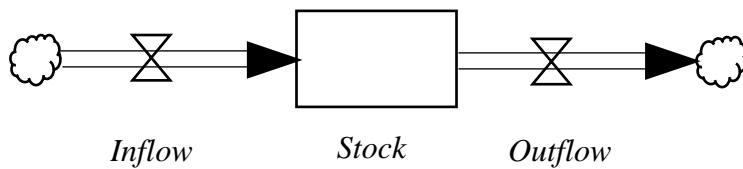
misalnya antar variabel *death rate* dan *population*, di mana apabila terjadi peningkatan pada *death rate*, maka akan terjadi penurunan pada *population*. Selanjutnya apabila terjadi peningkatan pada *population*, maka akan terjadi peningkatan pada *death rate*.

Lebih lanjut, pada Sterman (2000) apabila terjadi *feedback looping* positif maka disebut dengan *reinforcing loop* yang disimbolkan dengan R atau tanda positif (+), yang dapat diketahui dari jumlah link positif di dalam *loop*, yaitu apabila jumlah link negatif (-) berjumlah genap. Sedangkan apabila terjadi *feedback looping* negatif maka disebut dengan *balancing loop* yang disimbolkan dengan B atau tanda negatif (-), yang dapat diketahui dari perkalian semua variabel positif (+) atau variabel negatif (-) yang kemudian menghasilkan nilai positif. Dengan demikian *balancing loop* dapat terjadi apabila interaksi hanya terjadi antara variabel positif (+) atau interaksi terjadi antara variabel negatif (-) yang berjumlah genap.

2.8 *Stock Flow Diagram*

Salah satu keterbatasan *causal loop diagram* adalah ketidakmampuannya untuk menggambarkan struktur *stock* dan *flow* dari sistem. *Stock and flow*, bersama dengan *feedback* merupakan dua konsep penting dari teori sistem dinamis (Sterman, 2000). *Stock* adalah akumulasi, yang merepresentasikan keadaan sistem dan menghasilkan informasi yang menjadi dasar pengambilan keputusan dan tindakan. Menurut Sterman (2000), *stock* dapat menunjukkan keadaan sistem pada titik waktu tertentu, sedangkan *flow* menunjukkan perubahan variabel per satuan waktu, atau mempengaruhi perubahan pada *stock* (Azar, 2012). Lebih lanjut, *stock flow diagram* bertujuan untuk menangkap pemahaman tentang keterkaitan antara variabel (Guma, 2018).

Gambar 2.2 merupakan contoh ilustrasi *stock and flow*, serta tabel 2.9 merupakan notasi dalam penggambaran *stock flow diagram*.



Gambar 2. 2 Ilustrasi *Stock Flow Diagram*

Sumber: Sterman (2000)

Stock flow diagram diilustrasikan dengan bak air yang dialiri air. Air di dalam bak air menunjukkan akumulasi atau *stock*, kran air menunjukkan *inflow* dan aliran air yang keluar bak air menunjukkan *outflow*.

Tabel 2. 9 Notasi *Stock and Flow Diagram*

Simbol	Nama	Keterangan
	<i>Stock/Level/State Variable</i>	Akumulasi
	<i>Flow</i>	Aliran material atau informasi, terdiri dari: <i>Inflow</i> : Aliran masuk atau menambah stok <i>Outflow</i> : Aliran keluar atau mengurangi stok
	<i>Converter</i>	Terdapat formulasi yang mempengaruhi nilai output
	<i>Connector</i>	Mengirimkan informasi

Sumber: Sterman (2000)

2.9 Model Testing pada Sistem Dinamis

Kesesuaian model dengan sistem nyata dapat diketahui dengan *model testing* atau pengujian terhadap model yang telah dirancang. Verifikasi dan validasi model merupakan cara pengujian model untuk mengetahui kesesuaian model dengan sistem nyata. Menurut Kelton & Law (1991) verifikasi adalah proses yang penentuan kebenaran atau kesesuaian implementasi dari model konseptual. Proses ini meliputi *debugging software*, pencarian implementasi yang tidak sesuai dari model konseptual dan memverifikasi perhitungan. Sedangkan validasi adalah

adalah proses penentuan keakuratan representasi model dengan sistem nyata serta output model konsisten dengan output sistem nyata.

Validasi dapat dilakukan dengan dua acara, yaitu secara subjektif dan kuantitatif (Balci, 1998). Validasi secara subjektif dilakukan dengan dua cara yaitu:

- 1) *Face Validation*, adalah proses validasi melalui *judgements* oleh pakar dalam penentuan keakuratan dan kelogisan suatu model.
- 2) *Turing Test*, adalah proses validasi dari pakar dengan memberikan gambaran sistem nyata dan output model untuk kemudian dapat dibedakan antara kedua hal tersebut oleh pakar.

Validasi secara kuantitatif dilakukan dengan analisis statistik yang dapat meningkatkan kredibilitas dari suatu model (Xiang, Dame & Cabaniss, 2005). Analisis statistik dapat digunakan tergantung dengan ketersediaan data pada sistem nyata (Kleijnen, 1999). Kemudian analisis statistik dilakukan dengan membandingkan data output model dengan sistem yang sesuai atau dengan data output model lain ketika model dijalankan dengan input data yang sama.

Selanjutnya Shreckengost (1992) menyatakan secara garis besar bahwa terdapat dua cara yang dapat dilakukan untuk melakukan pengujian pada model sistem dinamis, yaitu *model structure test* dan *model behaviour test*. Pada *model structure test* dilakukan pengujian validitas struktur model yang dibandingkan dengan sistem nyata yang dimodelkan. Pengujian ini bergantung pada pengalaman, intuisi dan penilaian yang bertentangan dengan data. Sedangkan pada *model behaviour test* pengujiannya lebih akurat dibandingkan dengan *model structure test*.

Pada Sterman (2000) terdapat beberapa pengujian untuk model sistem dinamis, antara lain *boundary adequacy test*, *structure assessment test*, *parameter assessment test* dan *extreme condition test*.

2.9.1 Boundary Adequacy Test

Boundary adequacy test atau uji kecukupan batasan model bertujuan untuk menguji perubahan perilaku model terhadap variabel yang berkaitan dengan model. Variabel dapat dikeluarkan dari model apabila tidak cukup memberikan dampak yang signifikan terhadap model (Sterman, 2000). Pengujian ini bersifat

subjektif dan tergantung pada tujuan model, ketika tujuan model berubah, maka batas model ikut berubah (Azar, 2012).

Lebih lanjut dinyatakan oleh Sterman (2000) pengujian ini dapat dilakukan melalui pemeriksaan langsung terhadap persamaan model, melakukan wawancara untuk meminta pendapat ahli, studi literatur serta inspeksi atau partisipasi langsung dalam proses sistem.

2.9.2 Structure Assessment Test

Structure assessment test atau uji struktur model bertujuan untuk menguji kesesuaian antara struktur model dengan struktur sistem nyata (Azar, 2012). Pengujian ini juga untuk melihat kekonsistenan struktur model dengan struktur sistem nyata yang dapat dilakukan dengan diagram struktur kebijakan, *causal loop diagram*, pemetaan *stock and flow* dan inspeksi langsung persamaan model, termasuk melakukan wawancara untuk meminta pendapat ahli (Sterman, 2000).

2.9.3 Parameter Assessment Test

Parameter assessment test atau pengujian parameter model bertujuan untuk memvalidasi variabel input dan kelogisan hubungan antar variabel. Validasi terhadap variabel input diuji melalui data historis (Azar, 2012). Sedangkan validasi kelogisan antar variabel dapat dilihat dari pemeriksaan terhadap semua logika pada sistem yang dapat dilihat dari hubungan *causal* antar variabel, baik hubungan *causal* positif maupun *causal* negatif.

2.9.4 Extreme Condition Test

Extreme condition test atau pengujian kondisi ekstrim bertujuan untuk menguji kemampuan fungsi model dalam kondisi ekstrim serta untuk meningkatkan kepercayaan pengguna (Azar, 2012). Pengujian ini dapat mengekspos kesalahan struktural atau kekurangan dan nilai parameter yang tidak lengkap atau salah, termasuk dapat mengetahui kelogisan model ketika mendapati kondisi ekstrim, yaitu ketika variabel terukur dan variabel terkendali diberikan nilai ekstrim terbesar atau terkecil (Sterman, 2000).

2.10 Kesejahteraan

Kesejahteraan telah diatur dalam Undang-Undang No. 11 Tahun 2009 tentang Kesejahteraan Sosial, di mana mendefinisikan kesejahteraan sebagai kondisi terpenuhinya kebutuhan material, spiritual, dan sosial warga negara agar dapat hidup layak dan mampu mengembangkan diri sehingga dapat melaksanakan fungsi sosialnya.

Berdasarkan Litbang Pertanian (2016) dalam *Review* dan Perumusan Indikator Kesejahteraan Petani disebutkan bahwa secara evolutif, pengukuran indikator kesejahteraan dapat dibedakan ke dalam empat pendekatan. Keempat pendekatan tersebut antara lain:

- 1) Pendekatan materialisme (monetarisme), yaitu pendekatan yang mengukur kesejahteraan berdasarkan pada kekayaan material dalam nilai moneter. Indikator yang paling sering digunakan adalah pendapatan per kapita, kemampuan untuk memenuhi kebutuhan dasar (bebas kemiskinan, ketahanan pangan dan gizi) serta kepemilikan aset. Pendekatan ini cukup praktis dan paling luas digunakan sampai saat ini.
- 2) Pendekatan eudamonisme (pencapaian alami), yaitu pendekatan yang mengukur kesejahteraan berdasarkan pencapaian tertinggi yang mungkin diraih. Pencapaian ini ditentukan oleh kesehatan biologis, kesehatan relasi sosial dan kesehatan psikologis. Kebahagiaan merupakan salah satu indikator pengukuran pendekatan ini yang diperoleh dari hasil survei.
- 3) Pendekatan paham pembangunan manusia, yaitu pendekatan yang mengukur kesejahteraan berdasarkan pencapaian diri dengan memanfaatkan penuh potensi, kapasitas dan inteligensia atau sumberdaya. Indikator pengukuran ini antara lain indeks pembangunan manusia (*human development index*) dengan beberapa variabel seperti pendapatan per kapita, tingkat pendidikan dan tingkat harapan hidup.
- 4) Pendekatan *post materialism*, yaitu pendekatan yang mengukur kesejahteraan berdasarkan tiga pilar, yang meliputi kesejahteraan ekonomi, keadilan dan partisipasi sosial politik serta kelestarian kesehatan lingkungan hidup. Indikator pengukuran ini adalah berbagai variabel yang mewakili ketiga pilar tersebut atau yang lebih dikenal dengan indeks kesejahteraan multidimensi.

2.11 Penelitian Terdahulu

Salah satu *literature review* pada penelitian ini adalah beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan melalui rangkuman dalam bentuk tabel seperti tabel 2.10. Rangkuman *literature review* terhadap penelitian terdahulu memuat nama peneliti, research question pada penelitian tersebut, objek penelitian, metode penelitian yang digunakan serta hasil yang dicapai. Hal-hal yang belum dikerjakan pada penelitian sebelumnya menjadi pertimbangan pada penelitian ini.

Tabel 2. 10 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	<i>Research Questions</i>	Objek	Metode	Hasil
1.	Hajar (2020)	Mengembangkan simulasi sistem dinamis ketahanan pangan untuk dapat mengestimasi kebutuhan jagung dan ketersediaan telur dan adging ayam di masa yang akan datang.	Jagung, daging ayam dan telur ayam	Sistem Dinamis	Mengembangkan empat skenario untuk menghasilkan tambahan produksi telur dan daging ayam, penambahan kapasitas industri pakan ayam, penggunaan lahan tidak terpakai yang menurunkan impor sampai 15% dan peningkatan produktivitas yang menurunkan impor sampai 96%.
2.	Ferjani, dkk (2018)	Memperkirakan kontribusi ketahanan pangan pertanian domestik dalam kasus impor makanan dan pakan yang hilang untuk pasokan makanan negara.	Olahan susu	<i>Decision Support System for food Security Strategy and Supply Management (DSS-ESSA)</i>	Dampak jangka panjang: dalam jangka panjang pasokan energi 2340 kkal / orang / hari akan dimungkinkan jika tersedia area budidaya yang sesuai dan produksi yang dioptimalkan. Dampak jangka pendek: potensi dan waktu yang dibutuhkan untuk beradaptasi dan memperluas produksi pertanian terutama tergantung pada lahan rotasi tanaman yang tersedia pada infrastruktur yang ada.
3.	Sahle, Yeshitela & Saito (2018)	Menghitung dan memetakan <i>supply</i> dan <i>demand</i> makanan dari komoditas kocho di Ethiopia Selatan.	Kocho	GIS	Rata-rata hasil panen kocho adalah 16,2 kg/tanaman, yang setara dengan 417 ton / ha. Hasil tahunan adalah 6.500 kg / ha, dan 4,5 juta ton sebagai persediaan dengan stok terbesar ditemukan di area yang lembab dan hangat. Kebutuhan kocho tiap individu dapat dipenuhi oleh 16 tanaman, di mana hanya dapat dipenuhi sejumlah 38% dari perkebunan milik sendiri.
4.	Guma (2018)	Memodelkan strategi ketersediaan pangan secara mandiri untuk mencapai ketahanan pangan rumah tangga mengingat terjadinya kerawanan pangan di Uganda dengan persentase 35%-59%.	<i>Households</i>	Sistem Dinamis	Hasil simulasi menunjukkan bahwa dalam periode tiga tahun, petani kecil bisa mendapatkan rata-rata \$1000 per musim dari 1,5 hektar tanah, atau terjadi peningkatan 180% dalam pendapatan dari nilai saat ini (\$405).

No.	Peneliti	Research Questions	Objek	Metode	Hasil
5.	Avianto, Putro & Hermawan, (2017)	Mendeskripsikan ketahanan pangan secara komprehensif.	Beras	Sistem Dinamis	Suatu intervensi kebijakan pangan yang berbeda-beda dari satu wilayah dengan wilayah lainnya.
6.	Jose, dkk (2017)	Menyajikan formalisasi model dinamis untuk menilai keberlanjutan produksi etanol di Brasil.	Etanol	Sistem Dinamis	Hasil simulasi menunjukkan bahwa produksi tebu diharapkan meningkat dan lebih banyak pabrik pengolahan yang akan didirikan melalui peningkatan teknologi, serta untuk mencapai keberlanjutan produksi harus mempertimbangkan harga tebu, kapasitas produksi, permintaan, dan faktor-faktor lain yang relevan.
7.	Tsolakis & Srai (2017)	Mengidentifikasi peran petani kecil dalam menangani ketahanan pangan dan tantangan terkait keberlanjutannya di negara maju.	Sereal	Sistem Dinamis	Hasil simulasi menunjukkan bahwa implementasi intervensi kebijakan untuk mengembangkan <i>small farms</i> baru dapat memperpanjang status ketahanan pangan di UK selama hampir 3 tahun dan meningkatkan rata-rata produk domestik bruto tahunan sebesar 2,33%. Dari perspektif lingkungan, <i>small farms</i> hanya mengonsumsi 2,92% pupuk dibandingkan dengan sistem pertanian yang ada yaitu 0,033 ton sereal yang dibudidayakan per 1 kg pupuk.
8.	Aivazidou, Tsolakis & Vlachos (2017)	Mengusulkan model pembuatan kebijakan dengan system dinamis untuk memantau <i>water footprint</i> dari produk <i>agri-food</i> dan profitabilitas <i>supply chain</i> terkait dalam hal <i>net present value</i> (NPV).	Air	Sistem Dinamis	Hasil simulasi menunjukkan bahwa pelaksanaan mitigasi air terhadap lingkungan dapat secara signifikan mengurangi total <i>water footprint</i> , dan meningkatkan NPV dari laba keseluruhan karena pertumbuhan penjualan.
9.	Guma, Rwashana & Oyo (2016)	Mengidentifikasi tantangan ketahanan pangan untuk mengevaluasi kebijakan dan strategi intervensi pada level rumah tangga.	<i>Households</i>	Sistem Dinamis	Terdapat 3 sektor hasil simulasi: 1. Sektor Pemilik Lahan & Potensi Pemilik Lahan Potensial Meskipun terdapat peningkatan jumlah pemilik lahan potensial, lahan yang tersedia tetap konstan. Sementara itu tanah per rumah tangga tetap konstan untuk beberapa periode dan kemudian menurun ke nilai minimum selama bertahun-tahun. 1. Sektor Produksi Pangan Tingkat penanaman tergantung pada produktivitas lahan, jenis tanaman yang ditanam dan rasio lahan. Hasil panen juga secara langsung tergantung pada musim. Semakin banyak musim tanam, semakin tinggi hasil panen.

No.	Peneliti	<i>Research Questions</i>	Objek	Metode	Hasil
					2. Sektor <i>Sales & Income</i> Pendapatan bersih meningkat dengan penjualan tanaman. Keuntungan penjualan diperoleh dari persentase tanaman yang dijual yang tergantung pada harga pasar rata-rata (disusun sebagai harga mentah dan diproses).
10.	Xu & Ding, (2015)	Menetapkan tingkat swasembada sebagai indikator utama dalam sudut pandang suplemen.	<i>Grain</i>	Sistem Dinamis	1. Situasi ketahanan pangan tidak aman jika tingkat swasembada di bawah 68,3% sesuai dengan pengembangan kelembaman sistem. 2. Sulit untuk menjamin ketahanan pangan di Jiangsu hanya tergantung pada peningkatan luas biji yang ditabur. 3. Solusi yang sah untuk memastikan keamanan pangan di Jiangsu adalah meningkatkan produktivitas.
11.	Ustriyana (2015)	Merancang ketersediaan beras di Provinsi Bali dari sudut pandang produksi dan konsumsi, serta tinjauan umum tentang kondisi saat ini dan masa yang akan datang.	Beras	Sistem Dinamis	Pemodelan dinamis stok beras di Provinsi Bali dilakukan dengan menggabungkan enam submodel yaitu populasi, pendapatan, produksi, produk domestik regional bruto, lahan dan konsumsi dan neraca beras untuk mengontrol sistem atau sebagai antisipasi terhadap perubahan kebijakan terkait dengan stok beras di Provinsi Bali. Simulasi dengan skenario gabungan, seperti intensifikasi, meminimalkan konsumsi beras, atau mempertahankan tanah sawah diperlukan untuk mengatasi ancaman krisis pangan di Provinsi Bali di masa depan
12.	Xu & Coors (2012)	Mengusulkan pendekatan terpadu untuk penilaian keberlanjutan pengembangan perumahan perkotaan, dengan mempertimbangkan indikator keberlanjutan, keseimbangan perumahan dan visualisasi bangunan.	<i>Resident</i>	AHP, Sistem Dinamis, GIS	Model integrasi SD dan teknologi GIS adalah strategi yang layak dan efektif untuk mempelajari pembangunan berkelanjutan. Dapat memprediksi faktor tidak stabil tunggal atau menindaklanjuti seluruh situasi keberlanjutan dalam proses atau pengembangan perumahan dengan kriteria kuantitatif.

2.12 Posisi Penelitian Saat Ini

Setelah membuat rangkuman *literature review* yang memuat hal-hal seperti yang telah disebutkan pada sub bab 2.11, maka pada tabel 2.11 merupakan ringkasan lebih lanjut dari tabel 2.10 dengan membandingkan antara metode penelitian dan objek penelitian antara penelitian terdahulu dan penelitian saat ini.

Tabel 2. 11 Posisi Penelitian Saat Ini

No.	Peneliti	Metode				Objek				Kesejahteraan	Produk
		(DSS-ESSA)	GIS	AHP	Sistem Dinamis	Pangan	Air	Households	Etanol		
1.	Hajar, (2020)					√					Daging ayam & telur ayam
2.	Ferjani, dkk (2018)	√			√	√					Olahan susu
3.	Sahle, Yeshitela & Saito (2018)		√			√					Kocho
4.	Guma (2018)				√			√		√	-
5.	Avianto, Putro & Hermawan (2017)				√	√					Beras

No.	Peneliti	Metode				Objek				Kesejahteraan	Produk
		(DSS-ESSA)	GIS	AHP	Sistem Dinamis	Pangan	Air	Households	Etanol		
6.	Jose, dkk (2017)				√				√		-
7.	Tsolakis & Singh (2017)				√	√					Sereal
8.	Aivazidou, Tsolakis & Vlachos (2017)				√		√				-
9.	Guma, Rwashana & Oyo (2016)				√			√		√	-
10.	Xu & Ding (2015)				√	√					Grain
11.	Ustriyana (2015)				√	√					Beras
12.	Xu & Coors (2012)		√	√	√			√			Resident

No.	Peneliti	Metode				Objek				Kesejahteraan	Produk
		(DSS-ESSA)	GIS	AHP	Sistem Dinamis	Pangan	Air	Households	Etanol		
13.	Utami (2020)				√	√				√	Jagung, Daging ayam & telur ayam

Berdasarkan Tabel 2.11, penelitian terdahulu dibedakan atas metode penelitian yang digunakan, objek penelitian yang terdiri dari pangan, air, *households* atau rumah tangga dan produk etanol serta pertimbangan kesejahteraan. Apabila dilihat dari metode yang digunakan, penelitian saat ini menggunakan metode sistem dinamis yang juga telah digunakan oleh beberapa penelitian sebelumnya. Sedangkan objek penelitiannya adalah komoditas pangan, khususnya jagung, daging ayam dan telur ayam.

Meskipun pada penelitian sebelumnya memiliki metode penelitian dan objek yang sama, namun pada penelitian tersebut masih memiliki kekurangan, yaitu belum adanya pertimbangan harga komoditas di pihak petani untuk kemudian dapat diketahui pendapatan petani jagung. Perhatian terhadap pendapatan petani pada ketahanan pangan telah dilakukan pada penelitian Guma (2018) yang mensimulasikan pendapatan petani dari luas area pertanian yang dikerjakan. Selain itu, pada penelitian Guma, Rwashana & Oyo (2016) juga memperhatikan pendapatan petani melalui *sales* dan *income* produk yang dihasilkan selain estimasi lahan dan jumlah produksi produk. Oleh karena itu, pada penelitian terkait ketahanan pangan ini, selain memproyeksikan ketersediaan komoditas jagung, daging ayam dan telur ayam, juga akan memperhatikan kesejahteraan petani jagung dan peternak ayam.

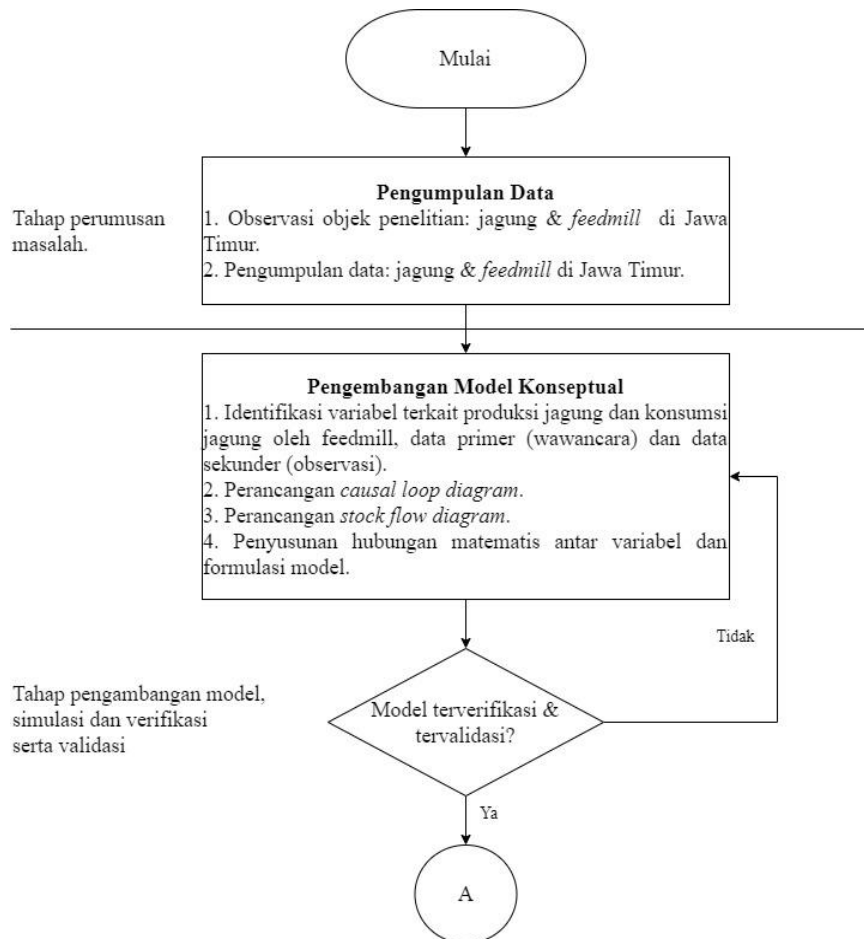
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

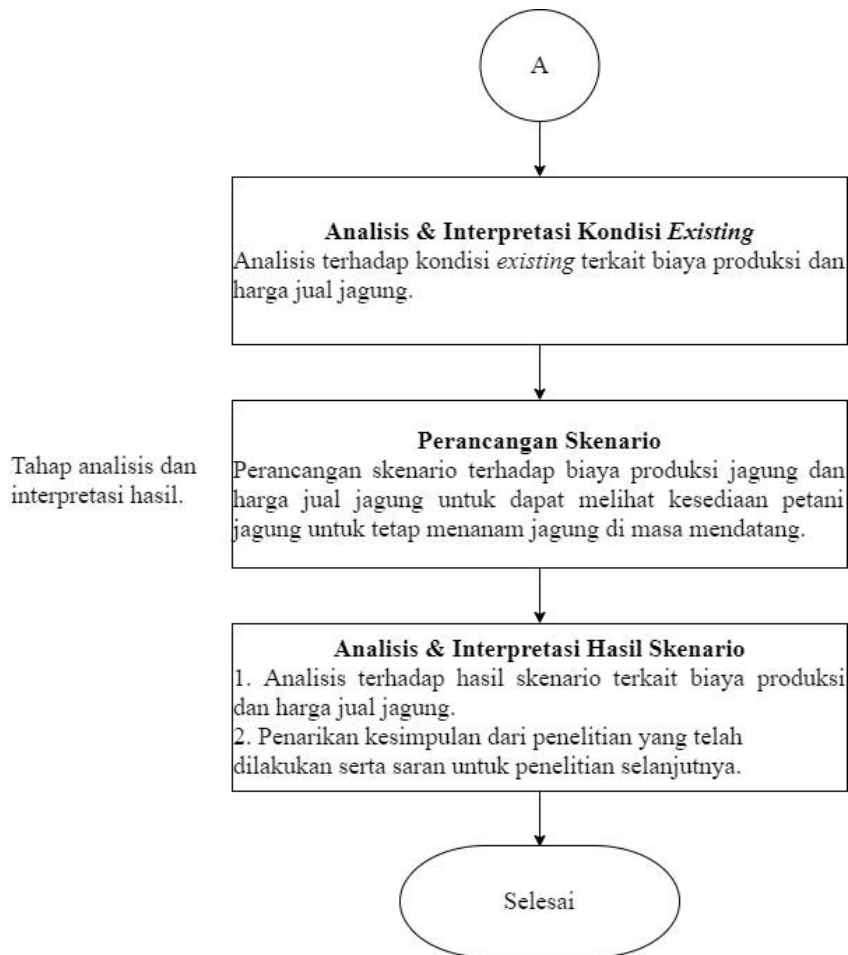
Pada bab metodologi penelitian terdapat hal-hal terkait langkah penelitian, yang meliputi penjelasan terkait identifikasi permasalahan, pengumpulan data, proses terhadap data, analisis terhadap hasil pengolahan data dan penarikan kesimpulan serta saran dari hasil penelitian.

3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 merupakan diagram alir penelitian ini dengan beberapa tahap antara lain tahap pengumpulan data, pengembangan model konseptual, verifikasi dan validasi model, analisis dan interpretasi hasil simulasi serta perancangan skenario termasuk dengan analisis dan interpretasi dari skenario yang telah dirancang.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

3.2 Tahap Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, antara lain tahap identifikasi awal, pengumpulan data, pengembangan model konseptual, verifikasi dan validasi model, analisis dan interpretasi kondisi *existing*, perancangan skenario, analisis dan interpretasi hasil skenario dan penarikan kesimpulan serta saran.

3.2.1 Pengumpulan Data

Sebelum dilakukan pengumpulan data, terlebih dahulu dilakukan observasi terhadap objek penelitian, yaitu komoditas jagung, daging ayam dan telur ayam. Termasuk di dalamnya proses produksi jagung dari awal sampai siap panen, permasalahan yang terjadi dan penanganan yang telah dilakukan dari pelaku produksi jagung. Kemudian observasi juga dilakukan pada pabrik pakan ternak atau *feedmill* sebagai pihak yang menjadikan jagung sebagai bahan baku utamanya.

Selanjutnya observasi dilakukan pada pelaku usaha produksi daging ayam dan telur ayam.

Setelah itu dilakukan pengumpulan data terkait objek penelitian. Data yang digunakan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari data wawancara dengan petani jagung di Jawa Timur, peternak ayam di Jawa Timur dan peternak telur di Jawa Timur serta wawancara dengan pihak dari dinas terkait. Sedangkan data sekunder diperoleh dari data Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Jawa Timur, Dinas Peternakan Jawa Timur dan Badan Pusat Statistik Jawa Timur. Salah satu data dari Badan Pusat Statistik Jawa Timur adalah terkait jumlah petani jagung dan peternak ayam di Jawa Timur melalui dokumen Survei Pertanian Antar Sensus (SUTAS) Jawa Timur tahun 2018 yang tidak mempertimbangkan jumlah petani dan peternak mandiri atau kerjasama.

3.2.2 Pengembangan Model Konseptual

Pada tahap pengembangan model konseptual dilakukan melalui penggambaran terhadap kondisi nyata yang telah diperoleh dari hasil *literature review*. Pengembangan model konseptual terdiri dari tiga tahap, yang meliputi tahap identifikasi variabel, tahap perancangan *causal loop diagram* dan perancangan *stock and flow diagram*. Perancangan *causal loop diagram* dan *stock flow diagram* akan digambarkan dengan *software* STELLA 9.1.3.

1) Tahap Identifikasi Variabel

Kecukupan produksi jagung dapat diketahui berdasarkan jumlah produksi dan *demand* terhadap jagung. Untuk mengetahui jumlah produksi jagung, maka variabel penentu produksi jagung harus diidentifikasi terlebih dahulu. Identifikasi variabel dilakukan melalui *literature review* dari halaman *website* terkait, buku, penelitian terdahulu serta pengamatan langsung dan wawancara dengan *expert*, yaitu dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur dan Dinas Peternakan Provinsi Jawa Timur. Setelah itu dilakukan penyusunan daftar variabel produksi jagung tanpa hubungan atau keterkaitan antar variabel-variabel tersebut.

2) Tahap Perancangan *Causal Loop Diagram*

Tahap selanjutnya setelah identifikasi variabel adalah perancangan *causal loop diagram*, yaitu tahap untuk melihat interaksi antar variabel, termasuk mengetahui hubungan atau pengaruh antar variabel, yaitu adanya pengaruh positif atau negatif antar variabel satu dengan variabel lainnya.

3) Tahap Perancangan *Stock Flow Diagram*

Setelah dilakukan penggambaran interaksi atau hubungan antar variabel dengan *causal loop diagram*, maka pada tahap perancangan *stock flow diagram* dilakukan formulasi atas interaksi atau hubungan yang terjadi antar variabel. Penggambaran *stock* menunjukkan adanya suatu akumulasi antar variabel, sedangkan *flow* menggambarkan tingkat perubahan stok dalam suatu periode waktu tertentu.

3.2.3 Verifikasi dan Validasi Model

Pada tahap verifikasi model dilakukan pengoreksian kesesuaian antara teori dan model simulasi yang telah diselesaikan. Cara untuk memastikan kesesuaian tersebut dengan melakukan *check unit* dan *check error*. Setelah dilakukan verifikasi model selanjutnya dilakukan validasi, adapun validasi model dilakukan melalui *model testing* untuk sistem dinamis menurut Sterman (2000), antara lain *boundary aequancy test* (uji kecukupan batasan), *structure assessment test* (uji struktur model), *parameter assessment test* (uji parameter model) dan *extreme condition test* (uji kondisi ekstrim).

Selanjutnya dilakukan uji perbandingan *mean*, dengan menghitung persentasi *mean error* antara data aktual dengan data hitung, pada pengujian ini model dinyatakan valid apabila nilai *error* kurang dari 0,05 atau 5% (Barlas, 1996). Namun apabila nilai *error* berada di antara 5% sampai 10%, maka model dikategorikan termasuk cukup tepat dan apabila nilai *error* di atas >10%, maka model dikategorikan tidak tepat (Morecroft, 2015; Muhammadi, Aminullah & Soesilo, 2001).

3.2.4 Analisis dan Interpretasi Kondisi *Existing*

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap kondisi *existing* atau saat ini (sebelum adanya skenario) setelah model dinyatakan valid. Kemudian dilakukan interpretasi terhadap hasil simulasi yang telah dilakukan.

3.2.5 Perancangan Skenario

Pada tahap perancangan skenario akan dilakukan eksperimen terhadap hasil simulasi *existing*, khususnya terkait ketersediaan jagung. Selain itu juga dilakukan perancangan skenario terkait ketersediaan kemima jenis pakan ayam. Rancangan skenario diawali dengan penentuan input untuk eksperimen itu sendiri.

3.2.6 Analisis Hasil dan Interpretasi Hasil Skenario

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap rancangan beberapa skenario yang dilakukan, kemudian melakukan interpretasi atas analisis sesuai dengan tujuan penelitian. Beberapa rancangan skenario dibuat untuk mengetahui performansi model untuk beberapa kondisi di masa mendatang serta dapat memberikan beberapa alternatif kondisi dari kondisi *existing* atau saat ini. Lebih lanjut dilakukan penarikan kesimpulan atas analisis dan pembahasan yang telah dilakukan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PENGEMBANGAN MODEL

Pada bab pengembangan model terdapat hal-hal terkait pembuatan model, yang dimulai dengan penggambaran input dan output model, identifikasi variabel yang dapat memberikan pengaruh sebab akibat pada model, perancangan *causal loop diagram*, *stock flow diagram* serta verifikasi dan validasi terhadap model.

4.1 Pengembangan Model Konseptual

Pemodelan konseptual dalam penelitian ini akan dimulai dengan melakukan identifikasi variabel, perancangan *causal loop diagram* serta perancangan *stock flow diagram* yang memuat formulasi dan input data penelitian.

4.1.1 Deskripsi Objek Penelitian

Rencana strategis Badan Ketahanan Pangan 2010-2014 menyampaikan bahwa jagung merupakan salah satu bahan pokok yang masuk ke dalam kelompok pangan nabati selain beras, kedelai, kacang tanah, ubi kayu, ubi jalar, sayuran, buah-buahan, minyak goreng dan gula putih. Namun dalam perkembangannya, permintaan jagung didorong oleh perkembangan industri pakan ternak yang sejalan dengan peningkatan konsumsi daging oleh masyarakat (Kasryno, Pasandaran & Fagi, 2005). Hal tersebut sebagaimana pula disebutkan pada Rencana Strategis Badan Ketahanan Pangan 2010-2014 bahwa daging ayam dan telur ayam merupakan bahan pokok dari kelompok pangan hewani.

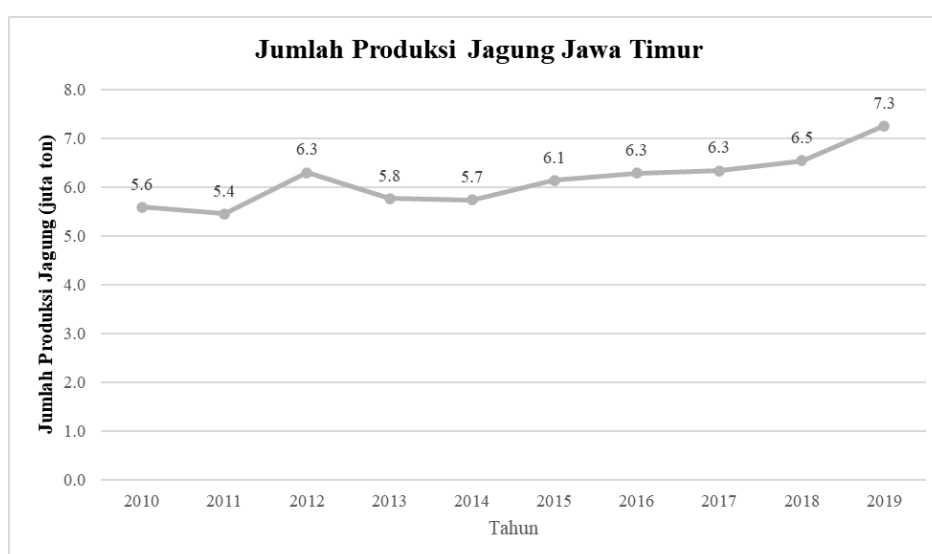
Peningkatan pemanfaatan jagung pada industri pakan, terutama untuk pakan ayam, baik ayam broiler maupun ayam petelur (Tangendjaja, Yusdja & Ilham, 2005). Pada pakan ternak, jagung merupakan sumber energi, sehingga sebagian besar komposisi pakan adalah jagung. Untuk memenuhi kebutuhan jagung, maka dalam beberapa tahun terakhir Indonesia masih melakukan impor jagung dari luar negeri seperti Brazil, Cina dan Amerika Serikat. Sedangkan untuk produksi jagung di Indonesia, khususnya Jawa Timur telah mengalami peningkatan namun belum diproyeksikan kecukupan jagung untuk dapat memenuhi semua demand, antara lain untuk pangan, pabrik pakan dan ekspor ke daerah lain. Tabel

4.1 merupakan jumlah produksi jagung di Jawa Timur dari tahun 2010 sampai tahun 2019.

Tabel 4. 1 Jumlah Produksi Jagung di Jawa Timur Tahun 2010-2019

Tahun	Jumlah Produksi Jagung (juta ton)	Tahun	Jumlah Produksi Jagung (juta ton)
2010	5.6	2015	6.1
2011	5.4	2016	6.3
2012	6.3	2017	6.3
2013	5.8	2018	6.5
2014	5.7	2019	7.3

Sumber: BPS Jawa Timur (2019)



Gambar 4. 1 Grafik Produksi Jagung di Jawa Timur Tahun 2010-2019

Sumber: BPS Jawa Timur (2020)

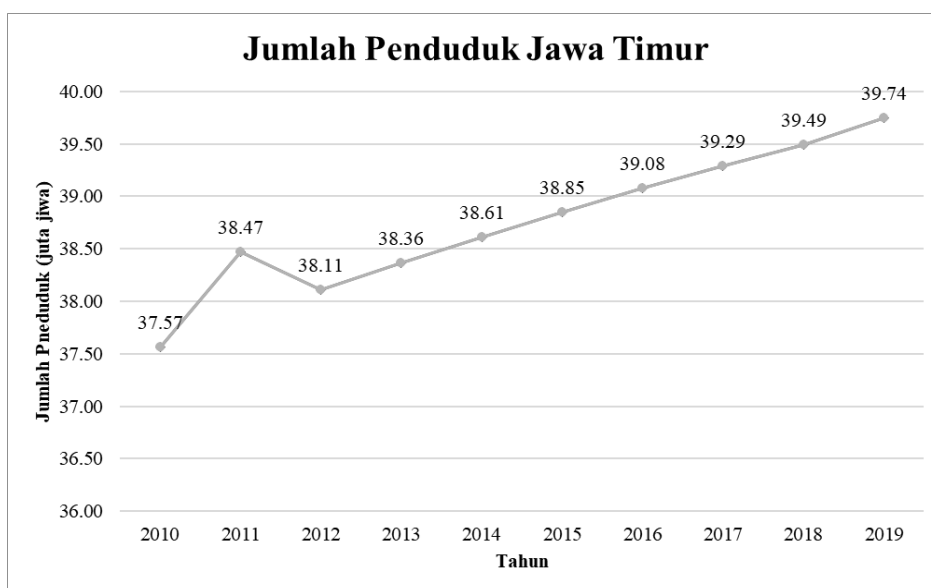
Tabel 4.1 dan gambar 4.1 merupakan data terkait jumlah produksi jagung di Jawa Timur dari tahun 2010-2019. Pada data tersebut dapat diketahui bahwa jumlah produksi jagung di Jawa Timur senantiasa mengalami kenaikan hingga pada tahun 2019, jumlah produksi mencapai sekitar 7.3 juta ton. Jumlah produksi tersebut mengakibatkan jumlah impor jagung kian menurun dari tahun ke tahun, namun kondisi ini belum menggambarkan stok jagung yang akan tersedia untuk

memenuhi kebutuhan jagung di Jawa Timur serta daerah lain yang memerlukan pasokan jagung dari Jawa Timur.

Tabel 4. 2 Jumlah Penduduk di Jawa Timur Tahun 2010-2019

Tahun	Jumlah Penduduk Jawa Timur (juta jiwa)	Tahun	Jumlah Penduduk Jawa Timur (juta jiwa)
2010	37.57	2015	38.85
2011	38.47	2016	39.08
2012	38.11	2017	39.29
2013	38.36	2018	39.49
2014	38.61	2019	39.74

Sumber: BPS Jawa Timur (2020)



Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Penduduk di Jawa Timur Tahun 2010-2019

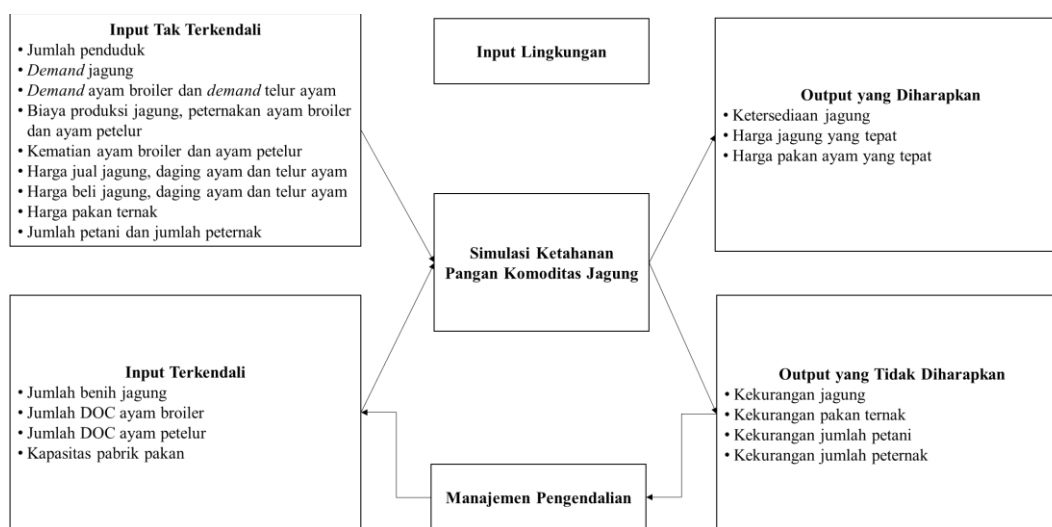
Sumber: BPS Jawa Timur (2020)

Selanjutnya dari sisi jumlah penduduk seperti yang ditampilkan pada tabel 4.2 dan gambar 4.2, dapat diketahui bahwa jumlah penduduk di Jawa Timur juga mengalami peningkatan secara teratur terutama dari tahun 2012 sampai tahun 2019. Hal tersebut sejalan dengan peningkatan konsumsi terhadap daging ayam dan telur ayam seperti yang telah dijelaskan pada latar belakang penelitian ini.

4.1.2 Diagram Input dan Output

Diagram input dan output merupakan suatu diagram yang dirancang untuk menjelaskan variabel-variabel dalam berdasarkan fungsinya dalam pengembangan model. Variabel-variabel tersebut tersebut diklasifikasikan menjadi variabel input dan variabel output.

Variabel input merupakan variabel yang menjadi input dalam model. Variabel input diklasifikasikan menjadi variabel input terkendali, yaitu variabel yang dapat dikendalikan dan variabel input tak terkendali, yaitu variabel yang tidak dapat dikendalikan. Sedangkan untuk variabel output diklasifikasikan menjadi variabel output yang diharapkan dan variabel output yang tidak diharapkan. Gambar 4.3 merupakan diagram input dan output pada penelitian ini.



Gambar 4. 3 Diagram Input dan Output

Pada diagram input dan output dapat diketahui bahwa variabel input terkendali meliputi jumlah DOC, baik ayam broiler maupun ayam petelur, kapasitas pabrik pakan dan jumlah lahan tanam jagung. Sedangkan variabel input tidak terkendali meliputi biaya produksi jagung, biaya produksi peternakan ayam broiler dan ayam petelur serta kematian pada ayam broiler dan ayam petelur. Selanjutnya untuk output yang diharapkan seperti ketersediaan jagung serta harga jagung dan harga pakan yang tepat. Sedangkan untuk output yang tidak diharapkan meliputi kondisi adanya kekurangan jagung, kekurangan jumlah petani dan kekurangan jumlah peternak ayam broiler dan ayam petelur.

4.1.3 Identifikasi Variabel

Variabel-variabel yang diidentifikasi merupakan variabel yang dapat memberikan pengaruh pada model. Identifikasi variabel akan dapat memudahkan pemahaman terhadap model yang dikembangkan. Dengan demikian identifikasi variabel dibagi ke dalam lima submodel, yaitu submodel petani jagung, submodel peternak ayam broiler, submodel pakan ternak ayam broiler, submodel peternak ayam petelur dan submodel pakan ayam petelur. Adapun identifikasi variabel akan dijelaskan dalam bentuk tabel beserta dengan definisi masing-masing variabel.

1. Identifikasi Variabel Submodel Petani Jagung

Variabel pada sub model petani jagung menggambarkan variabel-variabel petani jagung untuk memproduksi jagung. Jagung yang dihasilkan akan menjadi stok jagung yang akan dijual untuk kebutuhan produksi pakan ternak, khususnya ayam broiler dan ayam petelur. Tabel 4.3 merupakan variabel-variabel yang terdapat pada sub model petani jagung.

Tabel 4. 3 Variabel Submodel Petani Jagung

No.	Variabel	Definisi	Satuan	<i>Model Building</i>
1	<i>Corn stock</i>	Jumlah stok jagung	Ton	<i>Stock</i>
2	<i>Corn inflow</i>	Laju penambahan stok jagung per satuan waktu	Ton/month	<i>Flow</i>
3	<i>Corn outflow</i>	Laju pengurangan stok jagung per satuan waktu	Ton/month	<i>Flow</i>
4	<i>Corn import</i>	Jumlah impor jagung di Jawa Timur	Ton/month	<i>Converter</i>
5	<i>Corn eksport</i>	Jumlah ekspor jagung dari Jawa Timur	Ton/month	<i>Converter</i>
6	<i>Total corn demand</i>	Jumlah total permintaan jagung untuk pakan ternak	Ton/month	<i>Converter</i>
7	<i>Corn demand by population</i>	Jumlah permintaan jagung untuk kebutuhan pangan manusia	Ton/month	<i>Converter</i>
8	<i>Fodder corn production conversion</i>	Konversi produksi jagung ke pakan	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
9	<i>Corn production</i>	Jumlah produksi jagung	Ton/month	<i>Converter</i>
10	<i>Corn productivity</i>	Produktivitas jagung yaitu produksi per luas lahan	Ton/ha-month	<i>Converter</i>
11	<i>Number of seeds</i>	Jumlah bibit yang digunakan tiap penanaman	Ton/ha	<i>Converter</i>
12	<i>Seed conversion</i>	Konversi bibit jagung ke jumlah tanaman jagung	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
13	<i>Corn farmers ability</i>	Kemampuan petani dalam bertani jagung dalam sejumlah lahan	Ton/people-ha	<i>Converter</i>
14	<i>Failure rate</i>	Tingkat kegagalan panen jagung yang dialami petani	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
15	<i>Land area</i>	Luas lahan yang ditanami jagung	Ha	<i>Converter</i>
16	<i>Corn production cost</i>	Biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi jagung	Rupiah /month	<i>Converter</i>
17	<i>Land cost</i>	Biaya lahan yang ditanami jagung, misalnya biaya sewa lahan	Rupiah /month-ha	<i>Converter</i>
18	<i>Seeds cost</i>	Biaya bibit jagung yang akan ditanam	Rupiah /month-ha	<i>Converter</i>
19	<i>Worker cost</i>	Biaya tenaga kerja	Rupiah /month-ha	<i>Converter</i>
20	<i>Other cost</i>	Biaya lain-lain, meliputi biaya PBB, sewa alat pertanian, bahan bakar, retribusi, premi asuransi dan penyusutan	Rupiah /month-ha	<i>Converter</i>
21	<i>Agriculture service cost</i>	Biaya jasa pertanian	Rupiah /month-ha	<i>Converter</i>
22	<i>Welfare to corn farmers conversion</i>	Konversi kesejahteraan ke petani jagung	<i>People/month</i>	<i>Converter</i>
23	<i>Corn farmers</i>	Jumlah petani jagung	<i>People/month</i>	<i>Converter</i>
24	<i>Corn farmers trend</i>	Tren perubahan jumlah petani jagung	<i>People/month</i>	<i>Converter</i>

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
25	<i>Farmers conversion corn due to welfare</i>	Konversi petani jagung terhadap tingkat kesejahteraan	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
26	<i>Corn farmers welfare</i>	Kesejahteraan petani jagung	Rupiah /month	<i>Converter</i>
27	<i>Corn farmers gross income</i>	Pendapatan kotor petani jagung	Rupiah /month	<i>Converter</i>
28	<i>Corn selling price</i>	Harga jual jagung di produsen/di petani jagung	Rupiah /month	<i>Converter</i>
29	<i>Corn purchasing price</i>	Harga beli jagung di konsumen	Rupiah /month	<i>Converter</i>
30	<i>Corn consumption per capita</i>	Konsumsi jagung per kapita	Ton/month-people	<i>Converter</i>
31	<i>Demand change rate</i>	Tingkat perubahan demand	Ton/rupiah-people	<i>Converter</i>
32	<i>Fodder corn production conversion</i>	Konversi jagung ke pakan	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
33	<i>Feedmill capacity in East Java</i>	Kapasitas pabrik pakan di Jawa Timur	Ton/month	<i>Converter</i>

2. Identifikasi Variabel Submodel Pakan

Variabel pada sub model pakan menggambarkan variabel-variabel pakan yang dihasilkan oleh pabrik pakan di Jawa Timur. Adapun pakan-pakan tersebut terdiri dari lima jenis pakan mengikuti setiap jenis fase pertumbuhan ayam. Kelima pakan tersebut antara lain, pakan untuk ayam broiler *starter*, ayam broiler *finisher*, ayam petelur *starter*, ayam petelur *grower* dan ayam petelur *layer*. Pakan-pakan yang dihasilkan oleh pabrik pakan tersebut akan menjadi stok pakan yang akan kepada peternak ayam broiler dan peternak ayam petelur. Tabel 4.4 merupakan variabel-variabel yang terdapat pada submodel pakan.

Tabel 4. 4 Variabel Submodel Pakan

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
1	<i>Feedmill capacity East Java</i>	Kapasitas pabrik pakan di Jawa Timur	Ton/month	<i>Converter</i>
2	<i>Fodder stock</i>	Stok pakan ayam petelur <i>grower</i>	Ton	<i>Stock</i>
3	<i>Fodder inflow</i>	Laju pertambahan pakan ayam petelur	Ton/month	<i>Flow</i>

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
		<i>grower</i> per satuan waktu		
4	<i>Fodder outflow</i>	Laju pengurangan pakan ayam petelur <i>grower</i> per satuan waktu	Ton/month	Flow
5	<i>Fodder production proportion 1</i>	Proporsi produksi pakan untuk ayam petelur <i>grower</i> pada pabrik pakan	Unitless	Converter
6	<i>Grower laying hens consumption</i>	Konsumsi pakan ayam petelur <i>grower</i>	Ton/month	Converter
7	<i>Fodder price</i>	Harga pakan ayam petelur <i>grower</i>	Rupiah	Converter
8	<i>Price change rate</i>	Tingkat perubahan harga pakan ayam petelur <i>grower</i>	Rupiah /ton	Converter
9	<i>Fodder stock 2</i>	Stok pakan ayam petelur <i>layer</i>	Ton	Stock
10	<i>Fodder inflow 2</i>	Laju penambahan pakan ayam petelur <i>layer</i> per satuan waktu	Ton/month	Flow
11	<i>Fodder outflow 2</i>	Laju pengurangan pakan ayam petelur <i>layer</i> per satuan waktu	Ton/month	Flow
12	<i>Fodder production proportion 2</i>	Proporsi produksi pakan untuk ayam petelur <i>layer</i> pada pabrik pakan	Unitless	Converter
13	<i>Layer laying hens consumption</i>	Konsumsi pakan ayam petelur <i>layer</i>	Ton/month	Converter
14	<i>Fodder price 2</i>	Harga pakan ayam petelur <i>layer</i>	Rupiah	Converter
15	<i>Price change rate 2</i>	Tingkat perubahan harga pakan ayam petelur <i>layer</i>	Rupiah/ton	Converter
16	<i>Laying hens fodder production</i>	Produksi pakan untuk ayam petelur <i>layer</i>	Ton/month	Converter
17	<i>Fodder stock 3</i>	Stok pakan ayam petelur <i>starter</i>	Ton	Stock
18	<i>Fodder inflow 3</i>	Laju penambahan pakan ayam petelur <i>starter</i> per satuan waktu	Ton/month	Flow

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
19	<i>Fodder outflow 3</i>	Laju pengurangan pakan ayam petelur <i>starter</i> per satuan waktu	Ton/month	<i>Flow</i>
20	<i>Fodder production proportion 3</i>	Proporsi produksi pakan untuk ayam petelur <i>old</i> pada pabrik pakan	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
21	<i>Old laying hens consumption</i>	Konsumsi pakan ayam petelur <i>starter</i>	Ton/month	<i>Converter</i>
22	<i>DOC fodder production</i>	Jumlah produksi pakan untuk DOC	Ton/month	<i>Converter</i>
23	<i>Fodder price 3</i>	Harga pakan ayam petelur <i>starter</i>	Rupiah	<i>Converter</i>
24	<i>Price change rate 3</i>	Tingkat perubahan harga pakan ayam petelur <i>starter</i>	Rupiah /ton	<i>Converter</i>
25	<i>Fodder stock 4</i>	Stok pakan ayam broiler <i>finisher</i>	Ton	<i>Stock</i>
26	<i>Fodder inflow 4</i>	Laju penambahan pakan ayam broiler <i>finisher</i> per satuan waktu	Ton/month	<i>Flow</i>
27	<i>Fodder outflow 4</i>	Laju pengurangan pakan ayam broiler <i>finisher</i> per satuan waktu	Ton/month	<i>Flow</i>
28	<i>Fodder production proportion 4</i>	Proporsi produksi pakan untuk ayam broiler <i>finisher</i> pada pabrik pakan	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
29	<i>Starter laying hens consumption</i>	Konsumsi pakan ayam petelur <i>starter</i>	Ton/month	<i>Converter</i>
30	<i>Fodder price 4</i>	Harga pakan ayam broiler <i>finisher</i>	Rupiah	<i>Converter</i>
31	<i>Price change rate 4</i>	Tingkat perubahan harga pakan ayam broiler <i>finisher</i>	Rupiah /ton	<i>Converter</i>
32	<i>Broiler fodder production</i>	Produksi pakan untuk ayam broiler	Ton/month	<i>Converter</i>
33	<i>Fodder stock 5</i>	Jumlah stok pakan ayam broiler <i>starter</i>	Ton	<i>Stock</i>
34	<i>Fodder inflow 5</i>	Laju penambahan pakan ayam broiler <i>starter</i> per satuan waktu	Ton/month	<i>Flow</i>

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
35	<i>Fodder outflow 5</i>	Laju pengurangan pakan ayam broiler starter per satuan waktu	Ton/month	Flow
36	<i>Fodder production proportion 5</i>	Proporsi produksi pakan untuk ayam broiler starter pada pabrik pakan	Unitless	Converter
37	<i>Finisher broiler consumption</i>	Konsumsi pakan ayam broiler starter	Ton/month	Converter
38	<i>Fodder price 5</i>	Harga pakan ayam broiler starter	Rupiah	Converter
39	<i>Price change rate 5</i>	Tingkat perubahan harga pakan ayam broiler starter	Rupiah/ton	Converter

3. Identifikasi Variabel Submodel Peternak Ayam Broiler

Variabel pada submodel peternak ayam broiler menggambarkan variabel-variabel produksi ayam broiler oleh peternak ayam broiler di Jawa Timur. Ayam broiler yang dihasilkan akan menjadi daging ayam setelah mencapai masa pertumbuhan siap panen, atau yang dikenal dengan ayam broiler *finisher*. Selain itu stok daging ayam juga akan ditambah dengan daging ayam petelur *old*, yaitu ayam petelur yang telah melewati masa produktif untuk bertelur, sehingga yang dimanfaatkan adalah dagingnya. Tabel 4.5 merupakan variabel-variabel yang terdapat pada sub model peternak ayam broiler.

Tabel 4. 5 Variabel Submodel Peternak Ayam Broiler

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
1	<i>Starter broiler stock</i>	Jumlah stok ayam broiler starter	Chickens	Stock
2	<i>Starter broiler inflow</i>	Laju penambahan jumlah broiler starter per satuan waktu	Chickens/month	Flow
3	<i>Starter broiler outflow</i>	Laju pengurangan jumlah broiler starter per satuan waktu	Chickens/month	Flow
4	<i>DOC chicken</i>	Jumlah DOC ayam broiler	Chickens/month	Converter

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
5	<i>DOC per broiler farmer</i>	Jumlah DOC per peternak ayam broiler	<i>Chickens/people</i>	<i>Converter</i>
6	<i>Starter broiler consumption</i>	Konsumsi ayam broiler <i>starter</i>	<i>Ton/month</i>	<i>Converter</i>
7	<i>Consumption rate per chicken</i>	Tingkat konsumsi tiap ayam broiler	<i>Ton/chickens-month</i>	<i>Converter</i>
8	<i>Starter broiler death rate</i>	Tingkat kematian ayam broiler <i>starter</i>	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
9	<i>Time conversion</i>	Konversi waktu	<i>Month</i>	<i>Converter</i>
10	<i>Chicken farmers</i>	Jumlah peternak ayam broiler	<i>People/month</i>	<i>Converter</i>
11	<i>Chicken farmers trend</i>	Tren perubahan jumlah peternak ayam broiler	<i>People/month</i>	<i>Converter</i>
12	<i>Chicken farmers welfare</i>	Kesejahteraan peternak ayam broiler	<i>Rupiah/month</i>	<i>Converter</i>
13	<i>Welfare conversion to farmers</i>	Konversi kesejahteraan ke petani jagung	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
14	<i>Chicken farmers gross income</i>	Pendapatan kotor peternak ayam broiler	<i>Rupiah/month</i>	<i>Converter</i>
15	<i>Chicken farmers production cost</i>	Biaya produksi peternakan ayam broiler	<i>Rupiah/month</i>	<i>Converter</i>
16	<i>Chicken production trend</i>	Tren perubahan jumlah produksi ayam broiler	<i>Ton</i>	<i>Converter</i>
17	<i>Water cost 2</i>	Biaya air peternakan ayam broiler	<i>Rupiah/month-ton</i>	<i>Converter</i>
18	<i>Electricity cost 2</i>	Biaya listrik peternakan ayam broiler	<i>Rupiah/month-ton</i>	<i>Converter</i>
19	<i>Man power cost 2</i>	Biaya tenaga kerja peternakan ayam broiler	<i>Rupiah/month-ton</i>	<i>Converter</i>
20	<i>Fodder cost</i>	Biaya pakan peternakan ayam broiler	<i>Rupiah/month-ton</i>	<i>Converter</i>
21	<i>Cost conversion</i>	Konversi biaya pakan	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
22	<i>Finisher broiler consumption</i>	Konsumsi pakan ayam broiler <i>finisher</i>	Ton/month	<i>Converter</i>
23	<i>Fodder price 4</i>	Harga pakan ayam broiler <i>finisher</i>	Rupiah	<i>Converter</i>
24	<i>Fodder price 5</i>	Harga pakan ayam broiler <i>starter</i>	Rupiah	<i>Converter</i>
25	<i>Ton fodder price conversion</i>	Konversi harga pakan	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
26	<i>Starter broiler consumption</i>	Konsumsi pakan ayam broiler <i>starter</i>	Ton/month	<i>Converter</i>
27	<i>Vaccination cost 2</i>	Biaya vaksinasi peternakan ayam broiler	Rupiah/month-ton	<i>Converter</i>
28	<i>Others cost 2</i>	Biaya pengeluaran lain-lain peternakan ayam broiler	Rupiah/month-ton	<i>Converter</i>
29	<i>Finisher broiler stock</i>	Jumlah stok ayam broiler <i>finisher</i>	<i>Chickens</i>	<i>Converter</i>
30	<i>Finisher broiler inflow</i>	Laju pertambahan ayam broiler <i>finisher</i> per satuan waktu	<i>Chickens/month</i>	<i>Converter</i>
31	<i>Finisher broiler outflow</i>	Laju pertambahan ayam broiler <i>starter</i> per satuan waktu	<i>Chickens/month</i>	<i>Converter</i>
32	<i>Finisher broiler death rate</i>	Tingkat kematian ayam broiler <i>finisher</i>	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
33	<i>Finisher broiler consumption</i>	Konsumsi ayam broiler <i>finisher</i>	Ton/month	<i>Converter</i>
34	<i>Consumption rate per finisher broiler</i>	Tingkat konsumsi tiap ayam broiler <i>finisher</i>	Ton/chicken-month	<i>Converter</i>
35	<i>Chicken stock</i>	Jumlah stok daging ayam	Ton	<i>Converter</i>
36	<i>Chicken inflow</i>	Laju pertambahan daging ayam per satuan waktu	Ton/month	<i>Converter</i>
37	<i>Chicken outflow</i>	Laju pengurangan daging ayam per satuan waktu	Ton/month	<i>Converter</i>
38	<i>Broiler chicken mass conversion</i>	Konversi berat ayam broiler	Ton/chickens	<i>Converter</i>

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
39	<i>Old laying hens</i>	Jumlah ayam petelur <i>old</i>	<i>Chickens/month</i>	<i>Converter</i>
40	<i>Laying hens mass conversion</i>	Konversi berat ayam petelur <i>old</i>	<i>Ton/chickens</i>	<i>Converter</i>
41	<i>Chicken import</i>	Jumlah impor daging ayam antar provinsi	<i>Ton/month</i>	<i>Converter</i>
42	<i>Chicken eksport</i>	Jumlah ekspor daging ayam antar provinsi	<i>Ton/month</i>	<i>Converter</i>
43	<i>Demand data</i>	Data permintaan daging ayam broiler	<i>Ton/month</i>	<i>Converter</i>
44	<i>Chicken demand change rate</i>	Tingkat perubahan permintaan daging ayam broiler	<i>Ton/rupee</i>	<i>Converter</i>
45	<i>Chicken purchasing price</i>	Harga beli daging ayam di konsumen	<i>Rupiah/month</i>	<i>Converter</i>
46	<i>Selling to purchasing conversion</i>	Konversi harga jual daging ayam ke harga beli daging ayam	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
47	<i>Chicken selling price</i>	Harga jual daging ayam di produsen	<i>Rupiah/month</i>	<i>Converter</i>
48	<i>Price conversion</i>	Konversi harga daging ayam	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
49	<i>Consumption rate per finisher broiler</i>	Tingkat konsumsi per ayam broiler <i>finisher</i>	<i>Ton-chicken/month</i>	<i>Converter</i>

4. Identifikasi Variabel Submodel Peternak Ayam Petelur

Variabel pada sub model peternak ayam petelur menggambarkan variabel-variabel produksi telur ayam oleh peternak ayam petelur di Jawa Timur. Selanjutnya ayam petelur *old* atau ayam petelur yang sudah tidak produktif menghasilkan telur ayam akan dipanen untuk diambil dagingnya. Tabel 4.6 merupakan variabel-variabel yang terdapat pada submodel peternak ayam petelur.

Tabel 4. 6 Variabel Submodel Peternak Ayam Petelur

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
1	<i>Starter laying hens stock</i>	Jumlah stok ayam petelur <i>starter</i>	<i>Chickens</i>	<i>Stock</i>

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
2	<i>Starter laying hens inflow</i>	Laju penambahan ayam petelur <i>starter</i> per satuan waktu	<i>Chickens/month</i>	<i>Converter</i>
3	<i>Starter laying hens outflow</i>	Laju pengurangan ayam petelur <i>starter</i> per satuan waktu	<i>Chickens/month</i>	<i>Converter</i>
4	<i>Starter laying hens consumption</i>	Konsumsi ayam petelur <i>starter</i>	<i>Ton/month</i>	<i>Converter</i>
5	<i>Consumption rate per starter laying hens</i>	Tingkat konsumsi ayam petelur <i>starter</i>	<i>Ton/chickens-month</i>	<i>Converter</i>
6	<i>Time conversion</i>	Konversi waktu	<i>Month</i>	<i>Converter</i>
7	<i>Starter laying hens death rate</i>	Tingkat kematian ayam petelur <i>starter</i>	<i>Unitless</i>	
8	<i>DOC laying hens</i>	Jumlah DOC ayam petelur	<i>Chickens/month</i>	<i>Converter</i>
9	<i>DOC per farmer</i>	Jumlah DOC tiap peternak ayam petelur	<i>Chickens/people</i>	<i>Converter</i>
10	<i>DOC death rate</i>	Tingkat kematian DOC	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
11	<i>Laying hens farmers</i>	Jumlah peternak ayam petelur	<i>People/month</i>	<i>Converter</i>
12	<i>Laying hens farmers trend</i>	Tren perubahan jumlah peternak ayam petelur	<i>People/month</i>	<i>Converter</i>
13	<i>Farmers welfare conversion</i>	Konversi kesejahteraan peternak ayam petelur	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
14	<i>Laying hens farmers welfare</i>	Kesejahteraan peternak ayam petelur	<i>Rupiah/month</i>	<i>Converter</i>
15	<i>Laying hens farmers gross income</i>	Pendapatan kotor peternak ayam petelur	<i>Rupiah/month</i>	<i>Converter</i>
16	<i>Gross income conversion</i>	Konversi pendapatan kotor peternak ayam petelur	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
17	<i>Laying hens production cost</i>	Biaya produksi peternakan ayam petelur	<i>Rupiah/month</i>	<i>Converter</i>

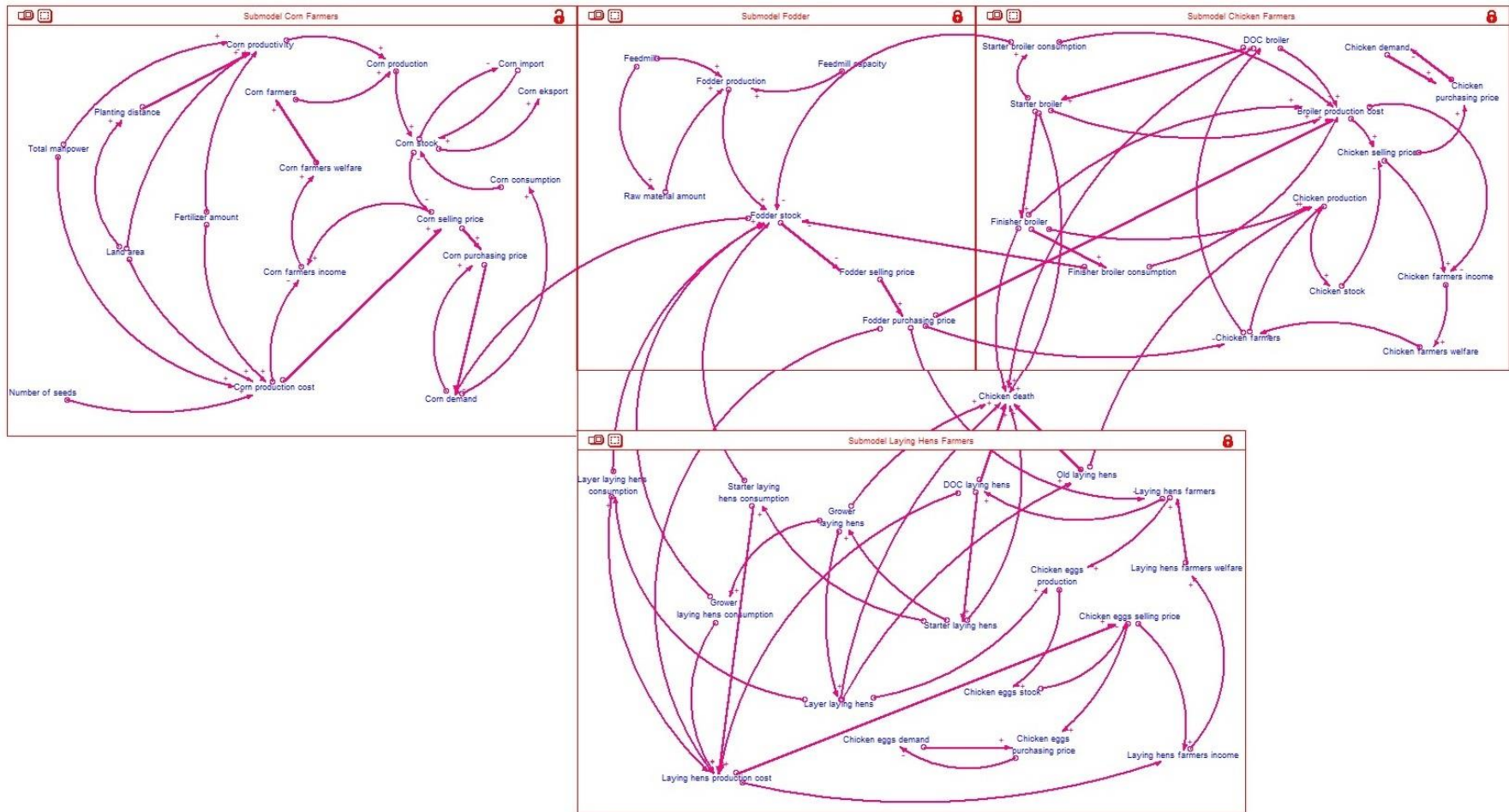
No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
18	<i>Man power cost</i>	Biaya tenaga kerja peternakan ayam petelur	Rupiah/month-ton	<i>Converter</i>
19	<i>Electricity cost</i>	Biaya listrik peternakan ayam petelur	Rupiah/month-ton	<i>Converter</i>
20	<i>Water cost</i>	Biaya air peternakan ayam petelur	Rupiah/month-ton	<i>Converter</i>
21	<i>Vaccination cost</i>	Biaya vaksinasi ayam petelur	Rupiah/month-ton	<i>Converter</i>
22	<i>Other cost</i>	Biaya pengeluaran lain-lain peternakan ayam petelur	Rupiah/month-ton	<i>Converter</i>
23	<i>Laying hens fodder cost</i>	Biaya pakan ayam petelur	Rupiah/month-ton	<i>Converter</i>
24	<i>Fodder price</i>	Biaya pakan ayam petelur <i>grower</i>	Rupiah	<i>Converter</i>
25	<i>Fodder price 2</i>	Biaya pakan ayam petelur <i>layer</i>	Rupiah	<i>Converter</i>
26	<i>Fodder price 3</i>	Biaya pakan ayam petelur <i>starter</i>	Rupiah	<i>Converter</i>
27	<i>Starter laying hens consumption</i>	Konsumsi ayam petelur <i>starter</i>	Ton/month	<i>Converter</i>
28	<i>Grower laying hens consumption</i>	Konsumsi ayam petelur <i>grower</i>	Ton/month	<i>Converter</i>
29	<i>Layer laying hens consumption</i>	Konsumsi ayam petelur <i>layer</i>	Ton/month	<i>Converter</i>
30	<i>Eggs production trend</i>	Tren perubahan produksi telur	Ton	<i>Converter</i>
31	<i>Grower laying hens stock</i>	Jumlah ayam petelur <i>grower</i>	<i>Chickens</i>	<i>Stock</i>
32	<i>Grower laying hens inflow</i>	Laju pertambahan ayam petelur <i>grower</i> per satuan waktu	<i>Chickens/month</i>	<i>Converter</i>
33	<i>Grower laying hens outflow</i>	Laju pengurangan ayam petelur <i>grower</i> per satuan waktu	<i>Chickens/month</i>	<i>Converter</i>
34	<i>Grower laying hens consumption</i>	Konsumsi ayam petelur <i>grower</i>	Ton/month	<i>Converter</i>

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
35	<i>Consumption rate per grower laying hens</i>	Tingkat konsumsi tiap ayam petelur grower	Ton/chickens-month	Converter
36	<i>Grower laying hens death rate</i>	Tingkat kematian ayam petelur grower	Unitless	Converter
37	<i>Layer laying hens stock</i>	Jumlah stok ayam petelur layer	Chickens	Converter
38	<i>Layer laying hens inflow</i>	Laju penambahan ayam petelur layer per satuan waktu	Chickens/month	Converter
39	<i>Layer laying hens outflow</i>	Laju pengurangan ayam petelur layer per satuan waktu	Chickens/month	Converter
40	<i>Layer laying hens consumption</i>	Konsumsi ayam petelur layer	Ton/month	Converter
41	<i>Consumption rate per layer laying hens</i>	Tingkat konsumsi tiap ayam petelur layer	Ton/chickens-month	Converter
42	<i>Layer laying hens death rate</i>	Tingkat kematian ayam petelur layer	Unitless	Converter
43	<i>Old laying hens</i>	Jumlah ayam petelur old	Chicken/month	Converter
44	<i>Chicken eggs stock</i>	Jumlah stok telur ayam	Ton	Stock
45	<i>Chicken eggs inflow</i>	Laju penambahan telur ayam per satuan waktu	Ton/month	Converter
46	<i>Chicken eggs outflow</i>	Laju pengurangan telur ayam per satuan waktu	Ton/month	Converter
47	<i>Eggs laying hens conversion</i>	Konversi ayam petelur ke telur ayam	Ton/chickens-month	Converter
48	<i>Chickens eggs export</i>	Jumlah ekspor telur ayam antar provinsi	Ton/month	Converter
49	<i>Chicken eggs demand</i>	Jumlah permintaan telur ayam	Ton/month	Converter
50	<i>Chicken eggs selling price</i>	Harga jual telur ayam di produsen	Rupiah/month	Converter
51	<i>Cost to selling price</i>	Konversi dari biaya produksi ke harga jual telur ayam	Unitless	Converter
52	<i>Chicken eggs purchasing price</i>	Harga beli telur ayam di konsumen	Rupiah/month	Converter

No.	Variabel	Definisi	Satuan	Model Building
53	<i>Sellig to purchasing</i>	Konversi harga jual telur ayam ke harga beli telur ayam	<i>Unitless</i>	<i>Converter</i>
54	<i>Chicken eggs demand</i>	Jumlah permintaan telur ayam	<i>Ton/month</i>	<i>Converter</i>
55	<i>Price to demand conversion</i>	Konversi harga telur ayam ke jumlah permintaan telur ayam	<i>Ton/rupiah</i>	<i>Converter</i>

4.1.4 Causal Loop Diagram

Causal loop diagram pada penelitian ini akan dibagi ke dalam empat sub model. Adapun submodel tersebut meliputi submodel petani jagung (*corn farmers*), *fodder*, peternak ayam broiler (*chicken farmers*) dan peternak ayam petelur (*laying hens farmers*). Pada *causal loop diagram* akan dapat dilihat interaksi sebab akibat antar variabel. Gambar 4.4 merupakan *causal loop diagram* secara keseluruhan.



Gambar 4. 4 Causal Loop Diagram

Pada *causal loop diagram* submodel *corn farmers* dapat dilihat terjadi interaksi antara produksi jagung dengan stok jagung. Apabila produksi jagung meningkat, maka jumlah stok jagung meningkat. Interaksi ini menunjukkan adanya hubungan positif antar variabel. Hubungan positif juga terlihat pada jumlah petani jagung dengan produksi jagung. Apabila jumlah petani jagung meningkat, maka jumlah produksi jagung meningkat. Berdasarkan *causal loop diagram* pada penelitian ini terdapat beberapa *reinforcing loop* dan *balancing loop* yang terjadi. Adapun *reinforcing loop* terjadi ketika terdapat *feedback looping* positif, sedangkan *balancing loop* terjadi ketika terdapat *feedback looping* negatif. Berikut merupakan daftar *feedback* yang terjadi pada *causal loop diagram* pada penelitian ini.

1) *Balancing loop 1:*

Corn production (+) → corn stock (+) → corn selling price (-) → corn farmers income (+) → corn farmers welfare (+) → corn farmers (+) → corn production (+).

2) *Balancing loop 2:*

Corn stock (+) → corn import (-) → corn stock (+).

3) *Balancing loop 3:*

Fodder stock (+) → fodder selling price (-) → fodder purchasing price (+) → chicken farmers (-) → DOC broiler (+) → starter broiler (+) → starter broiler consumption (+) → fodder stock (-).

4) *Balancing loop 4:*

Fodder stock (+) → fodder selling price (-) → fodder purchasing price (+) → chicken farmers (-) → DOC broiler (+) → starter broiler (+) → finisher broiler (+) → finisher broiler consumption (+) → fodder stock (-).

5) *Balancing loop 5:*

Chicken production (+) → chicken stock (+) → chicken selling price (-) → chicken farmers income (+) → chicken farmers welfare (+) → chicken farmers (+) → chicken production (+).

6) *Balancing loop 6:*

Chicken purchasing price (+) → chicken demand (-) → Chicken purchasing price (+).

7) *Reinforcing loop 2:*

Broiler production cost (+) → broiler selling price (+) → chicken farmers income (+) → chicken farmers welfare (+) → chicken farmers (+) → DOC broiler (+) → Broiler production cost (+).

8) *Balancing loop 7:*

Fodder stock (+) → fodder selling price (+) → fodder purchasing price (+) → laying hens farmers (+) → DOC laying hens (+) → starter laying hens (+) → starter laying hens consumption (+) → fodder stock (-).

9) *Balancing loop 8:*

Fodder stock (+) → fodder selling price (+) → fodder purchasing price (+) → laying hens farmers (+) → DOC laying hens (+) → starter laying hens (+) → grower laying hens (+) → grower laying hens consumption (+) → fodder stock (-).

10) *Balancing loop 9:*

Fodder stock (+) → fodder selling price (+) → fodder purchasing price (+) → laying hens farmers (+) → DOC laying hens (+) → starter laying hens (+) → grower laying hens (+) → layer laying hens → layer laying hens consumption (+) → fodder stock (-).

11) *Balancing loop 10:*

Chicken eggs production (+) → chicken eggs stock (+) → chicken eggs selling price (-) → laying hens farmers income (+) → laying hens farmers welfare (+) → laying hens farmers (+).

12) *Balancing loop 11:*

Chicken eggs purchasing price (-) → chicken eggs demand (+) → Chicken eggs purchasing price (+).

13) *Reinforcing loop 3:*

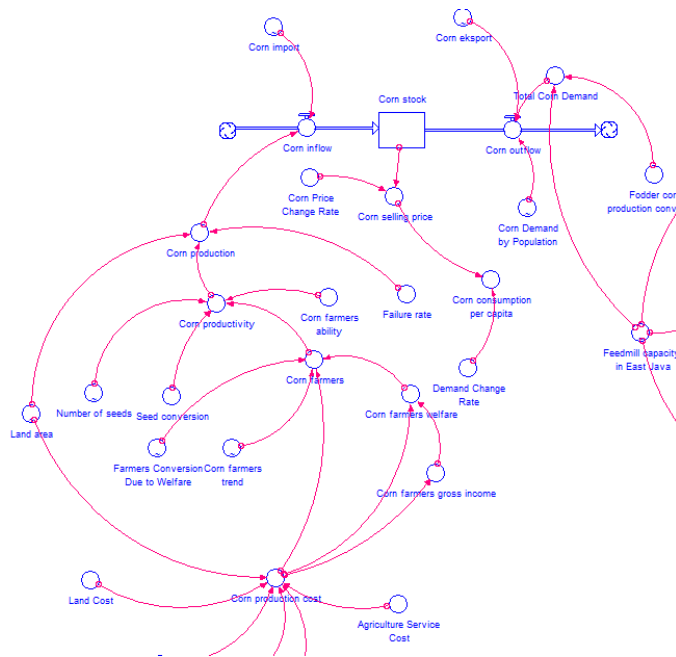
Laying hens production cost (+) → chicken eggs selling price (+) → laying hens farmers income (+) → laying hens farmers welfare (+) → laying hens farmers (+) → DOC laying hens (+) → laying hens production cost (+).

4.1.5 *Stock Flow Diagram*

Pembuatan *stock flow diagram* dilakukan sebagai penjelasan lebih lanjut dari penyusunan *causal loop diagram* sebelumnya. Pada *stock flow diagram* dirancang pengembangan model sesuai dengan *model building* yang meliputi *stock*, *flow* dan *converter*. Pada tiap *model building* akan diberikan suatu formula atau nilai konstan, beserta dengan satuannya. Pada penelitian ini, perancangan *stock flow diagram* akan dibagi ke dalam empat sub model, antara lain submodel petani jagung (*corn farmers*), pakan (*fodder*), peternak ayam broiler (*chicken farmers*) dan peternak ayam petelur (*laying hens farmers*). Berikut merupakan penjelasan lebih lanjut terkait perancangan *stock flow diagram* pada masing-masing submodel.

1. Submodel *Corn Farmers*

Pada submodel *corn farmers* akan digambarkan proses pertanian jagung dari penyediaan lahan, jumlah bibit yang diperlukan sampai dengan jagung siap dijual untuk kebutuhan pakan ternak dan konsumsi pangan. Selain itu submodel ini juga menggambarkan jumlah petani yang diperlukan untuk mengolah lahan tanam yang tersedia sampai dengan jumlah pendapatan yang akan diterima oleh petani jagung ketika musim panen. Sedangkan untuk stok jagung pada submodel ini akan dipengaruhi *inflow* jagung atau laju penambahan jagung dan *outflow* jagung atau laju pengurangan jagung. *Inflow* jagung dipengaruhi oleh jumlah produksi jagung dan jumlah impor jagung, sedangkan *outflow* jagung dipegaruhi oleh jumlah ekspor jagung dan *demand* jagung untuk konsumsi pangan dan pakan ternak. Gambar 4.5 merupakan *stock flow diagram submodel corn farmers*.



Gambar 4. 5 *Stock Flow Diagram Submodel Corn Farmers*

Perancangan *stock flow diagram* dilakukan dengan perancangan *model building* kemudian memberikan formulasi pada *model building*. Beberapa contoh formulasi pada submodel *corn farmers* seperti pada table 4.7 (selengkapnya di Lampiran).

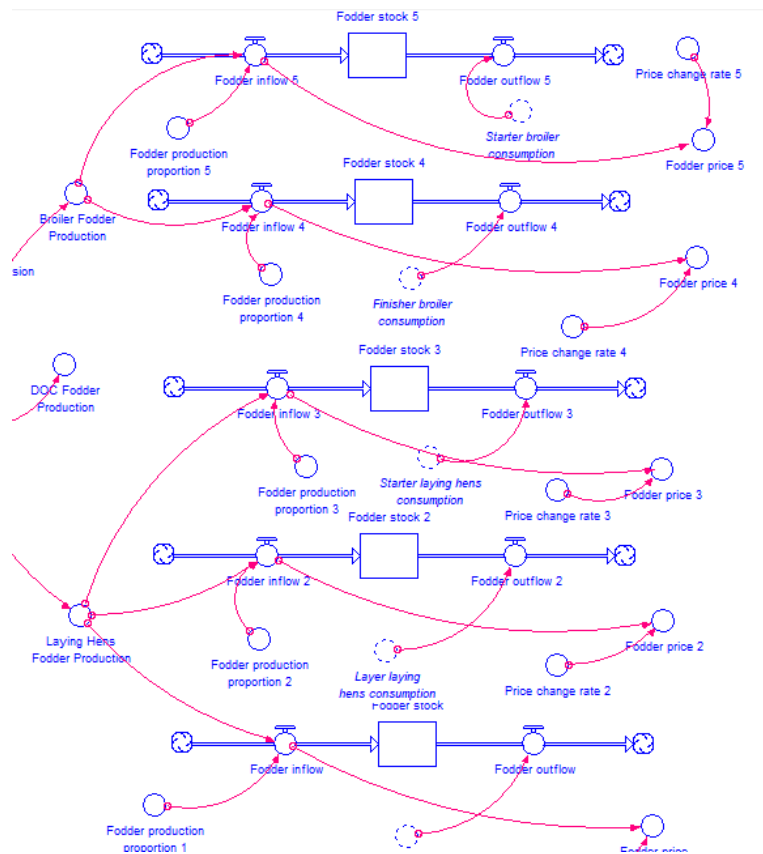
Tabel 4. 7 Formulasi pada *Submodel Corn Farmers*

No.	<i>Model Building</i>	Variabel	Formula
1	<i>Inflow</i>	<i>Corn inflow</i>	$Corn_production + Corn_import$
2	<i>Outflow</i>	<i>Corn outflow</i>	$Corn_eksport + Total_Corn_Demand + Corn_Demand_by_Population$
3	<i>Converter</i>	<i>Corn production</i>	$Corn_productivity * Land_area - Land_area * Corn_productivity * Failure_rate$
4	<i>Converter</i>	<i>Total corn demand</i>	$Fodder_corn_production_conversion * Feedmill_capacity_in_East_Java$
5	<i>Converter</i>	<i>Corn farmers gross income</i>	$Corn_production_cost + (Corn_production_cost * 0.398361697)$

Beberapa formulasi pada tabel 4.7 terdapat pada *stock flow diagram* submodel *corn farmers*. Pada submodel tersebut terdapat *corn inflow* yang merupakan laju peningkatan terhadap jumlah stok jagung yang dipengaruhi oleh jumlah impor jagung dan jumlah produksi jagung. Sedangkan untuk *corn outflow* merupakan laju pengurangan terhadap jumlah stok jagung dipengaruhi oleh jumlah ekspor jagung, *demand* yang dimanfaatkan untuk pakan ternak dan *demand* untuk konsumsi pangan manusia. Selain itu terdapat *model building converter* dengan variabel *corn production* merupakan jumlah produksi jagung. Jumlah produksi jagung dipengaruhi oleh produktivitas jagung, jumlah lahan tanam jagung dan tingkat kegagalan panen jagung. Kemudian untuk variabel *total corn demand* dengan *model building converter* merupakan jumlah jagung yang digunakan untuk pakan ternak, dan *corn farmers gross income* merupakan pendapatan kotor petani jagung yang dipengaruhi oleh biaya produksi jagung yang dikeluarkan oleh petani.

2. Submodel *Fodder*

Pada submodel *fodder* akan digambarkan proses produksi pakan ternak, khususnya untuk ternak ayam broiler dan ayam petelur. Pakan ternak akan diproduksi oleh *feedmill* dengan bahan baku utama adalah jagung. Jenis pakan ternak yang digambarkan dalam submodel *fodder* mengikuti dengan fase tumbuh tiap jenis ayam. Dengan demikian terdapat jenis pakan untuk ayam broiler *starter* dan *finisher* serta ayam petelur *starter*, *grower* dan *layer*. Kelima jenis pakan ini memiliki stok pakan yang dipengaruhi oleh *inflow* pakan atau laju peningkatan pakan dan *outflow* pakan atau laju pengurangan pakan. *Inflow* pakan dipengaruhi oleh jumlah produksi pakan, sedangkan *outflow* pakan dipengaruhi oleh tingkat konsumsi ayam. Selain menggambarkan stok pakan untuk tiap jenis fase pertumbuhan ayam, pada submodel ini juga akan menggambarkan harga pakan. Gambar 4.6 merupakan *stock flow diagram submodel fodder*.



Gambar 4. 6 Stock Flow Diagram Submodel Fodder

Perancangan *stock flow diagram* dilakukan dengan perancangan *model building* kemudian memberikan formulasi pada *model building*. Beberapa contoh formulasi pada submodel *fodder* seperti pada table 4.8 (selengkapnya di Lampiran).

Tabel 4. 8 Formulasi pada Submodel Corn Farmers

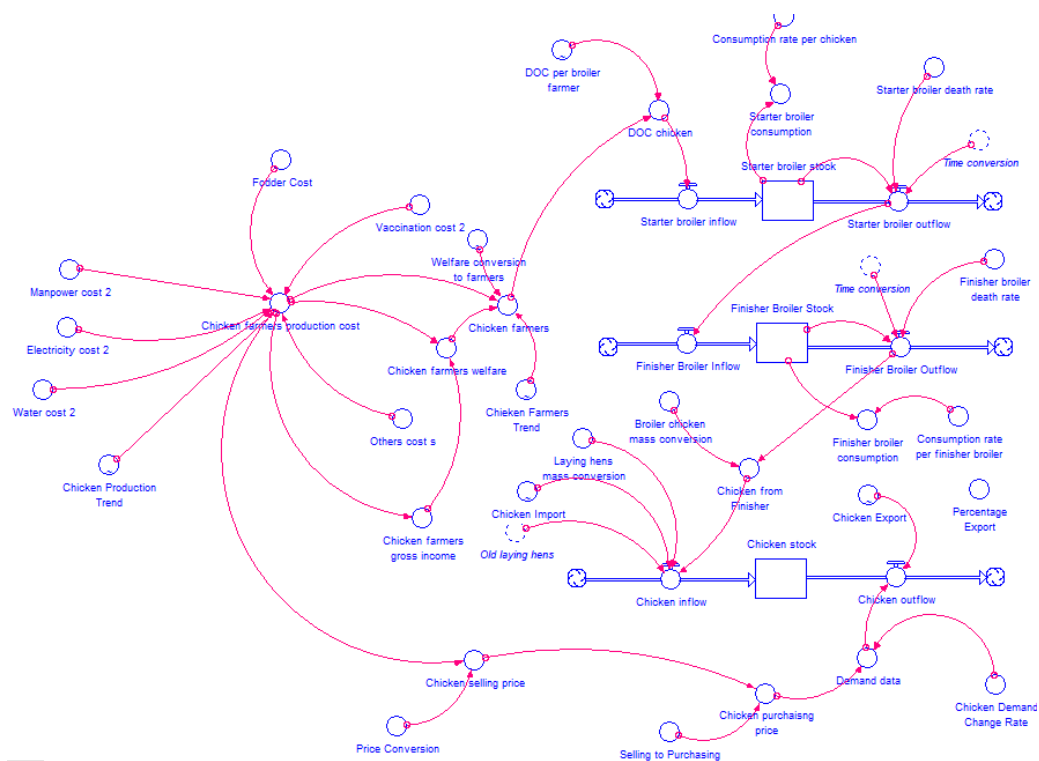
No.	Model Building	Variabel	Formula
1	Inflow	Fodder inflow 5	$Fodder_production_proportion_5$ $*Broiler_Fodder_Production$
2	Outflow	Fodder outflow 5	$Starter_broiler_consumption$
3	Converter	Broiler fodder production	$0.5*Feedmill_capacity_in_East_Java$

No.	Model Building	Variabel	Formula
4	Converter	Fodder production proportion 5	$Fodder_corn_production_conversion * Feedmill_capacity_in_East_Java$

Beberapa formulasi pada tabel 4.8 terdapat pada *stock flow diagram* submodel *fodder*. Pada submodel tersebut terdapat *fodder inflow 5* yang merupakan laju peningkatan terhadap jumlah stok pakan ayam broiler *starter* yang dipengaruhi oleh jumlah produksi pakan ayam broiler. Sedangkan untuk *fodder outflow 5* merupakan laju pengurangan terhadap jumlah stok pakan ayam broiler *starter* dipengaruhi oleh tingkat konsumsi ayam broiler *starter*. Selain itu terdapat *model building converter* dengan variabel *broiler fodder production* merupakan jumlah produksi pakan ayam broiler yang akan mempengaruhi *inflow* stok pakan ayam broiler *starter* dan ayam broiler *finisher*. Jumlah produksi pakan ayam broiler dipengaruhi kapasitas produksi feedmill di Jawa Timur, di mana kapasitas produksi pakan ayam broiler setengah dari total kapasitas produksi pakan di Jawa Timur. Kemudian untuk variabel *fodder production proportion 5* dengan *model building converter* merupakan proporsi pakan ayam broiler *starter* dalam kapasitas *feedmill* di Jawa Timur.

3. Submodel *Chicken Farmers*

Pada submodel *chicken farmers* akan digambarkan proses peternakan ayam broiler dari biaya produksi peternakan sampai dengan ayam broiler siap dipanen menjadi daging ayam. Selain itu submodel ini juga menggambarkan jumlah peternak ayam broiler yang diperlukan untuk beternak ayam broiler, serta harga memperhatikan harga jual dan harga beli daging ayam. Sedangkan untuk stok pada submodel ini terdiri dari tiga jenis stok, yaitu stok ayam broiler *starter*, stok ayam broiler *finisher* dan stok daging ayam. *Inflow* dari ayam broiler *starter* dipengaruhi oleh jumlah DOC ayam broiler, sedangkan *outflow* ayam broiler *starter* dipengaruhi tingkat kematian ayam broiler *starter*. Gambar 4.7 merupakan *stock flow diagram submodel chicken farmers*.



Gambar 4. 7 Stock Flow Diagram Submodel Chicken Farmers

Perancangan *stock flow diagram* dilakukan dengan perancangan *model building* kemudian memberikan formulasi pada *model building*. Beberapa contoh formulasi pada submodel *chicken farmers* seperti pada tabel 4.9 (selengkapnya di Lampiran).

Tabel 4. 9 Formulasi pada Submodel Chicken Farmers

No.	Model Building	Variabel	Formula
1	Inflow	Starter broiler inflow	$DOC_chicken$
2	Outflow	Starter broiler outflow	$DELAY(Starter_broiler_stock$ $*Time_conversion-Starter_broiler_stock$ $*Time_conversion$ $*Starter_broiler_death_rate,0.7)$
3	Converter	DOC chicken	$DOC_per_broiler_farmer$ $*Chicken_farmers$

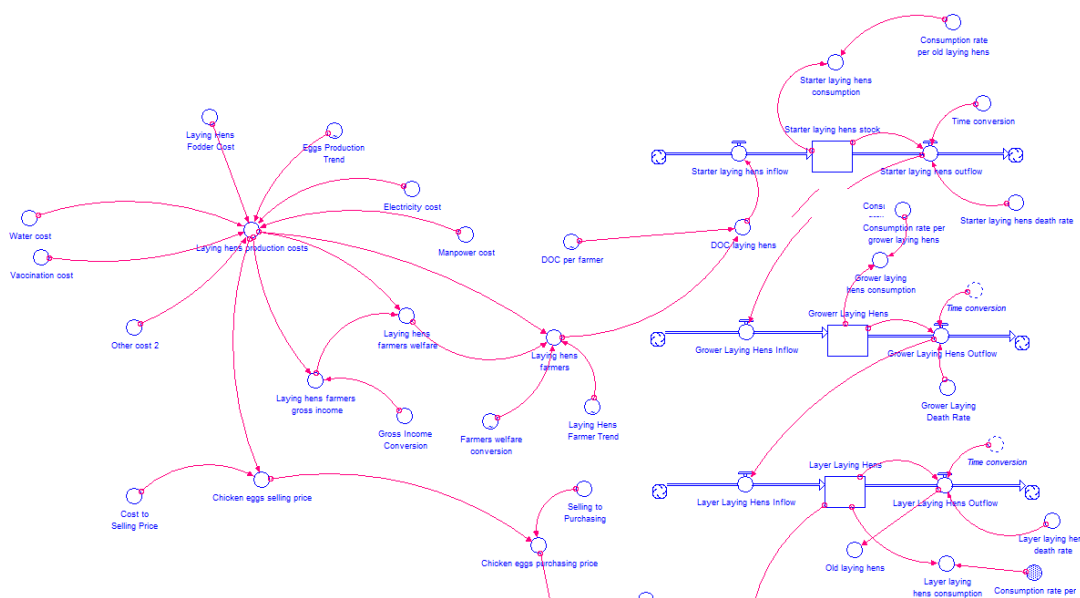
No.	Model Building	Variabel	Formula
4	Converter	Chicken farmers production cost	$(Electricity_cost_2 + Fodder_Cost + Manpower_cost_2 + Others_cost_s + Vaccination_cost_2 + Water_cost_2) * Chicken_Production_Trend$
5	Converter	Chicken farmers gross income	$Chicken_farmers_production_cost / 0.72$
6	Converter	Chicken farmers welfare	$Chicken_farmers_gross_income - Chicken_farmers_production_cost$

Beberapa formulasi pada tabel 4.9 terdapat pada *stock flow diagram* submodel *chicken farmers*. Pada submodel tersebut terdapat *starter broiler inflow* yaitu laju peningkatan terhadap jumlah stok ayam broiler *starter* yang dipengaruhi oleh jumlah DOC ayam broiler. Sedangkan untuk *starter broiler outflow* yaitu laju pengurangan terhadap jumlah stok ayam broiler *starter* yang dipengaruhi pertumbuhan fase ayam broiler *starter* menuju fase ayam broiler *finisher* dan tingkat kematian ayam broiler *starter*. Selain itu terdapat *model building converter* dengan variabel DOC *chicken* yaitu jumlah bibit ayam broiler yang akan dipelihara. Jumlah DOC *chicken* dipengaruhi oleh jumlah DOC *chicken* pada tiap peternak dan jumlah peternak ayam broiler di Jawa Timur. Kemudian untuk variabel *chicken farmers production cost* dengan *model building converter* merupakan biaya produksi untuk beternak ayam broiler, yang terdiri dari biaya pakan, listrik, air, vaksinasi, tenaga kerja, dan tren produksi ayam. Selanjutnya *chicken farmers gross income* merupakan pendapatan kotor peternak ayam broiler yang dipengaruhi oleh biaya produksi ayam broiler yang dikeluarkan oleh peternak ayam broiler, dan *chicken farmers welfare* merupakan kesejahteraan peternak ayam broiler yang dilihat dari pendapatan bersih peternak ayam broiler.

4. Submodel *Laying Hens Farmers*

Pada submodel *laying hens farmers* akan digambarkan proses peternakan ayam petelur dari biaya produksi peternakan sampai dengan ayam petelur menghasilkan telur dan melewati masa produktif bertelur. Selain itu submodel ini

juga menggambarkan jumlah peternak ayam petelur yang diperlukan untuk beternak ayam petelur, serta memperhatikan harga jual dan harga beli telur ayam. Sedangkan untuk stok pada submodel ini terdiri dari empat jenis stok, yaitu stok ayam petelur *starter*, stok ayam petelur *grower*, stok ayam petelur *layer* dan stok telur ayam. Adapun *inflow* dari ayam petelur *starter* dipengaruhi oleh jumlah DOC ayam petelur, sedangkan *outflow* ayam petelur *starter* dipegaruhi tingkat kematian ayam petelur *starter*. Gambar 4.8 merupakan *stock flow diagram submodel laying hens farmers*.



Gambar 4. 8 *Stock Flow Diagram Submodel Laying Hens Farmers*

Perancangan *stock flow diagram* dilakukan dengan perancangan *model building* kemudian memberikan formulasi pada *model building*. Beberapa contoh formulasi pada submodel *laying hens farmers* seperti pada tabel 4.10 (selengkapnya di Lampiran).

Tabel 4. 10 Formulasi pada *Submodel Laying Hens Farmers*

No.	<i>Model Building</i>	Variabel	Formula
1	<i>Inflow</i>	<i>Starter laying hens inflow</i>	<i>DOC_laying hens</i>
2	<i>Outflow</i>	<i>Starter laying hens outflow</i>	<i>DELAY(Starter_laying_hens_stock</i>

No.	Model Building	Variabel	Formula
			<i>*Time_conversion- Starter_laying_hens_stock *Time_conversion *Starter_laying_hens_death_rate,2)</i>
3	Converter	DOC laying hens	<i>DOC_per_farmer *Laying_hens__farmers *Chicken_farmers</i>
4	Converter	Laying hens farmers production cost	<i>(Electricity_cost +Laying_Hens_Fodder_Cost +Manpower_cost +Other_cost_2 +Vaccination_cost +Water_cost) *Eggs_Production__Trend</i>
5	Converter	Laying hens farmers gross income	<i>Laying_hens_production_costs +Laying_hens_production_costs *Gross_Income_Conversion</i>
6	Converter	Laying hens farmers welfare	<i>Laying_hens_farmers__gross_income- Laying_hens_production_costs</i>

Beberapa formulasi pada tabel 4.10 terdapat pada *stock flow diagram* submodel *laying hens farmers*. Pada submodel tersebut terdapat *starter laying hens inflow* yaitu laju peningkatan terhadap jumlah stok ayam petelur *starter* yang dipengaruhi oleh jumlah DOC ayam petelur. Sedangkan untuk *starter laying hens outflow* yaitu laju pengurangan terhadap jumlah stok ayam petelur *starter* yang dipengaruhi pertumbuhan fase ayam petelur *starter* menuju fase ayam petelur *grower* dan tingkat kematian ayam petelur *starter*. Selain itu terdapat *model building converter* dengan variabel *DOC laying hens* yaitu jumlah bibit ayam petelur yang akan dipelihara. Jumlah *DOC laying hens* dipengaruhi oleh jumlah *DOC laying hens* pada tiap peternak dan jumlah peternak ayam petelur di Jawa

Timur. Kemudian untuk variabel *laying hens farmers production cost* dengan *model building converter* merupakan biaya produksi untuk beternak ayam petelur, yang terdiri dari biaya pakan, listrik, air, vaksinasi, tenaga kerja, dan tren produksi telur ayam. Selanjutnya *laying hens farmers gross income* merupakan pendapatan kotor peternak ayam petelur yang dipengaruhi oleh biaya produksi ayam petelur yang dikeluarkan oleh peternak ayam petelur, dan *laying hens farmers welfare* merupakan kesejahteraan peternak ayam petelur yang dilihat dari pendapatan bersih peternak ayam petelur.

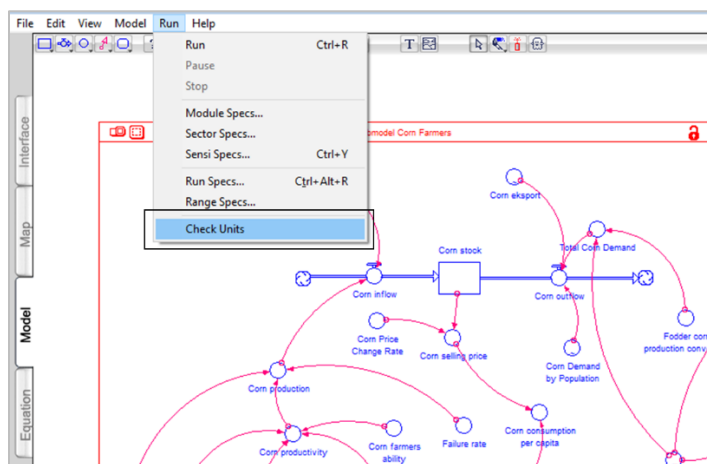
4.2 Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan untuk mengoreksi kesesuaian antara teori dan model simulasi. Adapun cara untuk memastikan kesesuaian tersebut dengan melakukan *check unit* dan *check error*. Verifikasi dengan *check unit* dan *check error* dapat dilakukan dengan *software* STELLA 9.1.3 melalui uji konsistensi model pada menu *run*.

4.2.1 Check Units

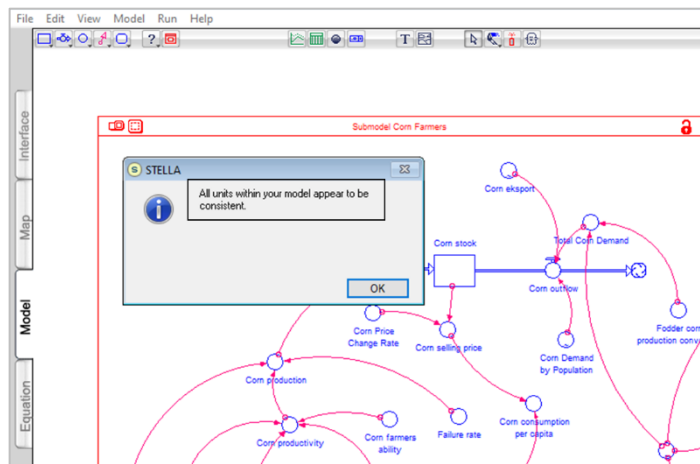
Berikut tahap verifikasi model pada *software* STELLA 9.1.3 melalui *check units*.

- 1) Klik menu *run*, kemudian pilih *check units*.



Gambar 4. 9 Melakukan *check units* pada *software* STELLA 9.1.3

- 2) Apabila muncul keterangan "*all units within your model appear to be consistent*" maka model dinyatakan telah terverifikasi.

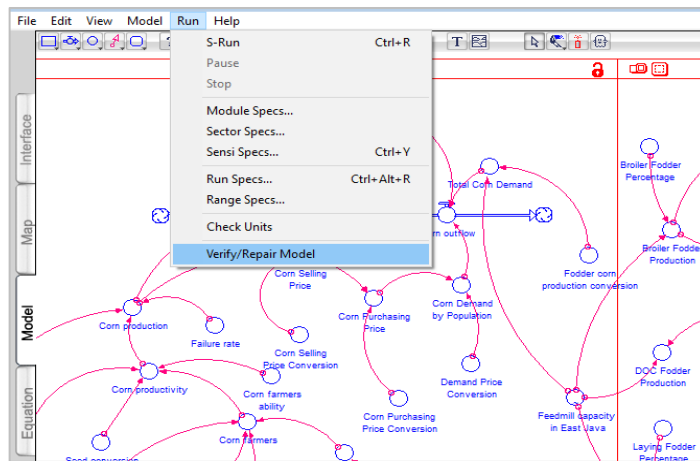


Gambar 4. 10 Hasil *check units* pada *software* STELLA 9.1.3

4.2.2 Check Error

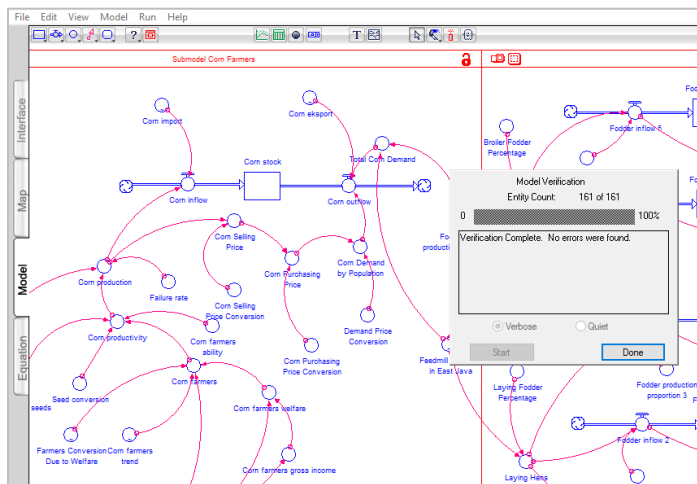
Berikut tahap verifikasi model pada *software* STELLA 9.1.3 melalui *check error*.

- 1) Klik menu *run*, kemudian pilih *verify/repair model*.



Gambar 4. 11 Melakukan *check error* pada *software* STELLA 9.1.3

- 2) Apabila muncul keterangan "*Verification Complete. No error were found*" maka tidak ditemukan *error* pada model.



Gambar 4. 12 Hasil *check error* pada software STELLA 9.1.3

4.3 Validasi Model

Pada penelitian ini akan dilakukan lima jenis validasi sesuai dengan tujuannya masing-masing. Adapun kelima jenis validasi tersebut antara lain *boundary adequacy test* (uji kecukupan batasan), *structure assessment test* (uji struktur model), *parameter assessment test* (uji parameter model), *extreme condition test* (uji kondisi ekstrim) dan *mean comparison test* (uji perbandingan rata-rata).

4.3.1 *Boundary Adequacy Test* (Uji Kecukupan Batasan)

Boundary adequacy test atau uji kecukupan batasan model bertujuan untuk menguji perubahan perilaku model terhadap variabel yang berkaitan dengan model. Pada pengujian ini dilihat pengaruh variabel-variabel terhadap model. Apabila terdapat variabel yang tidak cukup memberikan dampak signifikan terhadap model maka variabel tersebut dapat dikeluarkan dari model (Stermann, 2000). Pengujian ini bersifat subjektif dan tergantung pada tujuan model, ketika tujuan model berubah, maka batas model ikut berubah.

Pengujian ini dapat dilakukan melalui pemeriksaan langsung terhadap persamaan model, melakukan wawancara untuk meminta pendapat ahli, studi literatur serta inspeksi atau partisipasi langsung dalam proses sistem. Wawancara dilakukan dengan pihak Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Jawa Timur, pihak di Dinas Peternakan Jawa Timur, beberapa petani dan peternak di Jawa Timur dan

pihak dari pabrik pakan. Adapun tujuan model ini adalah untuk mengetahui kecukupan jagung dengan memperhatikan harga jual jagung, sehingga pada penelitian ini dilakukan pembatasan model ketika melakukan pengujian variabel yang terdapat pada model. Hasil pengujian variabel menunjukkan bahwa model telah menjawab tujuan model melalui pengaruh variabel-variabel dalam model.

4.3.2 Structure Assessment Test (Uji Struktur Model)

Pengujian ini bertujuan untuk melihat kesesuaian antara struktur model dengan struktur sistem nyata (Azar, 2012). Pengujian ini juga untuk melihat kekonsistenan struktur model dengan struktur sistem nyata yang dapat dilakukan dengan diagram struktur kebijakan, *causal loop diagram*, pemetaan *stock flow diagram* dan inspeksi langsung persamaan model, termasuk melakukan wawancara untuk meminta pendapat ahli (Stermann, 2000).

Pada pengujian ini validitas model dilakukan dengan studi literatur terkait logika pada *causal loop diagram* dan formulasi matematis pada *stock flow diagram*, serta hasil *brainstorming* dengan beberapa pihak yang terlibat. Hasil dari pengujian tersebut telah sesuai dengan studi literatur dan pihak yang terlibat antara lain pihak Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Jawa Timur, pihak di Dinas Peternakan Jawa Timur, beberapa petani dan peternak di Jawa Timur dan pihak dari pabrik pakan, sehingga model dinyatakan valid secara kualitatif.

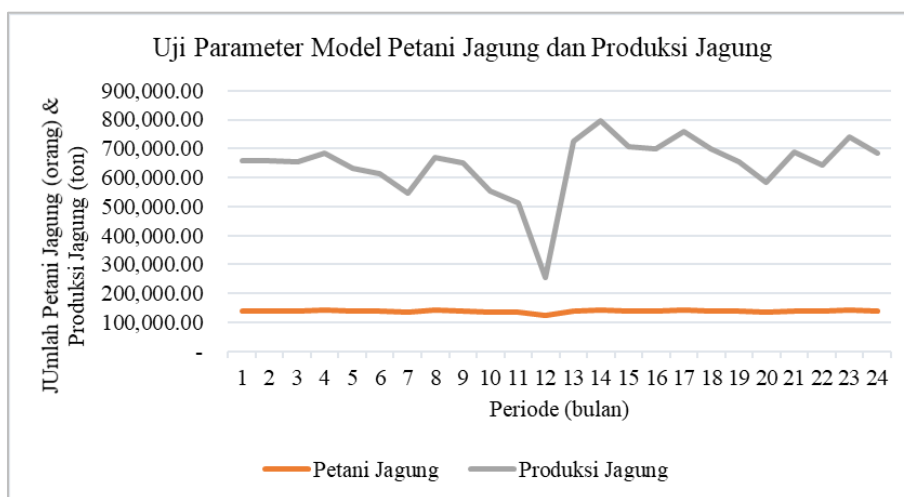
4.3.3 Parameter Assessment Test (Uji Parameter Model)

Pengujian ini dilakukan dengan validasi kelogisan antar variabel yang dapat dilihat dari pemeriksaan terhadap semua logika pada sistem yang dapat dilihat dari hubungan *causal* antar variabel, baik hubungan *causal* positif maupun *causal* negatif, yaitu misalnya pada *causal* positif, apabila suatu nilai variabel mengalami peningkatan, maka variabel yang lain akan mengalami peningkatan.

Pada penelitian inti pengujian ini dilakukan beberapa uji parameter model, baik yang digambarkan dengan adanya hubungan *causal positif* maupun *causal negatif*. Berikut merupakan beberapa uji parameter model pada penelitian ini.

1) Uji Parameter Model Petani Jagung dan Produksi Jagung

Pada uji parameter ini akan diuji variabel petani jagung dan produksi jagung. Logika aktual dari dua variabel tersebut adalah ketika jumlah petani meningkat maka jumlah produksi jagung akan meningkat. Logika tersebut akan dibandingkan dengan hasil simulasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.13.



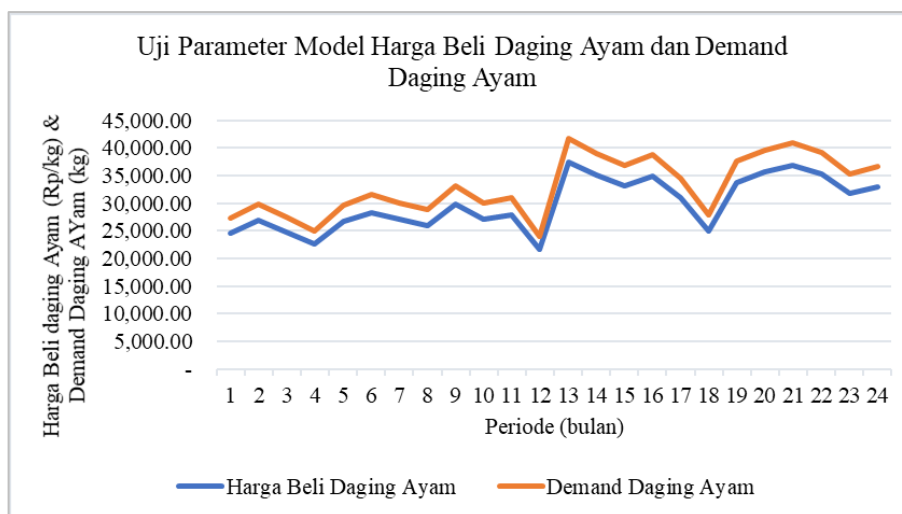
Gambar 4. 13 Uji Parameter Model Petani Jagung dan Produksi Jagung

Berdasarkan gambar 4.13 dapat dilihat bahwa hasil simulasi mengikuti logika aktual, di mana terdapat hubungan *causal positive* antara jumlah petani jagung (grafik berwarna *orange*) dengan jumlah produksi jagung (grafik berwarna abu-abu), meskipun terdapat satu periode yaitu periode 12 hasil simulasi produksi jagung tiba-tiba mengalami penurunan secara signifikan, namun secara keseluruhan pola tersebut menunjukkan hubungan *causal positive*. Hubungan positif ini ditandai dengan apabila jumlah petani meningkat, maka jumlah produksi jagung meningkat, dan apabila jumlah petani menurun maka jumlah produksi jagung akan menurun.

2) Uji Parameter Model Harga Beli Daging Ayam dan *Demand* Daging Ayam

Uji parameter berikutnya dilakukan pada variabel *chicken purchasing price* atau harga beli daging ayam dengan *demand data* atau *demand* terhadap daging ayam. Logika aktual dari dua variabel tersebut adalah ketika harga beli daging ayam meningkat maka *demand* terhadap daging ayam akan menurun, dan apabila harga beli daging ayam menurun, maka *demand* terhadap telur ayam akan

meningkat. Logika tersebut akan dibandingkan dengan hasil simulasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.14.



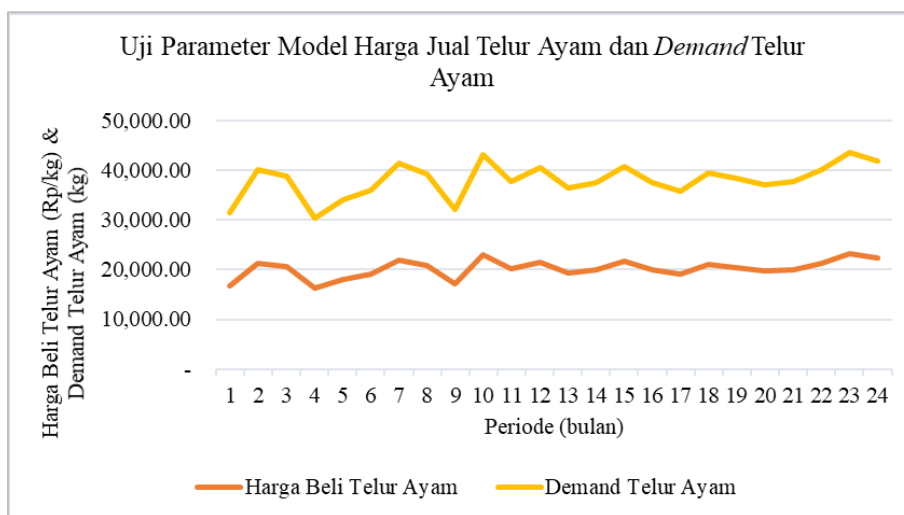
Gambar 4. 14 Uji Parameter Model Harga Beli Daging Ayam dan *Demand* Daging Ayam

Pada gambar 4.14 dapat dilihat bahwa hasil simulasi tidak mengikuti logika aktual, di mana terdapat hubungan *causal positive* antara *chicken purchasing price* atau harga beli daging ayam (grafik berwarna biru) dengan *demand data* atau *demand* terhadap daging ayam (grafik berwarna orange). Hubungan positif ini ditandai dengan apabila harga beli daging ayam meningkat, maka jumlah *demand* telur ayam ikut meningkat, dan apabila harga beli daging ayam menurun maka jumlah *demand* daging ayam akan meningkat. Hal ini dapat terjadi karena ada faktor lain yang mempengaruhi kecenderungan masyarakat untuk tetap membeli daging ayam meskipun harganya mengalami kenaikan, misalnya hari raya. Selain itu, daging ayam merupakan salah satu sumber protein hewani pengganti daging sapi yang harganya lebih rendah dari daging sapi.

3) Uji Parameter Model Harga Beli Telur Ayam dan *Demand* Telur Ayam

Uji parameter model juga dilakukan pada variabel *chicken eggs purchasing price* atau harga beli telur ayam dengan *demand data* atau *demand* terhadap telur ayam. Logika aktual dari dua variabel tersebut adalah ketika harga beli telur ayam meningkat maka *demand* terhadap daging ayam akan menurun, dan

apabila harga beli telur ayam menurun, maka *demand* terhadap telur ayam akan meningkat. Logika tersebut akan dibandingkan dengan hasil simulasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Uji Parameter Model Harga Jual Telur Ayam dan *Demand* Telur Ayam

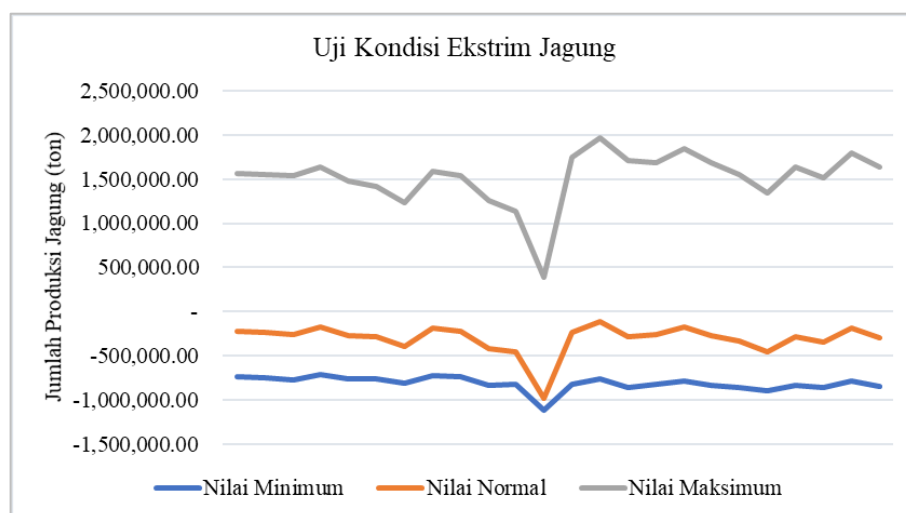
Pada gambar 4.15 dapat dilihat bahwa hasil simulasi telah mengikuti logika aktual, di mana terdapat hubungan *causal positive* antara *chicken eggs purchasing price* atau harga beli telur ayam (grafik berwarna *orange*) dengan *demand data* atau *demand* terhadap telur ayam (grafik berwarna kuning). Hubungan positif ini ditandai dengan apabila harga beli telur ayam meningkat, maka jumlah *demand* telur ayam ikut meningkat, dan apabila harga beli telur ayam menurun maka jumlah *demand* telur ayam akan menurun. Kondisi ini dapat terjadi seperti halnya dengan harga beli daging ayam dengan *demand* daging ayam yang tidak mengikuti logika aktual, di mana apabila ada kenaikan harga, terdapat kenaikan *demand*. Hal ini dapat terjadi ketika terdapat hari raya dan selain itu, telur ayam yang juga merupakan salah satu sumber protein hewani tidak hanya digunakan untuk bahan masakan, melainkan juga digunakan oleh industri roti dan kue yang tidak dapat disubstitusi dengan bahan lain.

4.3.4 Extreme Condition Test (Uji Kondisi Ekstrim)

Pengujian kondisi ekstrim bertujuan untuk menguji kemampuan fungsi model dalam kondisi ekstrim, yaitu memberikan input variabel dengan nilai ekstrim terkecil atau nilai ekstrim terbesar. Pada penelitian ini, uji ekstrim dilakukan pada hasil produksi jagung, produksi daging ayam, produksi telur ayam dan proporsi pakan ternak.

1) Uji Kondisi Ekstrim Jagung

Nilai input yang akan diubah pada uji kondisi ekstrim komoditas jagung adalah jumlah bibit jagung per petani terhadap hasil produksi jagung. Berikut pada gambar 4.16 merupakan hasil uji ekstrim pada jagung.



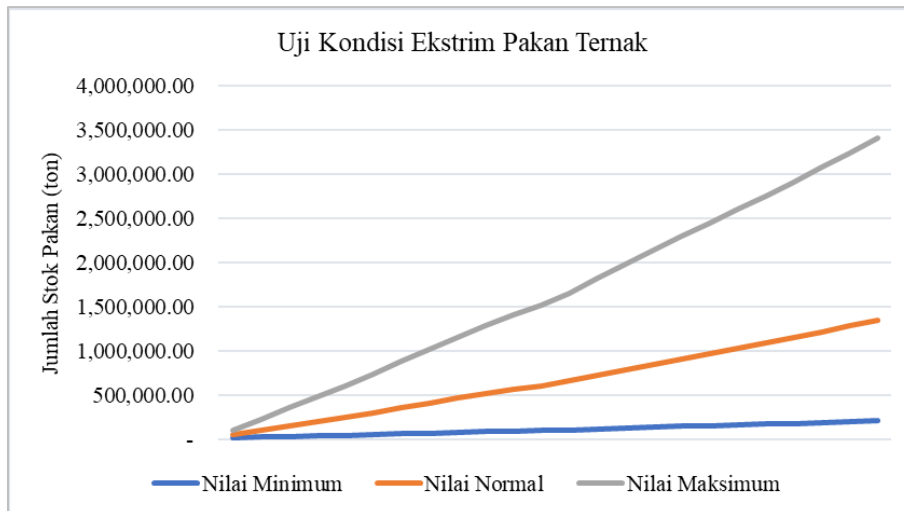
Gambar 4. 16 Uji Kondisi Ekstrim Jagung

Nilai input minimum yang diberikan adalah 5,849 benih (grafik berwarna biru), nilai normal adalah 10,849 benih (grafik berwarna *orange*) dan nilai maksimum adalah 15,849 benih (grafik berwarna abu-abu). Pada gambar 4.16 terlihat bahwa grafik menunjukkan pola yang sama. Berdasarkan pola perilaku tersebut maka model dinyatakan valid karena telah berfungsi sesuai dengan logika ketika menghadapi kondisi ekstrim.

2) Uji Kondisi Ekstrim Pakan

Pada uji kondisi ekstrim pakan ternak akan dilakukan perubahan nilai input pada proporsi pakan ternak ayam petelur *starter* terhadap jumlah stok pakan ayam

petelur *starter*. Berikut pada gambar 4.17 merupakan hasil uji ekstrim pada pakan ternak ayam petelur *starter*.

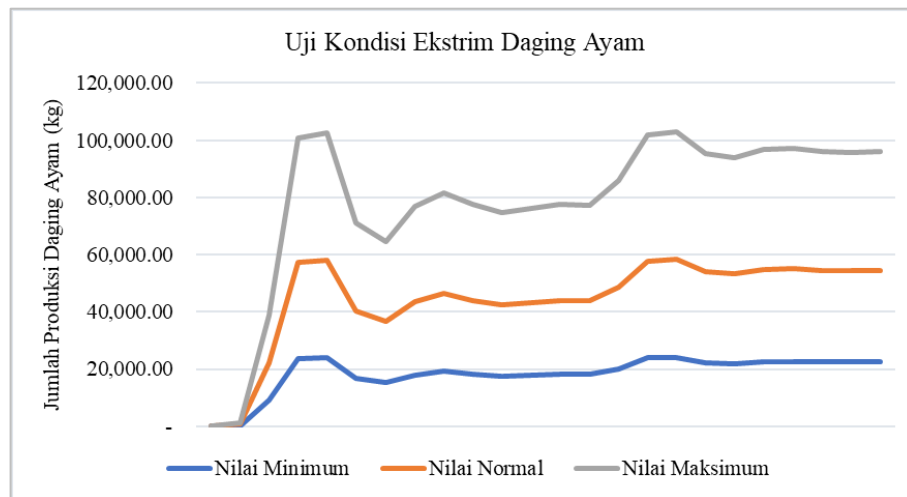


Gambar 4. 17 Uji Kondisi Ekstrim Pakan Ternak

Masing-masing nilai input untuk proporsi pakan ayam petelur *starter* antara lain, nilai input minimum adalah 0,05 (grafik berwarna biru), nilai normal adalah 0,25 (grafik berwarna *orange*) dan nilai maksimum adalah 0,45 (grafik berwarna ab-abu). Berdasarkan pola perilaku ketiga grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa model dinyatakan valid karena telah berfungsi sesuai dengan logika ketika menghadapi kondisi ekstrim, yaitu pola grafik menunjukkan pola perilaku yang sama.

3) Uji Kondisi Ekstrim Daging Ayam

Uji kondisi ekstrim daging ayam adalah jumlah DOC per peternak daging ayam terhadap hasil produksi daging ayam. Berikut pada gambar 4.18 merupakan hasil uji ekstrim pada daging ayam.

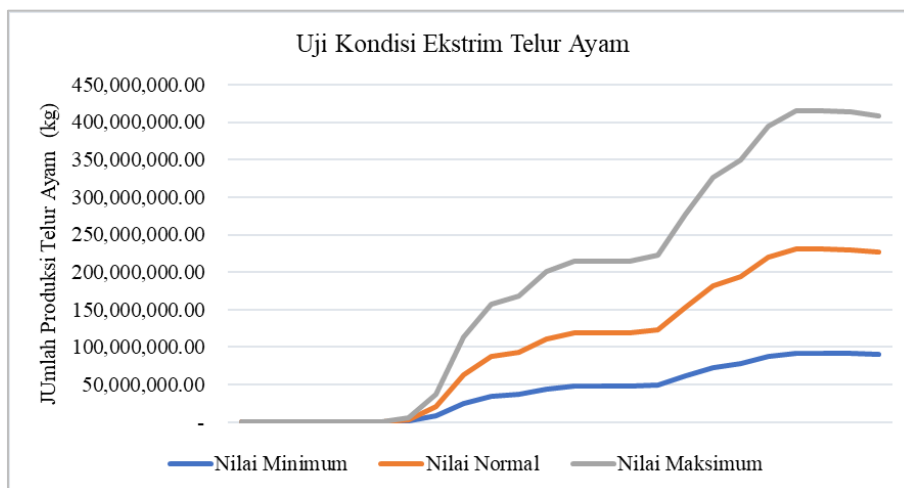


Gambar 4. 18 Uji Kondisi Ekstrim Daging Ayam

Pada uji kondisi ekstrim daging ayam diberikan nilai input minimum jumlah DOC per peternak ayam adalah 1,181 ekor (grafik berwarna biru), nilai normal adalah 1,681 ekor (grafik berwarna *orange*) dan nilai maksimum adalah 2,181 ekor (grafik berwarna abu-abu). Pada gambar 4.18 terlihat bahwa grafik menunjukkan pola perilaku yang sama, yaitu telah berfungsi sesuai dengan logika ketika menghadapi kondisi ekstrim. Berdasarkan kondisi tersebut, maka telah dinyatakan valid.

4) Uji Kondisi Ekstrim Telur Ayam

Pada uji kondisi ekstrim telur ayam akan dilakukan perubahan nilai input pada DOC ayam petelur terhadap jumlah produksi telur ayam. Berikut pada gambar 4.19 merupakan hasil uji ekstrim pada telur ayam.



Gambar 4. 19 Uji Kondisi Ekstrim Telur Ayam

Adapun masing-masing nilai input untuk jumlah DOC per peternak ayam petelur antara lain, nilai minimum sejumlah 2,008 ekor (grafik berwarna biru), nilai normal 3,008 (grafik berwarna *orange*) dan nilai maksimum 4,008 (grafik berwarna abu-abu). Berdasarkan pola ketiga grafik pada gambar 4.19, dapat disimpulkan bahwa model dinyatakan valid, dikarenakan pola perilaku grafik menunjukkan pola yang sama ketika menghadapi kondisi ekstrim.

4.3.5 Mean Comparison Test (Uji Perbandingan Rata-rata)

Pengujian ini dilakukan dengan menghitung persentase *mean error* antara data 86ctual dengan data hitung atau hasil simulasi, pada pengujian ini apabila nilai *error* <5%, maka model dinyatakan valid (Barlas, 1996), nilai *error* 5% sampai 10%, maka model dikategorikan cukup tepat dan apabila nilai *error* >10%, maka model dikategorikan tidak tepat (Morecroft, 2015; Muhammadi, Aminullah & Soesilo, 2001). Berikut merupakan perhitungan uji perbandingan rata-rata pada produksi jagung, produksi pakan, harga pakan, jumlah petani dan jumlah peternak.

1. Uji Perbandingan Rata-rata Jagung

Pada tabel 4.11 merupakan hasil uji perbandingan rata-rata proyeksi produksi jagung selama 24 periode.

Tabel 4. 11 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Produksi Jagung

Bulan	Jumlah Aktual	Jumlah Simulasi	Error	Bulan	Jumlah Aktual	Jumlah Simulasi	Error
1	701.618,44	519.354,57	25,98%	13	645.440,33	583.556,07	9,59%
2	696.701,76	517.025,14	25,79%	14	695.502,94	654.735,73	5,86%
3	698.333,70	514.025,20	26,39%	15	824.232,65	568.774,28	30,99%
4	762.596,09	543.770,67	28,69%	16	99.405,10	560.160,31	29,93%
5	566.903,74	492.595,63	13,11%	17	166.203,80	615.898,05	27,57%
6	434.082,80	474.163,35	9,23%	18	397.076,32	560.189,64	41,08%
7	427.207,75	410.870,64	3,82%	19	663.187,04	516.458,94	22,12%
8	435.055,79	530.125,24	21,85%	20	647.001,95	446.357,28	31,01%
9	446.731,70	512.259,47	14,67%	21	588.098,65	547.362,72	6,93%
10	448.464,04	418.538,53	6,67%	22	645.766,83	504.290,92	21,91%
11	473.763,02	378.310,39	20,15%	23	483.641,85	600.243,70	24,11%
12	448.541,17	129.680,33	71,09%	24	695.755,93	544.663,04	21,72%
Rata-rata Error							32,64%

Hasil uji perbandingan rata-rata pada produksi jagung menunjukkan bahwa hasil perhitungan perbandingan rata-rata data aktual dengan hasil simulasi untuk produksi jagung adalah 32,64% atau berada di *range* >10%, sehingga model dapat dikatakan tidak valid. Hal ini terjadi dikarenakan pada simulasi bulanan tidak terdapat perubahan jumlah lahan yang signifikan, baik penambahan lahan ataupun reduksi lahan. Sehingga dengan jumlah lahan yang cenderung konstan namun produksi jagung berfluktuasi mengikuti musim panen jagung, terutama bulan Maret-April.

2. Uji Perbandingan rata-rata Harga Jual Jagung

Berikut tabel 4.12 merupakan hasil uji perbandingan rata-rata harga jual jagung atau harga jagung di tingkat petani.

Tabel 4. 12 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Harga Jual Jagung

Bulan	Harga Aktual	Harga Simulasi	Error	Bulan	Harga Aktual	Harga Simulasi	Error
1	Rp3.861,80	Rp3.386,22	12,315%	13	Rp5.130,10	Rp3.804,81	25,834%
2	Rp3.439,30	Rp3.371,03	1,985%	14	Rp4.316,91	Rp4.268,91	1,112%
3	Rp3.289,22	Rp3.351,47	1,893%	15	Rp4.484,08	Rp3.708,44	17,298%
4	Rp3.161,38	Rp3.545,41	12,148%	16	Rp4.589,27	Rp3.652,27	20,417%

Bulan	Harga Aktual	Harga Simulasi	Error	Bulan	Harga Aktual	Harga Simulasi	Error
5	Rp3.185,72	Rp3.211,75	0,817%	17	Rp4.070,59	Rp4.015,68	1,349%
6	Rp3.529,84	Rp3.091,57	12,416%	18	Rp4.194,81	Rp3.652,46	12,929%
7	Rp3.518,27	Rp2.678,90	23,857%	19	Rp3.934,83	Rp3.367,34	14,422%
8	Rp3.565,45	Rp3.456,44	3,057%	20	Rp4.029,17	Rp2.910,27	27,770%
9	Rp4.025,88	Rp3.339,96	17,038%	21	Rp4.063,77	Rp3.568,83	12,179%
10	Rp4.371,32	Rp2.728,89	37,573%	22	Rp3.988,66	Rp3.288,00	17,566%
11	Rp4.653,08	Rp2.466,60	46,990%	23	Rp3.944,17	Rp3.913,62	0,775%
12	Rp4.973,49	Rp845,52	82,999%	24	Rp4.160,49	Rp3.551,23	14,644%
Rata-rata Error							17,474%

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa hasil perhitungan perbandingan rata-rata data aktual dengan hasil simulasi untuk harga jual jagung adalah 17,474% atau berada di *range* >10%, sehingga model dapat dikatakan tidak valid. Hal ini terjadi dikarenakan terdapat perubahan yang sangat cepat pada harga jual jagung dari hari ke hari. Dikarenakan simulasi dijalankan dalam periode bulanan sehingga meningkatkan fluktuasi yang terjadi.

3. Uji Perbandingan Rata-rata pada Pakan

Salah satu uji perbandingan rata-rata pada pakan adalah pada harga pakan. Tabel 4.13 merupakan hasil uji perbandingan rata-rata harga pakan ayam petelur *layer* (per kg).

Tabel 4. 13 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Harga Pakan

Bulan	Harga Aktual	Harga Simulasi	Error	Bulan	Harga Aktual	Harga Simulasi	Error
1	Rp3.939,62	Rp3.913,55	0,662%	13	Rp4.724,10	Rp4.823,84	2,111%
2	Rp3.908,26	Rp3.752,16	3,994%	14	Rp4.696,23	Rp4.830,53	2,860%
3	Rp4.012,31	Rp4.291,52	6,959%	15	Rp4.788,72	Rp4.785,07	0,076%
4	Rp3.934,75	Rp3.893,19	1,056%	16	Rp4.719,77	Rp4.853,83	2,840%
5	Rp3.869,82	Rp3.939,52	1,801%	17	Rp4.662,06	Rp4.710,25	1,034%
6	Rp4.013,22	Rp4.298,50	7,109%	18	Rp4.789,53	Rp4.752,46	0,774%
7	Rp4.110,81	Rp4.084,85	0,632%	19	Rp4.876,28	Rp4.785,18	1,868%
8	Rp4.215,36	Rp4.039,89	4,163%	20	Rp4.969,21	Rp4.787,97	3,647%
9	Rp3.883,45	Rp4.145,81	6,756%	21	Rp4.674,18	Rp4.944,20	5,777%
10	Rp4.065,81	Rp3.822,90	5,974%	22	Rp4.836,28	Rp4.853,59	0,358%
11	Rp4.017,15	Rp3.931,49	2,132%	23	Rp4.793,02	Rp5.018,07	4,695%
12	Rp3.994,97	Rp3.703,45	7,297%	24	Rp4.773,31	Rp5.097,12	6,784%

Bulan	Harga Aktual	Harga Simulasi	Error	Bulan	Harga Aktual	Harga Simulasi	Error
Rata-rata Error							3,390%

Berdasarkan perhitungan perbandingan rata-rata data aktual dengan hasil simulasi untuk harga pakan ayam petelur *layer* (per kg), diperoleh nilai 3,390%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa *error* kurang dari 5%, sehingga model dapat dikatakan valid.

4. Uji Perbandingan Rata-rata Petani Jagung

Berikut tabel 4.14 merupakan hasil merupakan hasil uji perbandingan rata-rata jumlah petani jagung.

Tabel 4. 14 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Petani Jagung

Bulan	Jumlah Aktual (orang)	Jumlah Simulasi (orang)	Error	Bulan	Jumlah Aktual (orang)	Jumlah Simulasi (orang)	Error
1	141.395	140.264	0,8001%	13	142.423	140.429	1,3998%
2	141.826	139.982	1,3001%	14	143.260	142.830	0,3001%
3	142.551	139.557	2,1003%	15	143.484	139.466	2,7999%
4	141.440	141.299	0,1002%	16	141.756	139.771	1,4001%
5	141.377	139.115	1,6003%	17	142.606	141.608	0,6999%
6	140.494	138.668	1,2997%	18	142.175	139.616	1,7998%
7	139.774	136.140	2,5998%	19	141.109	138.287	2,0003%
8	141.128	140.846	0,1999%	20	139.936	135.878	2,8998%
9	140.979	140.133	0,6001%	21	141.595	139.329	1,6003%
10	141.308	135.938	3,001%	22	140.641	137.969	1,8998%
11	139.303	134.845	3,1999%	23	141.764	141.339	0,2997%
12	140.955	123.477	12,3997%	24	141.937	139.098	1,9999%
Rata-rata Error							2,0458%

Tabel 4.14 menunjukkan bahwa hasil perhitungan perbandingan rata-rata data aktual dengan hasil simulasi untuk jumlah petani jagung diperoleh nilai 2,0458% atau kurang dari 5%, sehingga model dapat dikatakan valid.

5. Uji Perbandingan Rata-rata pada Peternak Ayam Broiler

Berikut tabel 4.15 merupakan hasil merupakan hasil uji perbandingan rata-rata jumlah peternak ayam broiler.

Tabel 4. 15 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Peternak Ayam Broiler

Bulan	Jumlah Aktual	Jumlah Simulasi	Error	Bulan	Jumlah Aktual	Jumlah Simulasi	Error
1	10.020	10.007	0,1252%	13	12.577	12.508	0,5512%
2	10.060	10.050	0,0986%	14	12.595	12.526	0,5480%
3	10.010	9.951	0,5917%	15	12.607	12.538	0,5525%
4	10.004	10.000	0,0351%	16	12.681	12.611	0,5539%
5	10.054	9.964	0,9045%	17	12.687	12.617	0,5469%
6	10.076	10.012	0,6417%	18	12.605	12.536	0,5502%
7	10.062	10.026	0,3608%	19	12.559	12.490	0,5469%
8	10.032	9.958	0,7425%	20	12.652	12.582	0,5485%
9	10.082	10.001	0,8039%	21	12.550	12.481	0,5517%
10	10.067	10.029	0,3754%	22	12.598	12.529	0,5516%
11	10.069	10.007	0,6163%	23	12.677	12.607	0,5484%
12	10.004	9.949	0,5465%	24	12.607	12.538	0,5481%
Rata-rata Error							0,5183%

Tabel 4.15 menunjukkan bahwa hasil perhitungan perbandingan rata-rata data aktual dengan hasil simulasi untuk jumlah peternak ayam broiler adalah 0,5183% atau kurang dari 5%, sehingga model dapat dikatakan valid.

6. Uji Perbandingan Rata-rata pada Peternak Ayam Petelur

Berikut tabel 4.16 merupakan hasil merupakan hasil uji perbandingan rata-rata jumlah peternak ayam petelur.

Tabel 4. 16 Hasil Uji Perbandingan rata-rata Peternak Ayam Petelur

Bulan	Jumlah Aktual	Jumlah Simulasi	Error	Bulan	Jumlah Aktual	Jumlah Simulasi	Error
1	1.361	1.331	2,2303%	13	1.412	1.330	5,7712%
2	1.439	1.399	2,8188%	14	1.429	1.346	5,8115%
3	1.410	1.230	12,8093%	15	1.461	1.376	5,7862%
4	1.355	1.218	10,1318%	16	1.427	1.344	5,8078%
5	1.392	1.185	14,8918%	17	1.404	1.323	5,8057%
6	1.400	1.189	15,0942%	18	1.444	1.360	5,8085%
7	1.446	1.419	1,8809%	19	1.444	1.360	5,8118%
8	1.431	1.318	7,9160%	20	1.415	1.333	5,8218%
9	1.382	1.197	13,3980%	21	1.442	1.358	5,8317%
10	1.447	1.250	13,5894%	22	1.454	1.370	5,8238%
11	1.404	1.289	8,1765%	23	1.466	1.381	5,8078%

Bulan	Jumlah Aktual	Jumlah Simulasi	Error	Bulan	Jumlah Aktual	Jumlah Simulasi	Error
12	1.445	1.361	5,7675%	24	1.464	1.379	5,7779%
Rata-rata <i>Error</i>							7,4321%

Tabel 4.16 menunjukkan bahwa hasil perhitungan perbandingan rata-rata data aktual dengan hasil simulasi untuk jumlah peternak ayam petelur adalah 7,4321% atau berada di *range* 5%-10% sehingga model dapat dikatakan cukup valid.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI

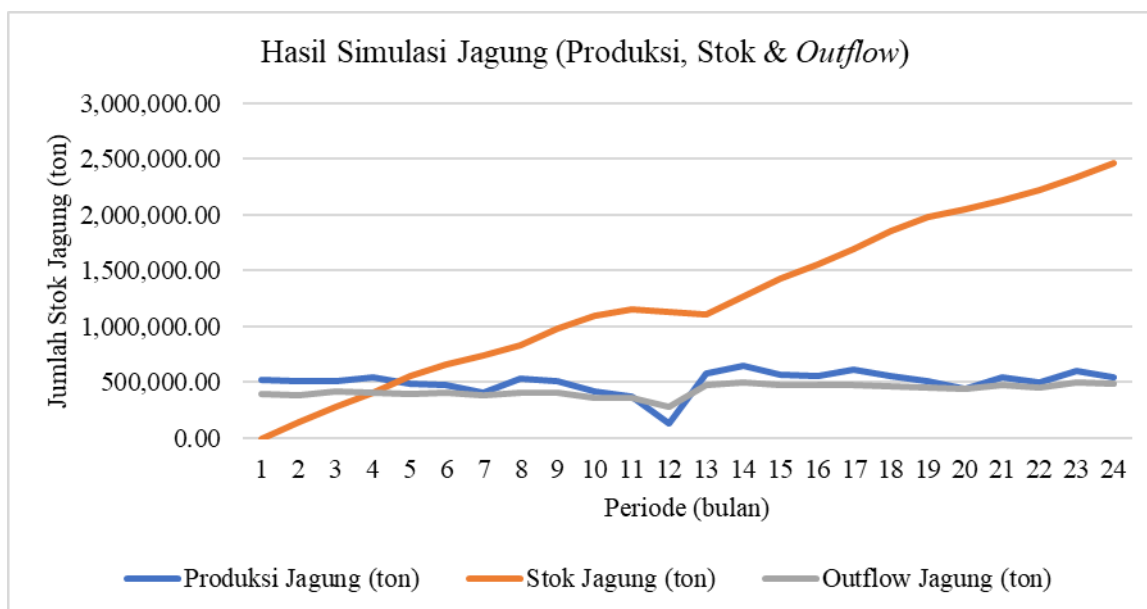
Pada bab analisis dan interpretasi terdapat analisis untuk hasil penelitian pada kondisi *existing*, kemudian dilakukan perancangan skenario berdasarkan hasil simulasi beserta interpretasi atas skenario yang dihasilkan.

5.1 Hasil Simulasi Kondisi *Existing*

Hasil simulasi dapat diketahui setelah model terverifikasi dan tervalidasi. Adapun hasil simulasi meliputi proyeksi terkait komoditas jagung, pakan ternak dan daging ayam serta telur ayam serta kesejahteraan petani jagung dan peternak ayam.. Pada submodel tersebut juga akan diprediksi terkait harga dan jumlah petani serta jumlah peternak ayam broiler dan ayam petelur. Pada penelitian ini model akan disimulasikan dalam waktu 24 bulan atau 24 periode dari bulan Januari 2021 sampai dengan bulan Desember 2022 Apabila simulasi dijalankan lebih dari 24 periode dikhawatirkan akan mengurangi akurasi hasil simulasi. Hal ini dikarenakan fluktuasi yang tinggi pada harga komoditas yang dapat mempengaruhi jumlah pendapatan petani dan peternak.

5.1.1 Hasil Simulasi Jagung

Pada hasil simulasi jagung yang akan ditampilkan pada laporan antara lain terkait dengan jumlah produksi jagung, stok jagung, *outflow* jagung (*demand* untuk pangan, pabrik pakan dan ekspor), jumlah petani, harga jual dan harga beli jagung selama 24 periode. Gambar 5.1 merupakan hasil simulasi komoditas jagung yang terdiri dari jumlah produksi, stok jagung dan *outflow* jagung. Sedangkan gambar 5.2 merupakan hasil simulasi komoditas jagung yang terdiri dari jumlah petani jagung, harga jual jagung dan harga beli jagung.



Gambar 5. 1 Hasil Simulasi Jagung (Produksi, Stok & *Outflow*)

Pada gambar 5.1 dapat dilihat hasil simulasi komoditas jagung yang terdiri dari produksi jagung (grafik berwarna biru), stok jagung (grafik berwarna *orange*) dan *outflow* jagung (grafik berwarna abu-abu) selama 24 periode. Berdasarkan hasil tersebut, jumlah *outflow* jagung dapat diikuti dengan produksi jagung, dan terjadi peningkatan produksi pada bulan-bulan tertentu, dikarenakan pada bulan tersebut merupakan puncak panen jagung di Jawa Timur, misalnya pada bulan Maret dan April. Selanjutnya, untuk stok jagung sendiri juga terus mengalami peningkatan. Lebih lanjut, pada tabel 5.1 dijelaskan hasil simulasi komoditas jagung.

Tabel 5. 1 Hasil Simulasi Jagung (Produksi, Stok & *Outflow*)

Bulan	Produksi Jagung (ton)	Stok Jagung (ton)	<i>Outflow</i> Jagung (ton)
1	519.354,573	0,000	400.051,136
2	517.025,141	144.425,193	388.835,702
3	514.025,196	278.590,609	423.394,526
4	543.770,675	407.837,202	405.480,156
5	492.595,628	554.715,803	394.383,295
6	474.163,354	665.572,411	412.823,890
7	410.870,643	744.568,672	381.353,386
8	530.125,238	838.871,930	411.332,393
9	512.259,470	983.696,853	413.340,261
10	418.538,531	1.093.299,077	366.305,824

Bulan	Produksi Jagung (ton)	Stok Jagung (ton)	Outflow Jagung (ton)
11	378.310,393	1.154.048,757	362.313,277
12	129.680,326	1.136.117,121	278.723,038
13	583.556,072	1.108.306,641	477.902,995
14	654.735,732	1.268.630,886	498.164,527
15	568.774,283	1.435.929,802	471.678,750
16	560.160,314	1.561.003,810	473.796,553
17	615.898,052	1.699.622,652	479.534,969
18	560.189,638	1.858.059,645	466.897,646
19	516.458,937	1.976.711,124	457.068,125
20	446.357,280	2.055.094,012	437.798,811
21	547.362,717	2.126.089,129	475.909,165
22	504.290,915	2.226.968,144	458.050,149
23	600,243,698	2.334.612,476	495.343,096
24	544.663,0431	2.461.118,741	485.154,127

Tabel 5.1 menunjukkan nilai produksi jagung, stok jagung dan *outflow* jagung selama 24 periode. Panen jagung biasanya terbagi menjadi tiga *subround* dalam satu tahun. *Subround* pertama pada bulan Januari-April, *subround* kedua pada bulan Mei-Agustus dan *subround* ketiga pada bulan September-Desember. Produksi tertinggi biasanya terjadi di *subround* pertama, yaitu bulan Januari-April karena di bulan tersebut curah hujan cukup rendah. Lebih lanjut untuk *outflow* jagung untuk memenuhi *demand* pangan, pabrik pakan dan ekspor keluar Jatim sejumlah 30%. Berdasarkan hasil simulasi tabel di atas, dapat diketahui misalnya pada bulan 4, sebagai puncak panen pada *subround* pertama produksi jagung sejumlah 543.770,675 ton dengan *outflow* 405.480,156 ton dan stok jagung 407.837,202 ton. Sedangkan selama 24 periode ke depan, produksi rata-rata jagung sejumlah 505.975,41 ton, dengan rata-rata *outflow* 429.818,16 ton dan stok yang tersedia dengan rata-rata 1.254.745,45 ton

Selanjutnya hasil simulasi komoditas jagung untuk jumlah petani jagung, harga jual jagung dan harga beli jagung ditunjukkan pada tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Hasil Simulasi Jagung (Jumlah Petani, Harga Jual, Harga Beli & Kesejahteraan)

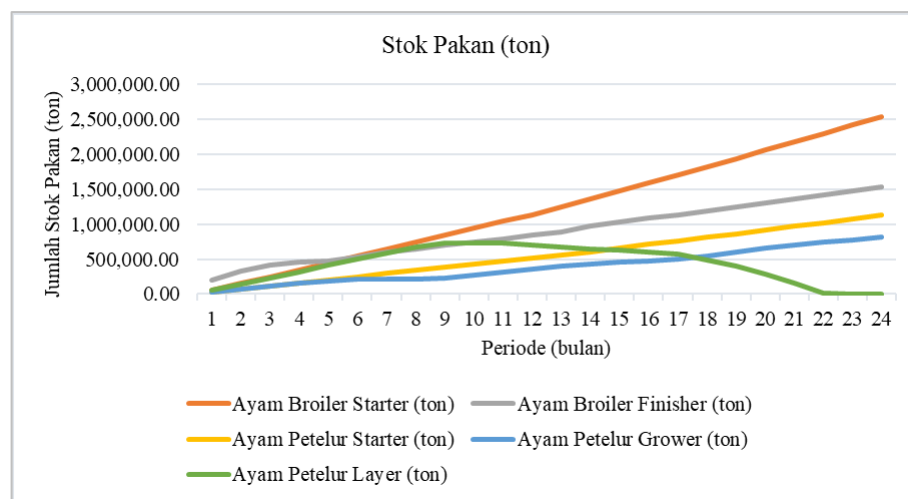
Bulan	Petani Jagung (orang)	Harga Jual Jagung	Harga Beli Jagung	Kesejahteraan (Pendapatan)
1	140.264	Rp3.386,22	Rp5.231,08	Rp118.527.060.706,00
2	139.982	Rp3.371,03	Rp5.207,62	Rp119.495.082.260,00
3	139.557	Rp3.351,47	Rp5.177,40	Rp121.124.331.400,00
4	141.299	Rp3.545,41	Rp5.477,01	Rp118.628.494.307,00
5	139.115	Rp3.211,75	Rp4.961,56	Rp118.487.259.922,00
6	138.668	Rp3.091,57	Rp4.775,90	Rp116.502.049.820,00
7	136.140	Rp2.678,90	Rp4.138,40	Rp114.885.199.118,00
8	140.846	Rp3.456,44	Rp5.339,57	Rp117.926.679.804,00
9	140.133	Rp3.339,96	Rp5.159,62	Rp117.592.899.019,00
10	135.938	Rp2.728,89	Rp4.215,63	Rp118.331.796.532,00
11	134.845	Rp2.466,60	Rp3.810,45	Rp113.827.614.570,00
12	123.477	Rp845,5,	Rp1.306,18	Rp117.537.611.417,00
13	140.429	Rp3.804,81	Rp5.877,74	Rp132.205.480.628,00
14	142.830	Rp4.268,91	Rp6.594,68	Rp134.086.550.587,00
15	139.466	Rp3.708,44	Rp5.728,85	Rp134.588.844.568,00
16	139.771	Rp3.652,27	Rp5.642,09	Rp130.708.425.345,00
17	141.608	Rp4.015,68	Rp6.203,49	Rp132.616.729.193,00
18	139.616	Rp3.652,46	Rp5.642,38	Rp131.648.539.182,00
19	138.287	Rp3.367,34	Rp5.201,92	Rp129.255.595.652,00
20	135.878	Rp2.910,27	Rp4.495,83	Rp126.619.433.843,00
21	139.329	Rp3.568,83	Rp5.513,19	Rp130.347.275.906,00
22	137.969	Rp3.288,00	Rp5.079,36	Rp128.202.885.127,00
23	141.339	Rp3.913,62	Rp6.045,82	Rp130.724.990.288,00
24	139.098	Rp3.551,23	Rp5.485,99	Rp131.114.283.285,00

Berdasarkan tabel 5.2 hasil simulasi untuk komoditas jagung yang terdiri dari jumlah petani jagung, harga jual jagung, harga beli jagung dan pendapatan bersih yang akan diterima petani jagung sebagai representasi kesejahteraan petani jagung di Jawa Timur. Adapun proyeksi jumlah petani jagung berdasarkan kesejahteraan petani jagung yang dilihat dari tingkat keuntungan yang diperoleh dari biaya produksi yang dikeluarkan. Sedangkan harga jual jagung dan harga beli jagung diproyeksikan berdasarkan konversi harga dari jumlah produksi menggunakan regresi linier. Pada regresi linier, yang menjadi variabel terikatnya (*independent variable*) adalah jumlah produksi jagung sedangkan variabel bebasnya (*dependent variable*) adalah harga jual maupun harga beli. Berdasarkan kedua variabel tersebut kemudian diperoleh koefisien dari *independent variable* untuk mengetahui tingkat peningkatan atau penurunan harga jual maupun harga beli

jagung. Berdasarkan proyeksi tersebut diperoleh bahwa selama 24 periode ke depan, jumlah petani jagung di Jawa Timur sekitar 138.579 orang dengan rata-rata pendapatan Rp 124.374.379.686,62. Pendapatan tersebut diperoleh dengan rata-rata harga jual jagung Rp 3.298,98.

5.1.2 Hasil Simulasi Pakan Ternak

Hasil simulasi pakan ternak terdiri dari stok pakan dan harga pakan dari kelima jenis pakan ternak.



Gambar 5. 2 Hasil Simulasi Pakan Ternak (Stok Pakan)

Berdasarkan gambar 5.2 terdapat stok kelima jenis pakan selama 24 periode. Stok pakan ayam broiler *starter* (*fodder stock 5*) digambarkan dengan grafik *orange*, stok pakan ayam broiler *finisher* (*fodder stock 4*) digambarkan dengan grafik abu-abu, stok pakan ayam petelur *starter* (*fodder stock 3*) digambarkan dengan grafik kuning, stok pakan ayam petelur *grower* (*fodder stock*) digambarkan dengan grafik biru dan stok pakan ayam petelur *layer* (*fodder stock 2*) digambarkan dengan grafik hijau. Pada grafik tersebut terlihat bahwa stok pakan ayam broiler *starter* (*fodder stock 5*), stok pakan ayam broiler *finisher* (*fodder stock 4*), stok pakan ayam petelur *starter* (*fodder stock 3*), dan stok pakan ayam petelur *grower* (*fodder stock*) cenderung mengalami kenaikan sampai dengan akhir periode. Sedangkan stok pakan ayam petelur *layer* (*fodder stock 2*) cenderung mengalami penurunan sekitar periode 12 dan akan habis ketika mendekati akhir periode. Lebih lengkap hasil simulasi stok pakan seperti pada tabel 5.3.

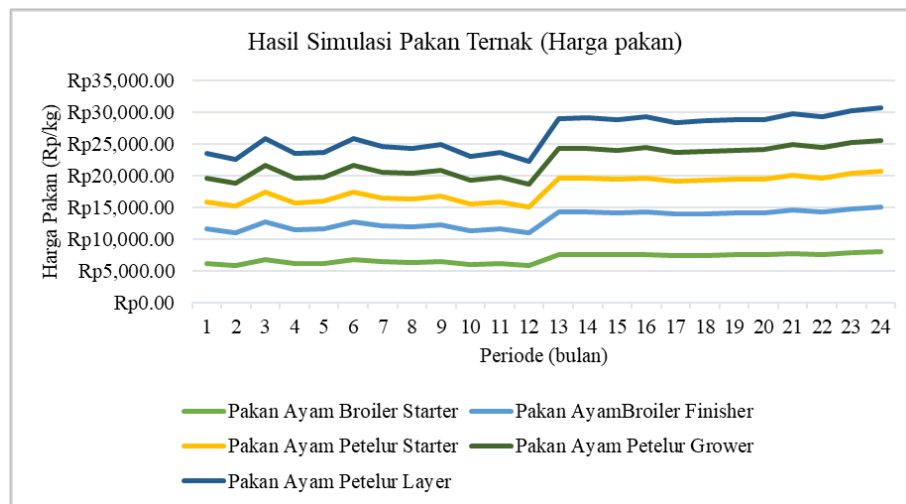
Tabel 5. 3 Hasil Simulasi Pakan Ternak (Stok Pakan)

Bulan	Ayam Broiler Starter (ton)	Ayam Broiler Finisher (ton)	Ayam Petelur Starter (ton)	Ayam Petelur Grower (ton)	Ayam Petelur Layer (ton)
1	51.013,45	204.179,86	35.189,69	24.250,56	55.230,65
2	152.958,50	325.545,00	77.278,54	67.259,83	141.249,20
3	241.656,86	418.488,91	119.254,79	111.371,11	229.531,28
4	340.639,50	456.178,89	162.473,55	155.599,78	322.004,40
5	439.411,16	475.396,69	203.366,92	188.692,92	409.307,41
6	542.908,62	528.946,03	247.519,46	207.898,46	500.262,17
7	648.079,82	597.716,97	294.580,20	214.217,53	593.706,45
8	748.082,15	651.127,65	339.979,12	215.693,36	675.657,05
9	849.633,63	698.612,07	384.896,89	229.263,69	729.672,24
10	949.781,99	747.596,42	428.077,59	269.354,96	733.944,16
11	1.044.285,35	794.704,01	468.482,17	312.482,51	724.303,58
12	1.138.017,80	840.284,82	508.553,52	355.413,04	702.774,07
13	1.240.447,75	893.104,20	552.626,03	398.756,05	668.651,15
14	1.360.606,78	968.345,13	606.080,94	434.254,03	647.537,00
15	1.476.041,33	1.036.165,42	659.811,25	459.366,73	626.135,67
16	1.592.300,65	1.088.301,66	713.302,78	478.209,01	604.291,62
17	1.709.885,63	1.136.629,89	765.591,12	503.980,40	567.901,52
18	1.824.936,06	1.189.499,04	815.861,32	550.175,26	491.660,01
19	1.940.686,16	1.246.053,75	865.899,02	603.361,35	398.256,95
20	2.057.285,70	1.300.923,07	916.664,80	656.787,41	286.122,59
21	2.175.956,99	1.356.955,94	969.660,22	707.719,19	150.073,38
22	2.296.675,39	1.415.954,50	1.024.470,35	747.244,53	11.101,76
23	2.417.532,24	1.475.360,07	1.079.312,24	779.208,53	0,00
24	2.542.406,31	1.538.904,35	1.134.866,62	809.929,90	0,00

Tabel 5.3 menunjukkan hasil simulasi jumlah kelima jenis stok pakan ayam selama 24 periode. Berdasarkan nilai tersebut, maka dapat diketahui jumlah rata-rata stok pakan selama 24 periode ke depan. Adapun rata-rata jumlah stok pakan dari kelima jenis pakan tersebut antara lain untuk stok pakan ayam broiler *starter* sejumlah 1.240.884,57 ton, rata-rata stok pakan ayam broiler *finisher* sejumlah 891.040,6 ton, rata-rata stok pakan ayam petelur *starter* sejumlah 557.241,63 ton, rata-rata stok pakan ayam petelur *grower* sejumlah 395.020,42 ton, dan rata-rata stok pakan ayam petelur *layer* sejumlah 427.890,59 ton. Namun mulai

periode 23, stok pakan ayam petelur layer akan mengalami kekurangan atau habis seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.2.

Selanjutnya gambar 5.3 merupakan hasil simulasi pakan ternak terkait harga pakan selama 24 periode.



Gambar 5. 3 Hasil Simulasi Pakan Ternak (Harga Pakan)

Harga kelima jenis pakan ternak ditunjukkan seperti pada gambar 5.3, Harga pakan ayam broiler *starter* (*fodder stock 5*) digambarkan dengan grafik hijau muda, harga pakan ayam broiler *finisher* (*fodder stock 4*) digambarkan dengan grafik biru muda, harga pakan ayam petelur *starter* (*fodder stock 3*) digambarkan dengan grafik kuning, harga pakan ayam petelur *grower* (*fodder stock 2*) digambarkan dengan grafik hijau tua dan harga pakan ayam petelur *layer* (*fodder stock 1*) digambarkan dengan grafik biru tua. Berdasarkan hasil simulasi tersebut, harga kelima jenis pakan cenderung meningkat pada tahun berikutnya, dan hal ini terjadi untuk kelima jenis pakan. Hal ini sejalan dengan kenaikan harga beli jagung serta juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti bahan pakan selain jagung, seperti bungkil kedelai, dedak dan suplemen. Selanjutnya untuk detail harga kelima jenis pakan seperti pada tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Hasil Simulasi Pakan Ternak (Harga Pakan)

Bulan	Harga Pakan Ayam Broiler Starter	Harga Pakan Ayam Broiler Finisher	Harga Pakan Ayam Petelur Starter	Harga Pakan Ayam Petelur Grower	Harga Pakan Ayam Petelur Layer
1	Rp6.146,40	Rp5.411,46	Rp4.309,86	Rp3.833,96	Rp3.913,55
2	Rp5.892,93	Rp5.188,29	Rp4.132,12	Rp3.675,85	Rp3.752,16
3	Rp6.740,02	Rp5.934,10	Rp4.726,11	Rp4.204,24	Rp4.291,52
4	Rp6.114,43	Rp5.383,31	Rp4.287,44	Rp3.814,01	Rp3.893,19
5	Rp6.187,18	Rp5.447,36	Rp4.338,45	Rp3.859,39	Rp3.939,52
6	Rp6.750,99	Rp5.943,75	Rp4.733,80	Rp4.211,08	Rp4.298,50
7	Rp6.415,44	Rp5.648,33	Rp4.498,51	Rp4.001,78	Rp4.084,85
8	Rp6.344,82	Rp5.586,15	Rp4.448,99	Rp3.957,72	Rp4.039,89
9	Rp6.511,18	Rp5.732,62	Rp4.565,64	Rp4.061,49	Rp4.145,81
10	Rp6.004,04	Rp5.286,12	Rp4.210,03	Rp3.745,15	Rp3.822,90
11	Rp6.174,58	Rp5.436,26	Rp4.329,62	Rp3.851,53	Rp3.931,49
12	Rp5.816,43	Rp5.120,94	Rp4.078,48	Rp3.628,13	Rp3.703,45
13	Rp7.576,05	Rp6.670,16	Rp5.312,33	Rp4.725,73	Rp4.823,84
14	Rp7.586,56	Rp6.679,41	Rp5.319,70	Rp4.732,29	Rp4.830,53
15	Rp7.515,16	Rp6.616,55	Rp5.269,64	Rp4.687,75	Rp4.785,07
16	Rp7.623,15	Rp6.711,63	Rp5.345,36	Rp4.755,11	Rp4.853,83
17	Rp7.397,65	Rp6.513,09	Rp5.187,24	Rp4.614,45	Rp4.710,25
18	Rp7.463,95	Rp6.571,46	Rp5.233,72	Rp4.655,80	Rp4.752,46
19	Rp7.515,33	Rp6.616,70	Rp5.269,75	Rp4.687,86	Rp4.785,18
20	Rp7.519,72	Rp6.620,56	Rp5.272,83	Rp4.690,59	Rp4.787,97
21	Rp7.765,08	Rp6.836,59	Rp5.444,88	Rp4.843,64	Rp4.944,20
22	Rp7.622,77	Rp6.711,30	Rp5.345,09	Rp4.754,88	Rp4.853,59
23	Rp7.881,09	Rp6.938,73	Rp5.526,22	Rp4.916,01	Rp5.018,07
24	Rp8.005,24	Rp7.048,03	Rp5.613,28	Rp4.993,45	Rp5.097,12

Tabel 5.4 merupakan hasil simulasi harga kelima jenis pakan ternak selama 24 periode. Proyeksi harga pakan diperoleh berdasarkan hubungan antara data historis produksi pakan dan harga pakan dengan menggunakan regresi linier. Pada regresi linier akan dapat diketahui hubungan variabel terikat (*independent variable*) dan variabel bebas (*dependent variabel*). Pada penentuan harga pakan, yang menjadi variabel terikatnya (*independent variable*) adalah jumlah produksi pakan sedangkan variabel bebasnya (*dependent variable*) adalah harga pakan. Berdasarkan kedua variabel tersebut kemudian diperoleh koefisien dari *independent variable* untuk mengetahui tingkat peningkatan atau penurunan harga pakan.

Berdasarkan proyeksi kelima harga pakan, maka rata-rata harga pakan per kilogram dari masing-masing jenis pakan selama 24 periode ke depan yaitu pada

pakan ayam broiler *starter* memiliki rata-rata harga Rp 6.940,42, sedangkan harga pakan ayam broiler *finisher* Rp 6.110,54. Kemudian untuk rata-rata harga pakan ayam petelur yang meliputi harga pakan ayam petelur *starter* yaitu Rp 4.866,63, harga pakan ayam petelur *grower* yaitu Rp 4.329,25 dan harga pakan ayam petelur *layer* yaitu Rp 4.419,12.

5.1.3 Hasil Simulasi Daging Ayam

Hasil simulasi daging ayam seperti pada tabel 5.5 yang terdiri dari jumlah peternak ayam broiler, jumlah produksi daging ayam, harga jual daging ayam dan harga beli daging ayam.

Tabel 5. 5 Hasil Simulasi Komoditas Daging Ayam (Jumlah Peternak, Produksi, Harga Jual & Harga Beli)

Bulan	Peternak Ayam Broiler (orang)	Produksi Daging Ayam (kg)	Harga Jual Daging Ayam	Harga Beli Daging Ayam
1	10.007	-	Rp13.622,21	Rp24.555,51
2	10.050	398,65	Rp14.928,49	Rp26.910,23
3	9.751	12.950,83	Rp13.692,00	Rp24.681,31
4	10.000	33.639,38	Rp12.508,78	Rp22.548,43
5	9.964	34.137,52	Rp14.798,79	Rp26.676,43
6	10.012	23.650,30	Rp15.739,11	Rp28.371,46
7	10.026	21.556,07	Rp14.996,95	Rp27.033,63
8	9.958	25.631,66	Rp14.420,39	Rp25.994,33
9	10.001	27.226,60	Rp16.518,65	Rp29.776,67
10	10.029	25.819,12	Rp15.012,70	Rp27.062,02
11	10.007	24.884,51	Rp15.482,23	Rp27.908,40
12	9.949	25.380,33	Rp11.971,09	Rp21.579,20
13	12.508	25.874,40	Rp20.824,89	Rp37.539,13
14	12.526	25.747,54	Rp19.478,00	Rp35.111,21
15	12.538	28.603,97	Rp18.424,21	Rp33.211,65
16	12.611	33.930,17	Rp19.403,62	Rp34.977,13
17	12.617	34.279,17	Rp17.194,59	Rp30.995,12
18	12.536	31.768,10	Rp13.886,18	Rp25.031,35
19	12.490	31.307,68	Rp18.765,03	Rp33.826,01
20	12.582	32.208,71	Rp19.772,07	Rp35.641,30
21	12.481	32.319,52	Rp20.411,90	Rp36.794,68
22	12.529	31.983,17	Rp19.583,55	Rp35.301,49
23	12.607	31.944,68	Rp17.609,41	Rp31.742,87
24	12.538	31.975,00	Rp18.312,50	Rp33.010,28

Tabel 5.5 merupakan hasil simulasi untuk komoditas daging ayam, yang terdiri dari jumlah peternak ayam broiler, jumlah produksi daging ayam, serta harga

jual dan harga beli daging ayam. Adapun proyeksi jumlah peternak ayam broiler berdasarkan kesejahteraan peternak yang dilihat dari tingkat pendapatan yang diperoleh dari biaya produksi yang dikeluarkan. Sedangkan untuk proyeksi harga jual maupun harga beli dilihat dari hubungan antara variabel jumlah produksi daging dengan data historis harga jual maupun harga beli dengan menggunakan regresi linier. Pada regresi linier tersebut, yang menjadi variabel terikatnya (*independent variable*) adalah jumlah produksi daging ayam sedangkan variabel bebasnya (*dependent variable*) adalah harga jual maupun harga beli. Berdasarkan kedua variabel tersebut kemudian diperoleh koefisien dari *independent variable* untuk mengetahui tingkat peningkatan atau penurunan harga jual maupun harga beli daging ayam.

Dari hasil tersebut maka diperoleh nilai rata-rata jumlah peternak ayam broiler selama 24 periode ke depan, termasuk nilai rata-rata produksi daging ayam, harga jual daging ayam dan harga beli daging ayam. Adapun rata-rata jumlah peternak daging ayam adalah sejumlah 11.271 orang, dengan rata-rata jumlah produksi daging ayam per bulan sejumlah 26.134 kg per dengan rata-rata harga jual Rp 16.556,56 per kilogram dan rata-rata harga beli daging ayam Rp 29.844,99 per kilogram.

5.1.4 Hasil Simulasi Telur Ayam

Hasil simulasi telur ayam seperti pada tabel 5.6 yang terdiri dari jumlah peternak ayam petelur, jumlah produksi telur ayam, harga jual telur ayam dan harga beli telur ayam.

Tabel 5. 6 Hasil Simulasi Komoditas Telur Ayam (Jumlah Peternak, Produksi, Harga Jual & Harga Beli)

Bulan	Peternak Ayam Petelur (orang)	Produksi Telur Ayam (kg)	Harga Jual Telur Ayam	Harga Beli Telur Ayam
1	1.331	-	Rp15.110,12	Rp16.750,63
2	1.399	-	Rp19.269,84	Rp21.361,97
3	1.230	-	Rp18.654,42	Rp20.679,74
4	1.218	-	Rp14.632,69	Rp16.221,37
5	1.185	-	Rp16.308,27	Rp18.078,87
6	1.189	29.167,16	Rp17.329,52	Rp19.210,99
7	1.419	1.997.223,74	Rp19.856,47	Rp22.012,29

Bulan	Peternak Ayam Petelur (orang)	Produksi Telur Ayam (kg)	Harga Jual Telur Ayam	Harga Beli Telur Ayam
8	1.318	12.346.088,14	Rp18.865,13	Rp20.913,32
9	1.197	8.096.666,05	Rp15.400,32	Rp17.072,34
10	1.250	52.409.017,88	Rp20.693,09	Rp22.939,75
11	1.289	56.201.437,08	Rp18.138,57	Rp20.107,88
12	1.361	66.864.113,89	Rp19.460,62	Rp21.573,47
13	1.330	71.602.698,78	Rp17.460,01	Rp19.355,65
14	1.346	71.602.698,78	Rp18.047,17	Rp20.006,55
15	1.376	71.602.698,78	Rp19.607,70	Rp21.736,51
16	1.344	74.235.842,09	Rp18.011,47	Rp19.966,98
17	1.323	92.247.157,36	Rp17.216,08	Rp19.085,24
18	1.360	108.631.230,83	Rp19.001,72	Rp21.064,74
19	1.360	116.521.286,37	Rp18.449,34	Rp20.452,39
20	1.333	131.701.532,80	Rp17.851,74	Rp19.789,90
21	1.358	138.131.163,15	Rp18.080,74	Rp20.043,77
22	1.370	138.131.163,15	Rp19.234,65	Rp21.322,96
23	1.381	137.754.319,06	Rp20.908,31	Rp23.178,32
24	1.379	136.286.959,57	Rp20.115,66	Rp22.299,62

Tabel 5.6 merupakan hasil simulasi untuk komoditas telur ayam, yang terdiri dari jumlah peternak ayam petelur, jumlah produksi telur ayam, serta harga jual dan harga beli telur ayam. Sama hal nyanya dengan proyeksi jumlah petani jagung dan jumlah peternak ayam broiler, proyeksi jumlah peternak ayam petelur berdasarkan kesejahteraan peternak yang dilihat dari tingkat pendapatan yang diperoleh dari biaya produksi yang dikeluarkan. Sedangkan untuk proyeksi harga jual maupun harga beli dilihat dari hubungan antara variabel jumlah produksi telur ayam dengan data historis harga jual maupun harga beli dengan menggunakan regresi linier. Pada regresi linier tersebut, yang menjadi variabel terikatnya (*independent variable*) adalah jumlah produksi telur ayam sedangkan variabel bebasnya (*dependent variable*) adalah harga jual maupun harga beli. Berdasarkan kedua variabel tersebut kemudian diperoleh koefisien dari *independent variable* untuk mengetahui tingkat peningkatan atau penurunan harga jual maupun harga beli telur ayam.

Kemudian berdasarkan proyeksi bulanan selama 24 periode tersebut, maka diperoleh jumlah rata-rata peternak ayam petelur yaitu sejumlah 1.319 orang, dengan rata-rata produksi telur sejumlah 63.183.019,36 kg per bulan. Adapun untuk rata-rata harga jual telur ayam per bulan selama 24 periode ke depan adalah Rp

18.237,65 per kilogram dan rata-rata harga beli telur ayam adalah Rp 20.217,72 per kilogram.

5.1.5 Hasil Simulasi Kesejahteraan Petani dan Peternak

Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya bahwa kesejahteraan petani jagung dan peternak ayam broiler serta peternak ayam petelur dilihat dari pendapatan bersih yang diterima. Adapun pendapatan bersih tersebut dilihat dari total biaya produksi yang dikeluarkan, di mana biaya pakan termasuk di dalamnya. Tabel 5.7 merupakan pendapatan yang akan diterima petani jagung dan peternak ayam broiler serta peternak ayam petelur selama 24 periode. Nilai pada tabel 5.7 merupakan nilai pendapat ideal yang akan diterima oleh petani jagung dan peternak ayam selama 24 periode.

Tabel 5. 7 Pendapatan Petani dan Peternak

Bulan	Pendapatan Petani Jagung	Pendapatan Peternak Ayam Broiler	Pendapatan Peternak Ayam Petelur
1	Rp118.527.060.706,00	Rp98.400.118.328,60	Rp32.565.589.208,10
2	Rp119.495.082.260,00	Rp107.836.087.468,00	Rp41.530.685.808,60
3	Rp121.124.331.400,00	Rp98.904.239.552,60	Rp40.204.341.171,90
4	Rp118.628.494.307,00	Rp90.357.244.930,80	Rp31.536.632.031,50
5	Rp118.487.259.922,00	Rp106.899.174.190,00	Rp35.147.875.191,20
6	Rp116.502.049.820,00	Rp113.691.610.186,00	Rp37.348.879.912,20
7	Rp114.885.199.118,00	Rp108.330.574.623,00	Rp42.795.004.408,90
8	Rp117.926.679.804,00	Rp104.165.831.137,00	Rp40.658.461.090,10
9	Rp117.592.899.019,00	Rp119.322.631.289,00	Rp33.191.043.673,50
10	Rp118.331.796.532,00	Rp108.444.330.753,00	Rp44.598.114.833,60
11	Rp113.827.614.570,00	Rp111.835.986.463,00	Rp39.092.561.350,10
12	Rp117.537.611.417,00	Rp86.473.278.995,70	Rp41.941.878.616,60
13	Rp132.205.480.628,00	Rp150.428.772.779,00	Rp37.630.119.179,80
14	Rp134.086.550.587,00	Rp140.699.474.007,00	Rp38.895.569.568,20
15	Rp134.588.844.568,00	Rp133.087.447.323,00	Rp42.258.850.055,10
16	Rp130.708.425.345,00	Rp140.162.189.351,00	Rp38.818.638.285,00
17	Rp132.616.729.193,00	Rp124.205.251.920,00	Rp37.104.403.551,30
18	Rp131.648.539.182,00	Rp100.306.923.046,00	Rp40.952.847.290,50
19	Rp129.255.595.652,00	Rp135.549.368.989,00	Rp39.762.347.555,90
20	Rp126.619.433.843,00	Rp142.823.693.740,00	Rp38.474.372.560,90
21	Rp130.347.275.906,00	Rp147.445.546.042,00	Rp38.967.933.277,60
22	Rp128.202.885.127,00	Rp141.461.955.043,00	Rp41.454.855.997,90
23	Rp130.724.990.288,00	Rp127.201.679.184,00	Rp45.061.945.899,00
24	Rp131.114.283.285,00	Rp132.280.501.350,00	Rp43.353.622.737,70

Tabel 5.7 merupakan proyeksi pendapatan bersih yang akan diterima oleh petani jagung, peternak ayam broiler dan peternak ayam petelur sebagai representasi dari kesejahteraan yang dilihat dari pendapatan. Adapun pendapatan tersebut akan mempengaruhi jumlah peningkatan dan penurunan petani maupun peternak. Peningkatan petani akan terjadi apabila pendapatan bersih yang diterima sebesar 40% dari total biaya produksi yang dikeluarkan (BPS Nasional, 2019), sedangkan peningkatan jumlah peternak ayam broiler dan peternak ayam petelur akan terjadi apabila pendapatan bersih yang diterima masing-masing sebesar 72,41% dan 65,18% dari total jumlah produksi yang dikeluarkan (BPS Nasional, 2015). Total biaya produksi yang dikeluarkan tersebut telah memuat harga pakan yang berlaku di peternak.

Berdasarkan proyeksi nilai pendapatan bersih tersebut, maka rata-rata pendapatan yang diterima oleh petani jagung selama 24 periode adalah sebesar Rp 124.374.379.686,62, sedangkan pendapatan peternak ayam broiler adalah sebesar Rp 119.596.412.945,45 dan pendapatan peternak ayam petelur adalah sebesar Rp 39.306.107.218,97.

5.2 Perancangan Skenario

Berdasarkan hasil simulasi yang diperoleh, terdapat beberapa hal yang menjadi perhatian untuk kemudian diperbaiki melalui perancangan skenario. Hal ini kemudian dapat menjadi alternatif untuk pemerintah dalam menentukan kebijakan ke arah yang lebih baik. Salah satu hasil simulasi terkait stok jagung sesuai dengan gambar 5.1, dapat diketahui bahwa stok jagung cenderung mengalami kenaikan sampai dengan akhir periode simulasi. Hal tersebut dikarenakan jumlah produksi dan adanya impor yang dilakukan oleh pemerintah masih dapat memenuhi *demand* terhadap jagung. Oleh karena itu, skenario yang dirancang adalah dengan menekan jumlah impor yang telah disesuaikan dengan kebutuhan jagung ke depan, baik untuk konsumsi manusia dan ternak.

Lebih lanjut, hasil simulasi terkait dengan stok pakan ternak pada pabrik pakan. Seperti yang diketahui bahwa tiap jenis pakan ternak memiliki proporsi stok yang berbeda untuk tiap jenis pakan ternak. Pada pakan ternak ayam petelur, pakan dikategorikan menjadi tiga jenis pakan sesuai dengan fase pertumbuhannya. Stok

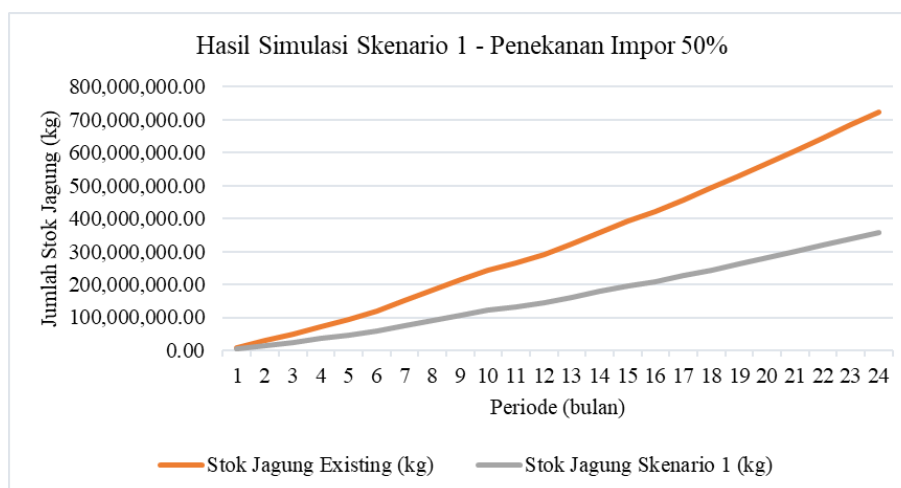
pakan ayam petelur *starter* (*fodder stock 3*) dan stok pakan ayam petelur *grower* (*fodder stock*) memiliki proporsi yang sama, yaitu 0.25. Sedangkan stok pakan ayam petelur layer (*fodder stock 2*) memiliki proporsi 0.5. Berdasarkan proporsi tersebut, maka dari hasil proyeksi stok pakan ayam petelur, khususnya ayam petelur *layer* akan mengalami kekurangan stok mulai periode 23. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan rancangan skenario pada proporsi stok pakan ayam petelur pada ketiga jenis pakan ayam petelur tersebut.

5.2.1 Skenario 1

Pada skenario 1 akan dirancang skenario terhadap stok jagung. Skenario ini dirancang berdasarkan hasil simulasi stok jagung yang menunjukkan bahwa stok jagung memiliki jumlah yang sangat besar dan bertambah dari waktu ke waktu. Sehingga untuk mendapatkan stok yang ideal maka dilakukan perancangan skenario terkait penekanan jumlah impor. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa Indonesia melakukan impor jagung dan diprioritaskan untuk Jawa Timur sebagai provinsi yang memiliki kapasitas pabrik pakan terbesar di Indonesia. Perancangan skenario 1 dilakukan dengan penekanan persentase impor dalam beberapa tahap yaitu dari 50%, 80% dan 96,5%.

1) Penekanan Impor Jagung 50%

Perubahan persentase penekanan impor yang pertama adalah melakukan penekanan sejumlah 50% dengan hasil seperti pada gambar 5.4.



Gambar 5. 4 Hasil Simulasi Skenario 1 – Penekanan Impor 50%

Gambar 5.4 menunjukkan hasil simulasi dengan persentase penekanan impor sebesar 50%, di mana grafik *orange* menunjukkan stok jagung pada kondisi *existing* dan grafik abu-abu menunjukkan stok jagung apabila impor diturunkan 50%. Berdasarkan grafik yang terbentuk, maka jumlah stok jagung masih dapat memenuhi kebutuhan jagung di Jawa Timur. Jumlah stok jagung pada kondisi *existing* dan dengan skenario seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.8.

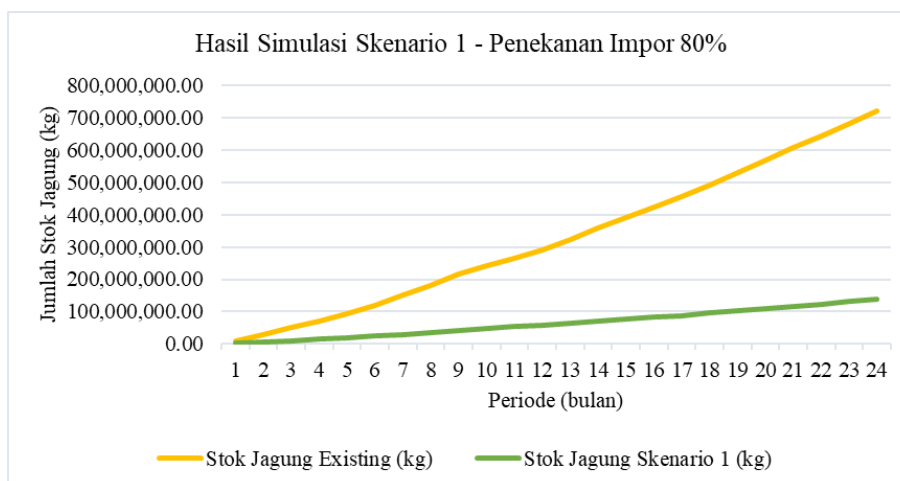
Tabel 5. 8 Skenario 1 – Penekanan Impor 50%

Bulan	Stok Jagung <i>Existing</i> (kg)	Stok Jagung Skenario 1 (kg)
1	8.083.159,78	3.859.775,05
2	29.897.668,53	14.785.376,40
3	49.941.673,27	24.814.478,64
4	70.528.718,99	35.107.210,19
5	94.175.287,47	46.940.435,87
6	120.650.516,82	60.173.492,67
7	150.314.266,06	74.985.073,84
8	181.984.700,43	90.801.799,15
9	215.483.467,07	107.554.817,55
10	243.556.629,21	121.580.708,56
11	265.674.051,69	132.606.515,90
12	292.175.654,77	145.787.632,30
13	323.524.716,86	161.306.651,05
14	358.763.306,53	178.693.372,49
15	391.092.164,98	194.533.658,04
16	422.174.884,62	209.663.450,51
17	455.058.557,33	225.747.092,98
18	492.794.543,29	244.342.071,29
19	530.339.754,18	262.812.866,07
20	567.899.098,76	281.260.041,55
21	606.491.486,97	300.254.197,31
22	644.889.465,06	319.175.731,36
23	683.995.299,29	338.458.926,26
24	722.072.670,95	357.236.412,80

Berdasarkan hasil simulasi pada tabel 5.8, dapat dilihat bahwa dengan skenario 1 dengan penekanan impor 50%, stok jagung akan berjumlah 357.236.412,80 kg pada akhir periode. Jumlah tersebut masih cukup besar dari outflow jagung tiap bulannya, termasuk untuk memenuhi ekspor sejumlah 30%. Dengan demikian akan dilakukan perubahan persentase penekanan impor, yaitu dengan menaikkan persentase penekanan impor menjadi 80% yang akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

2) Penekanan Impor Jagung 80%

Perubahan persentase penekanan impor yang kedua adalah melakukan penekanan sejumlah 80% dengan hasil seperti pada gambar 5.5.



Gambar 5. 5 Hasil Simulasi Skenario 1 – Penekanan Impor 80%

Gambar 5.5 menunjukkan hasil simulasi dengan persentase penekanan impor sebesar 80%, di mana grafik kuning menunjukkan stok jagung pada kondisi *existing* dan grafik hijau menunjukkan stok jagung apabila impor diturunkan 80%. Berdasarkan grafik yang terbentuk, maka jumlah stok jagung masih dapat memenuhi kebutuhan jagung di Jawa Timur. Jumlah stok jagung pada kondisi *existing* dan dengan skenario seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.9.

Tabel 5. 9 Skenario 1 – Penekanan Impor 80%

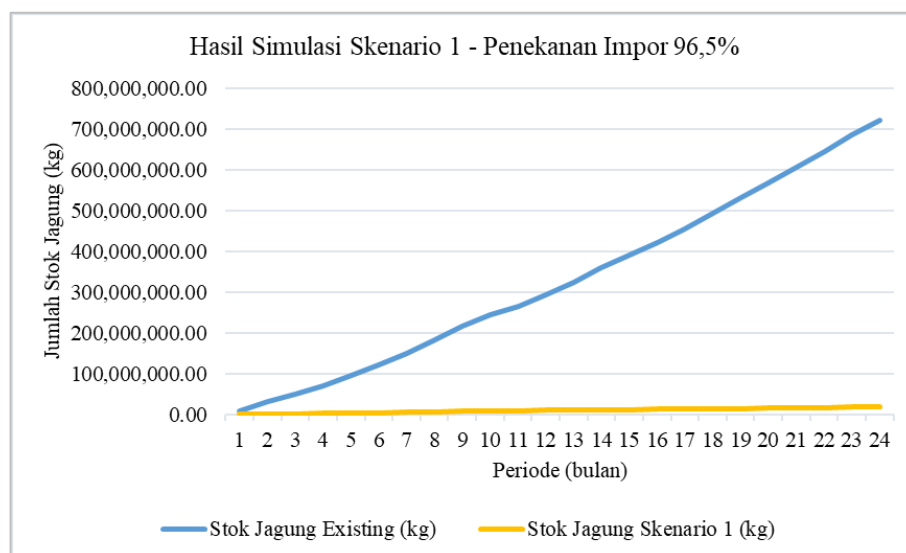
Bulan	Stok Jagung <i>Existing</i> (kg)	Stok Jagung Skenario 1 (kg)
1	8.083.159,78	1.325.744,22
2	29.897.668,53	5.718.001,12
3	49.941.673,27	9.738.161,86
4	70.528.718,99	13.854.304,91
5	94.175.287,47	18.599.524,91
6	120.650.516,82	23.887.278,18
7	150.314.266,06	29.787.558,50
8	181.984.700,43	36.092.058,39
9	215.483.467,07	42.797.627,84
10	243.556.629,21	48.395.156,17
11	265.674.051,69	52.765.994,42
12	292.175.654,77	57.954.818,83
13	323.524.716,86	63.975.811,56

Bulan	Stok Jagung <i>Existing</i> (kg)	Stok Jagung Skenario 1 (kg)
14	358.763.306,53	70.651.412,06
15	391.092.164,98	76.598.553,87
16	422.174.884,62	82.156.590,04
17	455.058.557,33	88.160.214,37
18	492.794.543,29	95.270.588,09
19	530.339.754,18	102.296.733,21
20	567.899.098,76	109.276.607,22
21	606.491.486,97	116.511.823,51
22	644.889.465,06	123.747.491,13
23	683.995.299,29	131.137.102,45
24	722.072.670,95	138.334.657,91

Berdasarkan hasil simulasi pada tabel 5.9, dapat dilihat bahwa dengan skenario 1 dengan penekanan impor 80%, stok jagung akan berjumlah 138.334.657,91 kg pada akhir periode. Jumlah tersebut masih cukup besar dari *outflow* jagung tiap bulannya, termasuk untuk memenuhi ekspor sejumlah 30%. Dengan demikian akan dilakukan perubahan persentase penekanan impor, yaitu dengan menaikkan persentase penekanan impor menjadi 96,5% yang akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

3) Penekanan Impor Jagung 96,5%

Perubahan persentase penekanan impor yang terakhir adalah melakukan penekanan sejumlah 96,5% dengan hasil seperti pada gambar 5.6.



Gambar 5. 6 Hasil Simulasi Skenario 1 – Penekanan Impor 96,5%

Gambar 5.6 menunjukkan hasil simulasi dengan persentase penekanan impor sebesar 96,5%, di mana grafik biru menunjukkan stok jagung pada kondisi *existing* dan grafik kuning menunjukkan stok jagung apabila impor diturunkan 96,5%. Berdasarkan grafik yang terbentuk, maka jumlah stok jagung masih dapat memenuhi kebutuhan jagung di Jawa Timur. Jumlah stok jagung pada kondisi *existing* dan dengan skenario seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.10.

Tabel 5. 10 Skenario 1 – Penekanan Impor 96,5%

Bulan	Stok Jagung <i>Existing</i> (kg)	Stok Jagung Skenario 1 (kg)
1	8.083.159,78	45.292,35
2	29.897.668,53	844.209,81
3	49.941.673,27	1.559.452,73
4	70.528.718,99	2.278.472,10
5	94.175.287,47	3.125.288,98
6	120.650.516,82	4.043.125,31
7	150.314.266,06	5.042.190,16
8	181.984.700,43	6.114.966,06
9	215.483.467,07	7.294.438,60
10	243.556.629,21	8.256.367,45
11	265.674.051,69	8.966.972,70
12	292.175.654,77	9.760.036,51
13	323.524.716,86	10.557.114,94
14	358.763.306,53	11.341.598,92
15	391.092.164,98	11.847.511,68
16	422.174.884,62	12.141.081,88
17	455.058.557,33	12.600.696,23
18	492.794.543,29	13.394.537,43
19	530.339.754,18	14.126.125,23
20	567.899.098,76	14.798.983,43
21	606.491.486,97	15.566.783,02
22	644.889.465,06	16.375.224,11
23	683.995.299,29	17.223.364,44
24	722.072.670,95	18.051.957,82

Berdasarkan hasil simulasi pada tabel 5.8, dapat dilihat bahwa dengan skenario 1 dengan penekanan impor 96,5%, stok jagung akan berjumlah 18.051.957,82 kg pada akhir periode. Jumlah tersebut merupakan jumlah terbesar dari semua periode karena jumlah stok jagung mengalami kenaikan tiap periode, namun dengan penekanan impor 96,5%, jumlah tersebut tentunya menjadi lebih kecil setelah jumlah impor dikurangi, namun jumlah tersebut masih tetap dapat

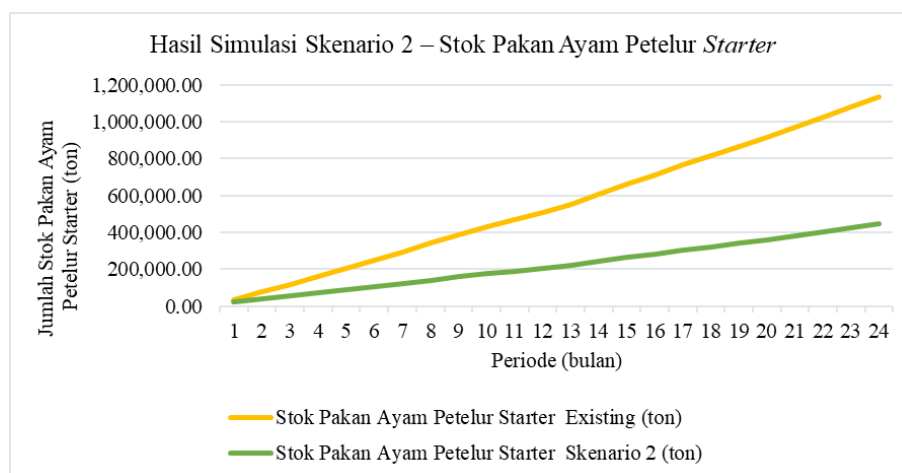
memenuhi kebutuhan jagung untuk manusia, pabrik pakan dan termasuk untuk ekspor sejumlah 30%.

5.2.2 Skenario 2

Pada skenario 2 akan dirancang skenario terhadap proporsi stok ketiga jenis pakan ayam petelur pada pabrik pakan. Skenario ini dirancang berdasarkan hasil simulasi stok pakan yang menunjukkan bahwa stok pakan ayam petelur *layer* (*fodder stock 2*) akan habis ketika mendekati akhir periode, yaitu mulai periode 23. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut kemudian dirancang skenario proporsi stok pakan ayam petelur.

1) Stok Pakan Ayam Petelur *Starter* (*fodder stock 3*)

Seperti yang telah disebutkan bahwa proporsi stok pakan ayam petelur starter (*fodder stock 3*) akan diturunkan dari 0,25 menjadi 0,1. Berikut merupakan hasil simulasi untuk skenario 2 untuk stok pakan ayam petelur starter (*fodder stock 3*).



Gambar 5. 7 Hasil Simulasi Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur *Starter*

Pada gambar 5.7 dapat dilihat hasil simulasi untuk skenario 2 untuk stok pakan ayam petelur *starter* (*fodder stock 3*), di mana grafik kuning menunjukkan stok pakan ayam petelur *starter* (*fodder stock 3*) pada kondisi *existing* dengan proporsi stok 0,25, dan grafik hijau menunjukkan stok pakan ayam petelur *starter* (*fodder stock 3*) sesuai skenario dengan proporsi stok menjadi 0,1. Jumlah stok

pakan ayam petelur *starter (fodder stock 3)* pada kondisi *existing* dan dengan skenario seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.11.

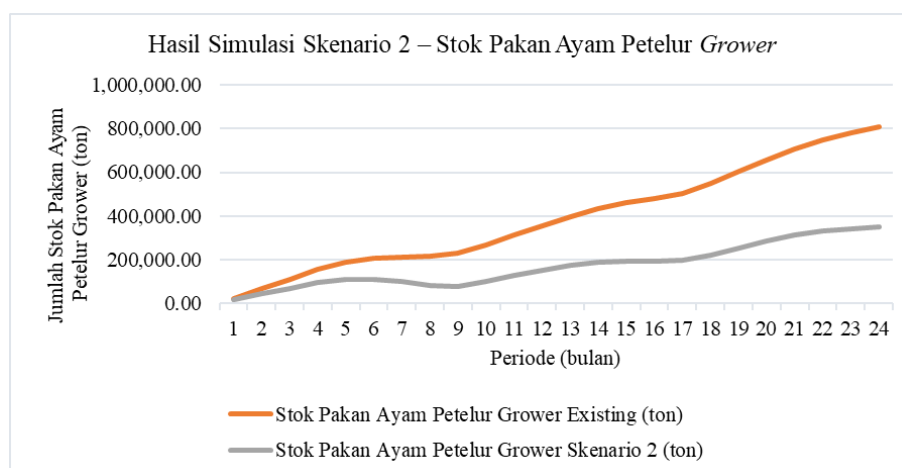
Tabel 5. 11 Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur *Starter*

Bulan	Stok Pakan Ayam Petelur <i>Starter Existing</i> (ton)	Stok Pakan Ayam Petelur <i>Starter Skenario 2</i> (ton)
1	35,189,69	25.360,60
2	77,278,54	41.643,88
3	119,254,79	57.135,51
4	162.473,55	72.612,33
5	203.366,92	87.314,80
6	247.519,46	104.180,91
7	294.580,20	122.989,12
8	339.979,12	141.142,78
9	384.896,89	158.737,48
10	428.077,59	174.962,71
11	468.482,17	189.490,76
12	508.553,52	203.803,79
13	552.626,03	220.258,63
14	606.080,94	241.389,21
15	659.811,25	262.881,33
16	713.302,78	284.152,27
17	765.591,12	304.292,81
18	815.861,32	322.910,22
19	865.899,02	341.036,27
20	916.664,80	359.746,42
21	969.660,22	380.282,14
22	1.024.470,35	402.206,19
23	1.079.312,24	424.128,20
24	1.134.866,62	445.875,66

Berdasarkan hasil simulasi pada tabel 5.11, dapat dilihat bahwa dengan skenario 2 untuk stok pakan ayam petelur *starter (fodder stock 3)* pada akhir periode akan berjumlah berjumlah 445.875,66 kg. Jumlah tersebut merupakan jumlah terbesar dari semua periode karena jumlah stok pakan ayam petelur *starter (fodder stock 3)* mengalami kenaikan tiap periode, namun dengan skenario 2, jumlah tersebut tentunya menjaid lebih kecil setelah proporsi stok pada jenis pakan ini dikurangi.

2) Stok Pakan Ayam Petelur *Grower* (*fodder stock*)

Seperti yang telah disebutkan bahwa proporsi stok pakan ayam petelur starter (*fodder stock 3*) akan diturunkan dari 0,25 menjadi 0,1. Berikut merupakan hasil simulasi untuk skenario 2 untuk stok pakan ayam petelur starter (*fodder stock 3*).



Gambar 5. 8 Hasil Simulasi Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur *Grower*

Pada gambar 5.8 dapat dilihat hasil simulasi untuk skenario 2 untuk stok pakan ayam petelur *grower* (*fodder stock*), di mana grafik merah menunjukkan stok pakan ayam petelur *grower* (*fodder stock*) pada kondisi *existing* dengan proporsi stok 0,25, dan grafik biru menunjukkan stok pakan ayam petelur *grower* (*fodder stock*) sesuai skenario dengan proporsi stok menjadi 0,1. Adapun jumlah stok pakan ayam petelur *grower* (*fodder stock*) pada kondisi *existing* dan dengan skenario seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.12.

Tabel 5. 12 Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur *Grower*

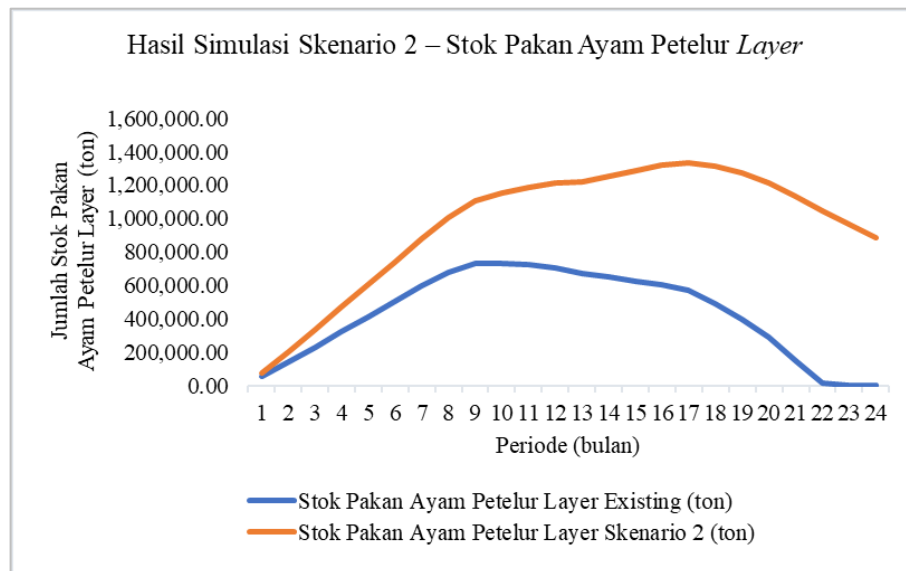
Bulan	Stok Pakan Ayam Petelur <i>Grower Existing</i> (ton)	Stok Pakan Ayam Petelur <i>Grower Skenario 2</i> (ton)
1	24.250,56	17.697,83
2	67.259,83	43.503,39
3	111.371,11	69.958,26
4	155.599,78	95.692,30
5	188.692,92	111.324,84
6	207.898,46	112.339,43
7	214.217,53	99.823,47
8	215.693,36	83.135,80
9	229.263,69	78.490,75

Bulan	Stok Pakan Ayam Petelur <i>Grower</i> <i>Existing</i> (ton)	Stok Pakan Ayam Petelur <i>Grower</i> Skenario 2 (ton)
10	269.354,96	100.611,71
11	312.482,51	126.488,24
12	355.413,04	152.246,56
13	398.756,05	177.177,78
14	434.254,03	191.126,20
15	459.366,73	194.746,78
16	478.209,01	192.108,67
17	503.980,40	196.448,19
18	550.175,26	221.541,20
19	603.361,35	253.452,85
20	656.787,41	285.508,49
21	707.719,19	314.800,48
22	747.244,53	332.401,76
23	779.208,53	342.419,17
24	809.929,90	350.602,60

Berdasarkan hasil simulasi pada tabel 5.12, dapat dilihat bahwa dengan skenario 2 untuk stok pakan ayam petelur *grower* (*fodder stock*) cenderung mengalami kenaikan hingga pada akhir periode akan berjumlah berjumlah 350.602,60 kg. Jumlah tersebut merupakan jumlah terbesar dari semua periode karena jumlah stok pakan ayam petelur *starter* (*fodder stock 3*), namun jumlah tersebut tentunya menjaid lebih kecil dari jumlah kondisi *existing* setelah proporsi stok pada jenis pakan ini dikurangi.

3) Stok Pakan Ayam Petelur *Layer* (*fodder stock 2*)

Seperti yang telah disebutkan bahwa proporsi stok pakan ayam petelur *starter* (*fodder stock 3*) akan dinaikkan dari 0,5 menjadi 0,75. Berikut merupakan hasil simulasi untuk skenario 2 untuk stok pakan ayam petelur *layer* (*fodder stock 2*).



Gambar 5. 9 Hasil Simulasi Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur *Layer*

Pada gambar 5.9 dapat dilihat hasil simulasi untuk skenario 2 untuk stok pakan ayam petelur *layer* (*fodder stock 2*), di mana grafik biru menunjukkan stok pakan ayam petelur *layer* (*fodder stock 2*) pada kondisi *existing* dengan proporsi stok 0.5, dan grafik *orange* menunjukkan stok pakan ayam petelur *layer* (*fodder stock 2*) sesuai skenario dengan proporsi stok menjadi 0,75. Berdasarkan grafik *existing* terlihat bahwa stok pakan ini akan mengalami penurunan hingga akan mulai habis di periode 23. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, maka proporsi stok akan dinaikkan menjadi 0,75. Adapun jumlah stok pakan ayam petelur *layer* (*fodder stock 2*) pada kondisi *existing* dan dengan skenario seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.13.

Tabel 5. 13 Skenario 2 – Stok Pakan Ayam Petelur *Layer*

Bulan	Stok Pakan Ayam Petelur <i>Layer Existing</i> (ton)	Stok Pakan Ayam Petelur <i>Layer Skenario 2</i> (ton)
1	55,230,65	71.612,48
2	141,249,20	200.640,30
3	229,531,28	333.063,42
4	322,004,40	471.773,10
5	409,307,41	602.727,61
6	500,262,17	739.159,75
7	593,706,45	879.691,58
8	675,657,05	1.007.050,95
9	729,672,24	1.106.604,60

Bulan	Stok Pakan Ayam Petelur Layer Existing (ton)	Stok Pakan Ayam Petelur Layer Skenario 2 (ton)
10	733.944,16	1.155.802,30
11	724.303,58	1.189.289,26
12	702.774,07	1.210.690,29
13	668.651,15	1.222.596,82
14	647.537,00	1.255.356,56
15	626.135,67	1.287.685,54
16	604.291,62	1.319.542,48
17	567.901,52	1.336.732,02
18	491.660,01	1.313.245,16
19	398.256,95	1.273.028,20
20	286.122,59	1.214.319,89
21	150.073,38	1.132.370,17
22	11.101,76	1.048.208,69
23	-	964.301,21
24	-	886.753,34

Pada tabel 5.13 dapat diketahui bahwa pada kondisi *existing* stok pakan stok pakan ayam petelur *layer (fodder stock 2)* mengalami penurunan mulai periode 11 hingga akhirnya habis pada periode 23. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, dengan merancang skenario penambahan proporsi stok pakan ayam petelur *layer (fodder stock 2)* dari 0,5 menjadi 0,75, maka dari periode 9 stok pakan akan mengalami kenaikan, meskipun pada periode 19 akan Kembali mengalami penurunan namun jumlah tersebut masih cukup sampai dengan periode 24 yaitu berjumlah 886.753,34 ton.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kesimpulan dan saran dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran dari hasil penelitian untuk penelitian berikutnya.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu terkait pengembangan model terhadap komoditas jagung serta kesejahteraan petani dan peternak, maka dapat disimpulkan beberapa hal seperti berikut:

- 1) Hasil simulasi ketahanan pangan terhadap komoditas jagung dengan menggunakan simulasi sistem dinamis diperoleh hasil bahwa produksi jagung dapat memenuhi *outflow* jagung selama 24 periode, yaitu dari bulan Januari 2021 sampai dengan bulan Desember 2022. *Outflow* tersebut terdiri dari pemenuhan terhadap *demand* pangan, pabrik pakan dan ekspor sejumlah 30%. Puncak produksi terjadi pada *subround* pertama, yaitu pada bulan Januari-April. Kemudian untuk stok jagung terus mengalami peningkatan.
- 2) Pemenuhan *demand* terhadap jagung, daging ayam dan telur ayam dapat di-*support* oleh produksi dari petani dan peternak dengan pendapatan yang akan diterima sesuai dengan hasil simulasi terkait dengan kondisi ideal antara jumlah petani/peternak, produksi komoditas yang dihasilkan serta pendapatan yang akan diterima dengan telah mempertimbangkan parameter harga jual jagung untuk petani dan harga pakan untuk peternak. Jumlah petani jagung selama 24 periode ke depan adalah sekitar 138.579 orang dengan pendapatan bersih sekitar Rp 124.374.379.686,62 (Rp 897.498,03/orang/bulan). Sedangkan rata-rata jumlah peternak ayam broiler sejumlah 11.271 orang dengan rata-rata pendapatan Rp 119.596.412.945,45 (Rp 10.610.985,09/orang/bulan) dan jumlah peternak ayam petelur sejumlah 1.319 orang dengan pendapatan Rp 39.306.107.218,97 (Rp 29.799.929,66/bulan/orang).

- 3) Hasil simulasi skenario 1 yaitu melakukan penekanan impor sejumlah 96,5%, dari hasil tersebut pada akhir periode yaitu periode 24, diperoleh jumlah stok jagung sejumlah 18.051.957,82 kg. Jumlah tersebut cukup untuk memenuhi *demand* pangan, pabrik pakan dan ekspor sejumlah 30% selama dua tahun ke depan.
- 4) Hasil simulasi skenario 2 yaitu melakukan perubahan terhadap proporsi stok pakan untuk ketiga jenis pakan ayam petelur. Berdasarkan skenario tersebut, dengan menaikkan proporsi stok pakan ayam petelur *layer (fodder stock 2)* dinaikkan dari 0,5 menjadi 0,75 maka stok pakan akan cukup sampai dengan akhir periode atau periode ke 24 dengan jumlah 886.753,34 ton.
- 5) Hasil skenario 1 dan skenario 2 dapat dipertimbangkan untuk mendukung program keputusan pemerintah Provinsi Jawa Timur terkait upaya pencapaian ketahanan pangan yang tertuang dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Jawa Timur tahun 2019 – 2024 khususnya program ketahanan pangan dan program pembangunan ekonomi kerakyatan melalui peningkatan nilai tambah ekonomi.

6.2 Saran

Penelitian ini masih memiliki kelemahan, sehingga saran untuk penelitian selanjutnya adalah dengan memperhatikan indikator kesejahteraan petani dan peternak selain pendapatan, yaitu seperti indikator pembangunan manusia yang meliputi tingkat pendidikan dan tingkat harapan hidup. Selain itu periode simulasi bulanan dapat dipertimbangkan lebih lanjut dikarenakan dengan periode bulanan variabel-variabel tertentu tidak cukup signifikan dalam menunjukkan perubahan, seperti reduksi atau penambahan lahan, serta kondisi *delay* dari ayam akan semakin terlihat sehingga terdapat periode yang tidak ada hasil produksi karena mengikuti fase produksi dari ayam.

DAFTAR PUSTAKA

- Aivazidou, E., Tsolakis, N. & Vlachos, D. P. (2017) 'Water Footprint Mitigation Strategies for Agrifood Products : The Application of System Dynamics in Green Marketing Green marketing System dynamics'. doi: 10.1007/978-3-319-33865-1.
- Avianto, T. W., Putro, U. S. & Hermawan, P. (2017) 'Development of Spatial-System Dynamics Model for Food Security Policy in Indonesia: A Generic Sub-Model Simulation', *Jurnal Manajemen Teknologi*, 16(2), pp. 156–169. doi: 10.12695/jmt.2017.16.2.4.
- Azar, A. T. (2012) 'System Dynamics as a Useful Technique for Complex Systems', 10(4).
- Badan Ketahanan Pangan Jawa Timur (2015) 'Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan Jawa Timur'.
- Balci, O. (1998) *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice*. New York: John Wiley & Sons.
- Banks, J. et all (2005) 'Discrete-Event System Simulation', in. Pearson Prentice-Hall.
- Barlas, Y. (1996) 'Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics', 12(3), pp. 183–210.
- Blanchard, B.S. & Fabrycky, W. J. (1998) *Systems Engineering and Analysis*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- BPS Jawa Timur (2018) *Produksi Jagung Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur (Ton) Tahun 2007-2017*. Available at: <https://jatim.bps.go.id/statictable/2018/10/29/1322/produksi-jagung-menurut-kabupaten-kota-di-jawa-timur-ton-2007-2017.html>.
- BPS Nasional (2015) *Nilai Produksi dan Biaya Produksi 1 Rumah Tangga Usaha Peternakan Menurut Jenis Ternak*. Available at: <https://www.bps.go.id/statictable/2015/09/21/1841/nilai-produksi-dan-biaya-produksi-rumah-tangga-usaha-peternakan-menurut-jenis-ternak-2014.html> (Accessed: 20 April 2020).
- BPS Nasional (2019) *Nilai Produksi dan Biaya Produksi per Musim Tanam per Hektar Budidaya Tanaman Padi Sawah, Padi Ladang, Jagung, dan Kedelai*. Available at: <https://www.bps.go.id/statictable/2019/04/10/2055/nilai-produksi-dan-biaya-produksi-per-musim-tanam-per-hektar-budidaya-tanaman-padi-sawah-padi-ladang-jagung-dan-kedelai-2017.html> (Accessed: 20 April 2020).

- Drew, D. R. (1998) *System Dynamics: Modeling and Applications*. Blacksburg: USA: Virginia Tech University Printing Services.
- F, H.-R., D, W. & D, Lenat (1983) *Building Expert Systems*. AddisonWesley, Reading, MA.
- FAO (1996a) 'An Introduction to the Basic Concepts of Food Security Food Security Information for Action', pp. 1–3.
- FAO (1996b) *Chapter 2 Food Security: Concepts and Measurement*. Available at: <http://www.fao.org/3/y4671e/y4671e06.htm>.
- FAO (1996c) 'Rome Declaration and Plan of Action'. Rome. Available at: <http://www.fao.org/3/w3613e/w3613e00.htm>.
- Farida, Y. (2014) *Produksi dan Konsumsi Komoditi Pangan Strategis serta Implikasinya Terhadap Swasembada Nasional*.
- Ferjani, A. *et al.* (2018) 'An evaluation of Swiss agriculture ' s contribution to food security with decision support system for food security strategy'. doi: 10.1108/BFJ-12-2017-0709.
- Forrester, J. W. (1992) 'Policies, Decisions and Information Sources for Modeling', *European Journal of Operational Research, System Dynamics Review*, 59 No. 1, pp. 42–63.
- Forrester, J. W. (no date) 'System dynamics: a personal view of the first fifty years', *System Dynamics Review*, Vol. 23, p. Nos. 2–3, pp.345–358.
- Guma, I. P. (2018) 'Food Security Policy Analysis Using System Dynamics: The Case of Uganda', 11(1), pp. 72–90. doi: 10.4018/IJITSA.2018010104.
- Guma, I. P., Rwashana, A. S. & Oyo, B. (2016) 'Household Food Security Policy Analysis : A System Dynamics Perspective', (July).
- Hajar, G. (2020) *Model Simulasi Dinamis untuk Meningkatkan Ketersediaan Telur dan Daging Ayam di Jawa Timur*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Indeks Ketahanan Pangan 2018* (2018). Jakarta.
- Jose, A. *et al.* (2017) 'Evaluation of Sustainability of Brazilian Ethanol Production : A model in System Dynamics'.
- Kasryno, F., Pasandaran, E. & Fagi, Achmad M. (2005) 'Dinamika Produksi dan Pembangunan Sistem Komoditi Jagung Indonesia', in Kasryno, F., Pasandaran, E., and Fagi, A. M. (eds) *Ekonomi Jagung Indonesia*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Kelton, W. D. & Law, A. M. (1991) *Simulation Modeling and Analysis*. Third. New

York: McGraw-Hill Education.

Kemendag (2019) *LAPORAN RINGKAS ANALISIS OUTLOOK PANGAN 2015-2019*.

Kementerian Perdagangan (2016) 'Buletin Gejolak Harga Daging Ayam'.

Kementerian Perindustrian (2019) *Analisa Struktur Industri Pakan Ternak dalam Rangka Pengembangan Perwilayahan Industri Studi Kasus pada WPPI Jawa Timur , Provinsi Jawa Timur*. Jakarta.

Kementerian Pertanian (2014) *Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 31/Permentan/Ot.140/2/2014 tentang Pedoman Budi Daya Ayam Pedaging dan Ayam Petelur yang Baik*. Indonesia.

Kementerian Pertanian (2017) *Outlook Daging Ayam Ras 2017*. Edited by A. A. Susanti and Akbar. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.

Kementerian Pertanian (2018) *Kesejahteraan Petani Indonesia Membaik*. Available at: <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=3246> (Accessed: 24 February 2020).

Kleijnen, J. P. C. (1999) 'Validation of Models: Statistical Techniques and Data Availability', *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, pp. 647–654.

LIPI (2017) *Krisis Pangan Ancam Indonesia*. Available at: <http://lipi.go.id/lipimedia/krisis-pangan-ancam-indonesia/19061>.

Litbang Pertanian (2015) *Outlook pangan Strategis Tahun 2015-2019*. Bogor.

Litbang Pertanian (2016) *Review dan Perumusan Indikator Kesejahteraan Petani*. Bogor.

Morecroft, J. D. W. (2015) *Strategic Modelling and Business Dynamics: A Feedback Systems Approach*. Second Edi. Chichester: TJ International Ltd.

Muhammadi, Aminullah, E. & Soesilo, B. (2001) *Analisis Sistem Dinamik: Lingkungan Hidup Sosial, Ekonomi, Manajemen*. Jakarta: UMJ Press.

Murwani, R. (2010) *Broiler Modern*. Pertama. Semarang: Widya Karya.

Paeru, R. H. & Dewi, T. Q. (2017) *Panduan Praktis Budidaya Jagung*. 1st edn. Edited by F. A. Nurrohmah. Jakarta: Penebar Swadaya.

Panikkai, S. (2017) 'Model Pengembangan Produksi Jagung untuk Memenuhi

Kebutuhan Industri dan Peningkatan Perekonomian’.

Pasandaran, E. & Kasryno, F. (2005) ‘Sekilas Ekonomi Jagung Indonesia: Suatu Studi di Sentra Utama Produksi Jagung’, in Kasryono, F., Pasandaran, E., and Fagi, A. M. (eds) *Ekonomi Jagung Indonesia*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

‘Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2015 Tentang Penetapan Dan Penyimpanan Barang Kebutuhan Pokok Dan Barang Penting’ (2015), 151, pp. 10–17. doi: 10.1145/3132847.3132886.

Perum BULOG - Pilar Ketahanan Pangan (2018). Available at: http://www.bulog.co.id/ketahananpangan_pilar.php.

Putra, R. (2018) *Teknik Budidaya Jagung*. Jakarta.

Rahayu, B. *et al.* (2017) *Manajemen Pabrik Pakan*. Denpasar.

Sahle, M., Yeshitela, K. & Saito, O. (2018) ‘Mapping the supply and demand of Enset crop to improve food security in Southern Ethiopia’, *Agronomy for Sustainable Development*. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(1), pp. 1–9. doi: 10.1007/s13593-017-0484-0.

Shreckengost, R. C. (1992) ‘Dynamic Simulation Models: How Valid Are They?’, *System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology*, pp. 1–11.

Sterman, J. D (2000) *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*.

Sterman, John D. (2000) *Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill Companies, Inc.

Sulaiman, A. A. *et al.* (2018) *Cara Cepat Swasembada Jagung*. Edited by H. Sembiring, Yulianto, and I. N. Widiarta. Jakarta: IAARD Press.

Susilorini, E. T. (2008) *Budi Daya 22 Ternak Potensial*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Tangendjaja, B., Yusdja, Y. & Ilham, N. (2005) *Analisis Permintaan Jagung untuk Pakan dalam Ekonomi Jagung Indonesia*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Tsolakis, N. & Singh, J. (2017) ‘A System Dynamics Approach to Food Security through Smallholder Farming in the UK’, 57.

Tsolakis, N. & Srari, J. S. (2017) ‘A System Dynamics approach to food security through smallholder farming in the UK’, *Chemical Engineering Transactions*, 57, pp. 2023–2028. doi: 10.3303/CET1757338.

- ‘Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 Tentang Pangan’ (2012), pp. 1–50.
- Ustriyana, I. N. G. (2015) ‘Dynamic Modeling of Rice Stock in Bali Province , Indonesia’, 7(26), pp. 173–180.
- Xiang, X., Dame, N. & Cabaniss, S. (2005) ‘Verification and Validation of Agent-based Scientific Simulation Models’, pp. 47–55.
- Xu, J. & Ding, Y. (2015) ‘Research on Early Warning of Food Security Using a System Dynamics Model: Evidence from Jiangsu Province in China’, *Journal of Food Science*, 80(1), pp. R1–R9. doi: 10.1111/1750-3841.12649.
- Xu, Z. & Coors, V. (2012) ‘Combining system dynamics model, GIS and 3D visualization in sustainability assessment of urban residential development’, *Building and Environment*. Elsevier Ltd, 47(1), pp. 272–287. doi: 10.1016/j.buildenv.2011.07.012.
- Yusdja, Y. & Pasandaran, E. (1998) ‘Arah restrukturisasi industri agribisnis perunggasan di indonesia’, 16(2), pp. 49–59.
- Yusmichad, Yusdja, Agustian, A. (2003) *Analisis Kebijakan Tarif Jagung Antara Petani Jagung dan Peternak*. Bogor: Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian.
- Zubachtirodin *et al.* (2016) *Pedoman Umum Pengelolaan Terpadu Tanaman Jagung*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN 1

1. Causal Relationship pada CLD

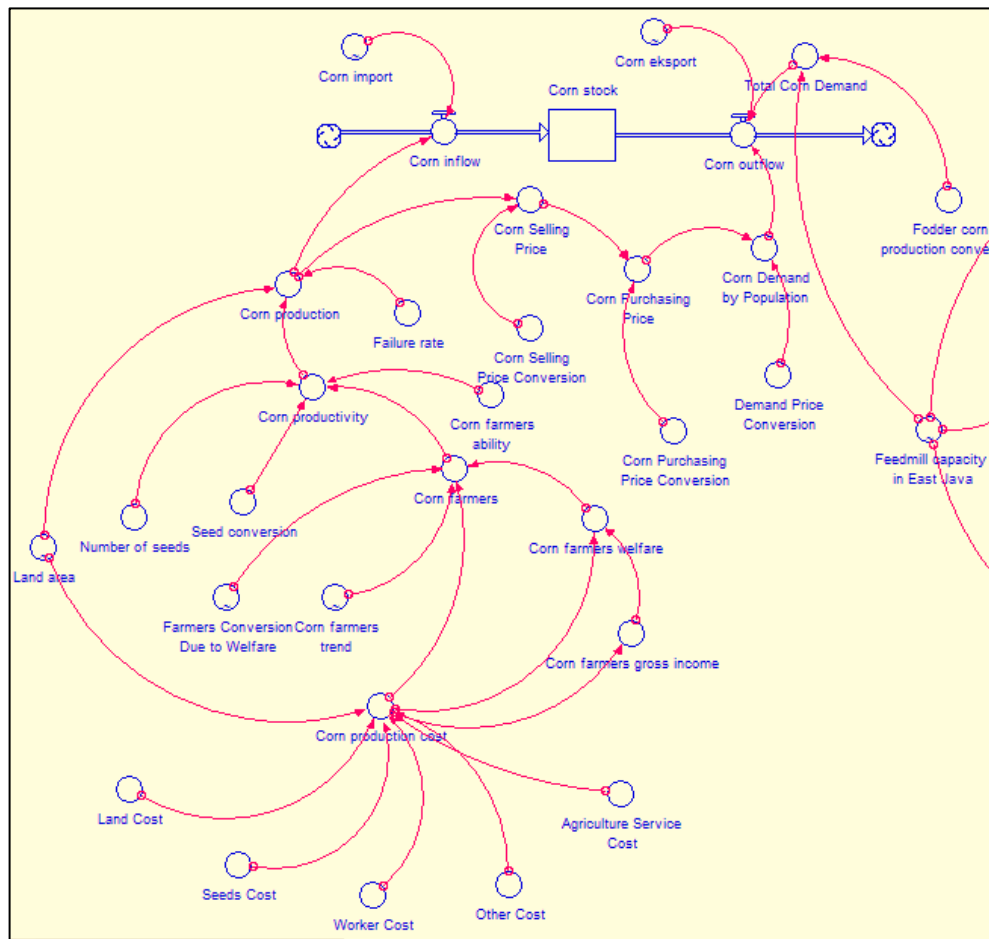
<i>Submodel</i>	<i>Causal</i>	<i>Impact</i>	<i>Relationship</i>
<i>Corn Farmers</i>	<i>Corn productivity</i>	<i>Corn production</i>	<i>Positive</i>
	<i>Corn farmers</i>	<i>Corn production</i>	<i>Positive</i>
	<i>Corn production</i>	<i>Corn stock</i>	<i>Positive</i>
	<i>Corn consumption</i>	<i>Corn stock</i>	<i>Negative</i>
	<i>Corn import</i>	<i>Corn stock</i>	<i>Positive</i>
	<i>Corn stock</i>	<i>Corn export</i>	<i>Positive</i>
	<i>Corn stock</i>	<i>Corn import</i>	<i>Negative</i>
	<i>Corn stock</i>	<i>Corn selling price</i>	<i>Negative</i>
	<i>Corn selling price</i>	<i>Corn farmers income</i>	<i>Positive</i>
	<i>Corn selling price</i>	<i>Corn purchasing price</i>	<i>Positive</i>
	<i>Corn production cost</i>	<i>Corn selling price</i>	<i>Positive</i>
	<i>Corn production cost</i>	<i>Corn farmers income</i>	<i>Negative</i>
	<i>Corn farmers income</i>	<i>Corn farmers welfare</i>	<i>Positive</i>
	<i>Corn farmers welfare</i>	<i>Corn farmers</i>	<i>Positive</i>
	<i>Corn purchasing price</i>	<i>Corn demand</i>	<i>Negative</i>
	<i>Corn demand</i>	<i>Corn purchasing price</i>	<i>Positive</i>
	<i>Corn demand</i>	<i>Corn consumption</i>	<i>Positive</i>
	<i>Fooder stock</i>	<i>Corn demand</i>	<i>Negative</i>
	<i>Fertilizer amount</i>	<i>Corn production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Land area</i>	<i>Corn production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Total man power</i>	<i>Corn production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Number of seeds</i>	<i>Corn production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Fertilizer amount</i>	<i>Corn productivity</i>	<i>Positive</i>
<i>Land area</i>	<i>Corn productivity</i>	<i>Positive</i>	
<i>Planting distance</i>	<i>Corn productivity</i>	<i>Negative</i>	
<i>Total man power</i>	<i>Corn productivity</i>	<i>Positive</i>	
<i>Land area</i>	<i>Planting distance</i>	<i>Positive</i>	
<i>Fodder</i>	<i>Fodder production</i>	<i>Fodder stock</i>	<i>Positive</i>
	<i>Starter broiler consumption</i>	<i>Fodder stock</i>	<i>Negative</i>
	<i>Finisher broiler consumption</i>	<i>Fodder stock</i>	<i>Negative</i>

<i>Submodel</i>	<i>Causal</i>	<i>Impact</i>	<i>Relationship</i>
	<i>Starter laying hens consumption</i>	<i>Fodder stock</i>	<i>Negative</i>
	<i>Grower laying hens consumption</i>	<i>Fodder stock</i>	<i>Negative</i>
	<i>Layer laying hens consumption</i>	<i>Fodder stock</i>	<i>Negative</i>
	<i>Fodder stock</i>	<i>Corn demand</i>	<i>Negative</i>
	<i>Fodder stock</i>	<i>Fodder selling price</i>	<i>Negative</i>
	<i>Feedmill</i>	<i>Fodder production</i>	<i>Positive</i>
	<i>Raw material amount</i>	<i>Fodder production</i>	<i>Positive</i>
	<i>Feedmill capacity</i>	<i>Fodder production</i>	<i>Positive</i>
	<i>Fodder selling price</i>	<i>Fodder purchasing price</i>	<i>Positive</i>
	<i>Fodder purchasing price</i>	<i>Broiler production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Fodder purchasing price</i>	<i>Chicken farmers</i>	<i>Negative</i>
	<i>Fodder purchasing price</i>	<i>Laying hens production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Fodder purchasing price</i>	<i>Laying hens farmers</i>	<i>Negative</i>
<i>Chicken Farmers</i>	<i>DOC broiler</i>	<i>Broiler production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>DOC broiler</i>	<i>Chicken death</i>	<i>Positive</i>
	<i>DOC broiler</i>	<i>Starter broiler</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken farmers</i>	<i>DOC broiler</i>	<i>Positive</i>
	<i>Starter broiler consumption</i>	<i>Broiler production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Finisher broiler</i>	<i>Broiler production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Fodder purchasing price</i>	<i>Broiler production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Finisher broiler consumption</i>	<i>Broiler production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Starter broiler</i>	<i>Broiler production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Broiler production cost</i>	<i>Chicken selling price</i>	<i>Positive</i>
	<i>Broiler production cost</i>	<i>Chicken farmers income</i>	<i>Negative</i>
	<i>Chicken selling price</i>	<i>Chicken farmers income</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken selling price</i>	<i>Chicken purchasing price</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken stock</i>	<i>Chicken selling price</i>	<i>Negative</i>

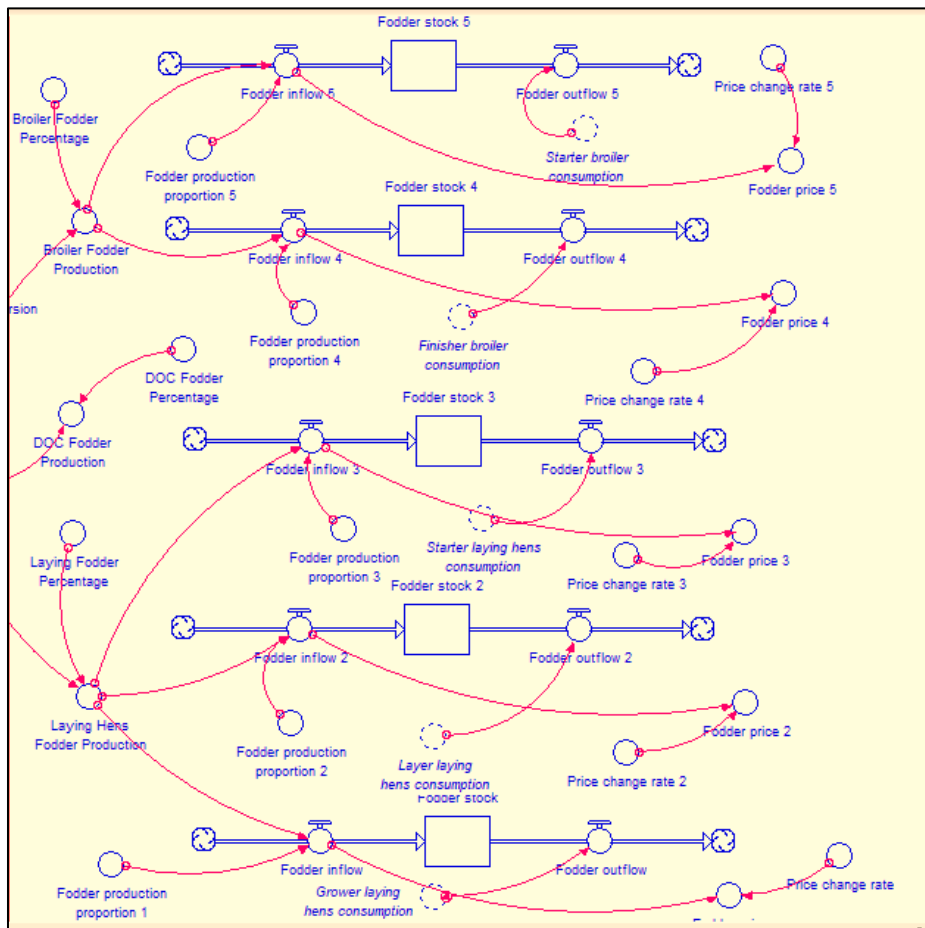
<i>Submodel</i>	<i>Causal</i>	<i>Impact</i>	<i>Relationship</i>
	<i>Chicken purchasing price</i>	<i>Chicken demand</i>	<i>Negative</i>
	<i>Chicken demand</i>	<i>Chicken purchasing price</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken farmers income</i>	<i>Chicken farmers welfare</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken production</i>	<i>Chicken stock</i>	<i>Positive</i>
	<i>Finisher broiler</i>	<i>Chicken production</i>	<i>Positive</i>
	<i>Old laying hens</i>	<i>Chicken production</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken farmers</i>	<i>Chicken production</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken farmers welfare</i>	<i>Chicken farmers</i>	<i>Positive</i>
	<i>Fodder purchasing price</i>	<i>Chicken farmers</i>	<i>Negative</i>
	<i>Finisher broiler</i>	<i>Finisher broiler consumption</i>	<i>Positive</i>
	<i>Finisher broiler consumption</i>	<i>Fodder stock</i>	<i>Negative</i>
	<i>Finisher broiler</i>	<i>Chicken death</i>	<i>Positive</i>
	<i>Starter broiler</i>	<i>Chicken death</i>	<i>Positive</i>
	<i>DOC broiler</i>	<i>Chicken death</i>	<i>Positive</i>
	<i>Starter broiler</i>	<i>Finisher broiler</i>	<i>Positive</i>
	<i>Starter broiler</i>	<i>Starter broiler consumption</i>	<i>Positive</i>
<i>Laying Hens Farmers</i>	<i>DOC laying hens</i>	<i>Chicken death</i>	<i>Positive</i>
	<i>Starter laying hens</i>	<i>Chicken death</i>	<i>Positive</i>
	<i>Grower laying hens</i>	<i>Chicken death</i>	<i>Positive</i>
	<i>Layer laying hens</i>	<i>Chicken death</i>	<i>Positive</i>
	<i>Old laying hens</i>	<i>Chicken death</i>	<i>Positive</i>
	<i>Layer laying hens consumption</i>	<i>Fodder stock</i>	<i>Negative</i>
	<i>Layer laying hens consumption</i>	<i>Laying hens production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Fodder purchasing price</i>	<i>Laying hens production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Grower laying hens consumption</i>	<i>Laying hens production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Starter laying hens consumption</i>	<i>Laying hens production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>DOC laying hens</i>	<i>Laying hens production cost</i>	<i>Positive</i>
	<i>Grower laying hens consumption</i>	<i>Fodder stock</i>	<i>Negative</i>
	<i>Grower laying hens</i>	<i>Grower laying hens consumption</i>	<i>Positive</i>
	<i>Starter laying hens</i>	<i>Starter laying consumption</i>	<i>Positive</i>
	<i>Starter laying hens consumption</i>	<i>Fodder stock</i>	<i>Negative</i>

<i>Submodel</i>	<i>Causal</i>	<i>Impact</i>	<i>Relationship</i>
	<i>Grower laying hens</i>	<i>Grower laying hens consumption</i>	<i>Positive</i>
	<i>Grower laying hens</i>	<i>Layer laying hens</i>	<i>Positive</i>
	<i>Starter laying hens</i>	<i>Grower laying hens</i>	<i>Positive</i>
	<i>Layer laying hens</i>	<i>Old laying hens</i>	<i>Positive</i>
	<i>Layer laying hens</i>	<i>Layer laying hens consumption</i>	<i>Positive</i>
	<i>Layer laying hens</i>	<i>Chicken eggs production</i>	<i>Positive</i>
	<i>Laying hens production cost</i>	<i>Chicken eggs selling price</i>	<i>Positive</i>
	<i>Laying hens production cost</i>	<i>Laying hens farmers</i>	<i>Negative</i>
	<i>DOC laying hens</i>	<i>Starter laying hens</i>	<i>Positive</i>
	<i>Laying hens farmer</i>	<i>DOC laying hens</i>	<i>Positive</i>
	<i>Laying hens farmers</i>	<i>Chicken production</i>	<i>Positive</i>
	<i>Fodder purchasing price</i>	<i>Laying hens farmers</i>	<i>Negative</i>
	<i>Laying hens farmers welfare</i>	<i>Laying hens farmers</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken production</i>	<i>Chicken eggs stock</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken eggs stock</i>	<i>Chicken eggs selling price</i>	<i>Negative</i>
	<i>Chicken eggs selling price</i>	<i>Chicken eggs purchasing price</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken eggs selling price</i>	<i>Laying hens farmers income</i>	<i>Positive</i>
	<i>Laying hens farmers income</i>	<i>Laying hens farmers welfare</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken eggs demand</i>	<i>Chicken eggs purchasing price</i>	<i>Positive</i>
	<i>Chicken eggs purchasing price</i>	<i>Chicken eggs demand</i>	<i>Negative</i>

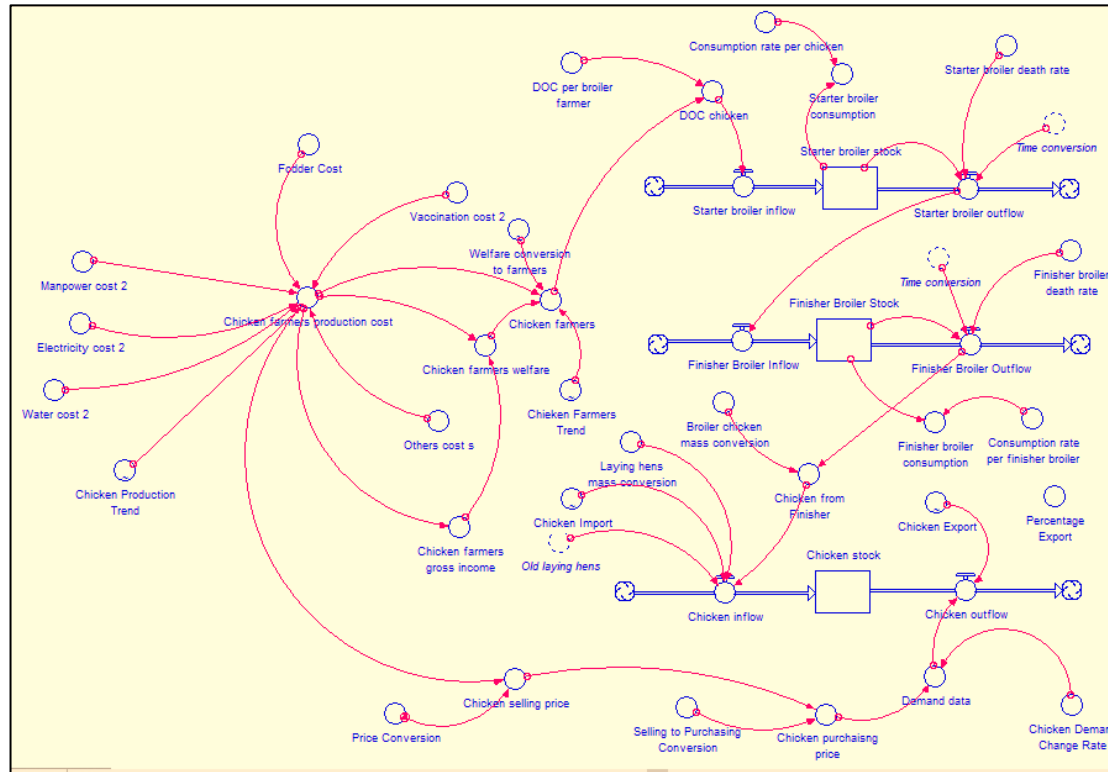
2. Stock Flow Diagram – Submodel Corn Farmers



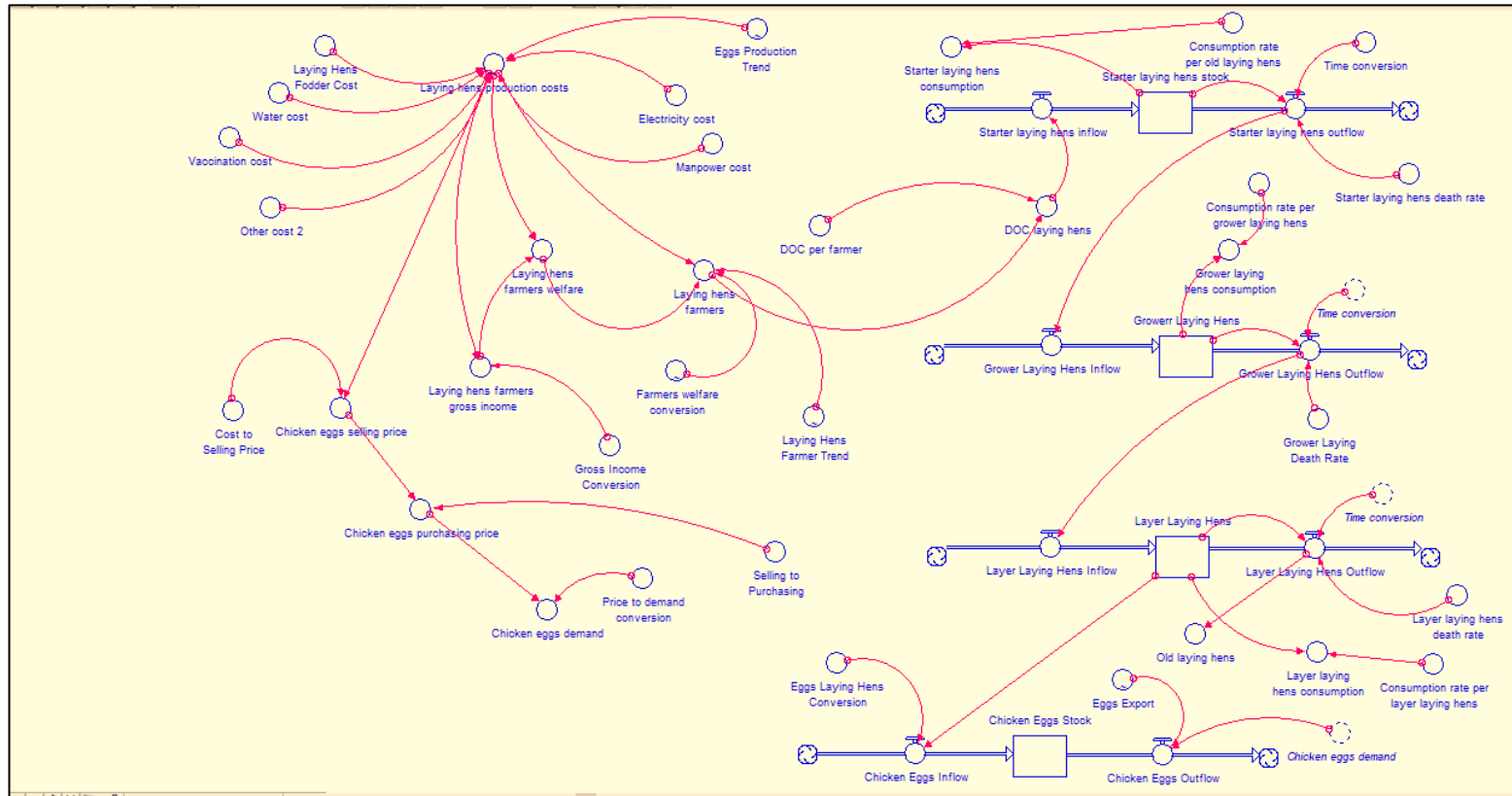
3. Stock Flow Diagram – Submodel Fodder



4. Stock Flow Diagram – Submodel Chicken Farmers



5. Stock Flow Diagram – Submodel Laying Hens Farmers



6. Formula pada *Stock Flow Diagram*

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
1	Stock	<i>Chicken_Eggs_Stock(t)</i>	$Chicken_Eggs_Stock(t - dt) + (Chicken_Eggs_Inflow - Chicken_Eggs_Outflow) * dt$ <i>INIT Chicken_Eggs_Stock = 37238.18</i>
2	Inflow	<i>Chicken_Eggs_Inflow</i>	$Eggs_Laying_Hens_Conversion * Layer_Laying_Hens$
3	Outflow	<i>Chicken_Eggs_Outflow</i>	$Eggs_Export + Chicken_eggs_demand$
4	Stock	<i>Chicken_stock(t)</i>	$Chicken_stock(t - dt) + (Chicken_inflow - Chicken_outflow) * dt$ <i>INIT Chicken_stock = 32477</i>
5	Inflow	<i>Chicken_inflow</i>	$(Old_laying_hens * Laying_hens_mass_conversion) + Chicken_from_Finisher + Chicken_Import$
6	Outflow	<i>Chicken_outflow</i>	$Demand_data + Chicken_Export$
7	Stock	<i>Corn_stock(t)</i>	$Corn_stock(t - dt) + (Corn_inflow - Corn_outflow) * dt$ <i>INIT Corn_stock = 0</i>
8	Inflow	<i>Corn_inflow</i>	$Corn_production + Corn_import$
9	Outflow	<i>Corn_outflow</i>	$Corn_eksport + Total_Corn_Demand + Corn_Demand_by_Population$
10	Stock	<i>Finisher_Broiler_Stock(t)</i>	$Finisher_Broiler_Stock(t - dt) + (Finisher_Broiler_Inflow - Finisher_Broiler_Outflow) * dt$ <i>INIT Finisher_Broiler_Stock = 0</i>
11	Inflow	<i>Finisher_Broiler_Inflow</i>	$Starter_broiler_outflow$

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
12	Outflow	Finisher_Broiler_Outflow	$DELAY(\text{Finisher_Broiler_Stock} * \text{Time_conversion} - \text{Finisher_Broiler_Stock} * \text{Time_conversion} * \text{Finisher_broiler_death_rate}, 0.46)$
13	Stock	Fodder_stock(t)	$Fodder_stock(t - dt) + (Fodder_inflow - Fodder_outflow) * dt$ INIT Fodder_stock = 7868.73
14	Inflow	Fodder_inflow	$Fodder_production_proportion_1 * \text{Laying_Hens_Fodder_Production}$
15	Outflow	Fodder_outflow	$\text{Grower_laying_hens_consumption}$
16	Stock	Fodder_stock_2(t)	$Fodder_stock_2(t - dt) + (Fodder_inflow_2 - Fodder_outflow_2) * dt$ INIT Fodder_stock_2 = 22467
17	Inflow	Fodder_inflow_2	$Fodder_production_proportion_2 * \text{Laying_Hens_Fodder_Production}$
18	Outflow	Fodder_outflow_2	$\text{Layer_laying_hens_consumption}$
19	Stock	Fodder_stock_3(t)	$Fodder_stock_3(t - dt) + (Fodder_inflow_3 - Fodder_outflow_3) * dt$ INIT Fodder_stock_3 = 18884.96
20	Inflow	Fodder_inflow_3	$Fodder_production_proportion_3 * \text{Laying_Hens_Fodder_Production}$
21	Outflow	Fodder_outflow_3	$\text{Starter_laying_hens_consumption}$
22	Stock	Fodder_stock_4(t)	$Fodder_stock_4(t - dt) + (Fodder_inflow_4 - Fodder_outflow_4) * dt$ INIT Fodder_stock_4 = 157374.64
23	Inflow	Fodder_inflow_4	$Fodder_production_proportion_4 * \text{Broiler_Fodder_Production}$
24	Outflow	Fodder_outflow_4	$\text{Finisher_broiler_consumption}$

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
25	Stock	<i>Fodder_stock_5(t)</i>	$Fodder_stock_5(t - dt) + (Fodder_inflow_5 - Fodder_outflow_5) * dt$ INIT <i>Fodder_stock_5</i> = 6000
26	Inflow	<i>Fodder_inflow_5</i>	$Fodder_production_propotion_5 * Broiler_Fodder_Production$
27	Outflow	<i>Fodder_outflow_5</i>	<i>Starter_broiler_consumption</i>
28	Stock	<i>Growerr_Laying_Hens(t)</i>	$Growerr_Laying_Hens(t - dt) + (Grower_Laying_Hens_Inflow - Grower_Laying_Hens_Outflow) * dt$ INIT <i>Growerr_Laying_Hens</i> = 0
29	Inflow	<i>Grower_Laying_Hens_Inflow</i>	$Grower_Laying_Hens_Inflow = Starter_laying_hens_outflow$
30	Outflow	<i>Grower_Laying_Hens_Outflow</i>	$DELAY(Growerr_Laying_Hens * Time_conversion - Growerr_Laying_Hens * Time_conversion * Grower_Laying_Death_Rate, 3)$
31	Stock	<i>Layer_Laying_Hens(t)</i>	$Layer_Laying_Hens(t - dt) + (Layer_Laying_Hens_Inflow - Layer_Laying_Hens_Outflow) * dt$ INIT <i>Layer_Laying_Hens</i> = 0
32	Inflow	<i>Layer_Laying_Hens_Inflow</i>	$Layer_Laying_Hens_Inflow = Grower_Laying_Hens_Outflow$
33	Outflow	<i>Layer_Laying_Hens_Outflow</i>	$DELAY(Layer_Laying_Hens * Time_conversion - Layer_Laying_Hens * Time_conversion * Layer_laying_hens_death_rate, 16)$
34	Stock	<i>Starter_broiler_stock(t)</i>	$Starter_broiler_stock(t - dt) + (Starter_broiler_inflow - Starter_broiler_outflow) * dt$ INIT <i>Starter_broiler_stock</i> = 0

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
35	Inflow	<i>Starter_broiler_inflow</i>	<i>Starter_broiler_inflow = DOC_chicken</i>
36	Outflow	<i>Starter_broiler_outflow</i>	<i>DELAY(Starter_broiler_stock*Time_conversion- Starter_broiler_stock*Time_conversion*Starter_broiler_death_rate,0.7)</i>
37	Stock	<i>Starter_laying_hens_stock(t)</i>	<i>Starter_laying_hens_stock(t - dt) + (Starter_laying_hens_inflow - Starter_laying_hens_outflow) * dt</i> <i>INIT Starter_laying_hens_stock = 0</i>
38	Inflow	<i>Starter_laying_hens_inflow</i>	<i>Starter_laying_hens_inflow = DOC_laying_hens</i>
39	Outflow	<i>Starter_laying_hens_outflow</i>	<i>DELAY(Starter_laying_hens_stock*Time_conversion- Starter_laying_hens_stock*Time_conversion*Starter_laying_hens_death_rate,2)</i>
40	Converter	<i>Agriculture_Service_Cost</i>	<i>197667</i>
41	Converter	<i>Broiler_chicken_mass_conversion</i>	<i>0.001521</i>
42	Converter	<i>Broiler_Fodder_Percentage</i>	<i>0.5</i>
43	Converter	<i>Broiler_Fodder_Production</i>	<i>Broiler_Fodder_Percentage*Feedmill_capacity_in_East_Java</i>
44	Converter	<i>Chicken_Demand_Change_Rate</i>	<i>0.111370094190255</i>
45	Converter	<i>Chicken_eggs_demand</i>	<i>Chicken_eggs_purchasing_price*Price_to_demand_conversion</i>
46	Converter	<i>Chicken_eggs_purchasing_price</i>	<i>Chicken_eggs_selling_price*Selling_to_Purchasing</i>

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
47	Converter	Chicken_eggs_selling_price	Cost_to_Selling_Price*Laying_hens_production_costs
48	Converter	Chicken_farmers	IF (Chicken_farmers_welfare > 0.7241*Chicken_farmers_production_cost) THEN (Chieken_Farmers_Trend+Welfare_conversion_to_farmers*Chieken_Farmers_Trend) ELSE (Chieken_Farmers_Trend-Chieken_Farmers_Trend*Welfare_conversion_to_farmers)
49	Converter	Chicken_farmers_production_cost	(Electricity_cost_2+Fodder_Cost+Manpower_cost_2+Others_cost_s+Vaccination_cost_2+Water_cost_2)*Chicken_Production_Trend
50	Converter	Chicken_farmers_welfare	Chicken_farmers_gross_income- Chicken_farmers_production_cost
51	Converter	Chicken_farmers_gross_income	Chicken_farmers_production_cost/0.72
52	Converter	Chicken_from_Finisher	Broiler_chicken_mass_conversion*Finisher_Broiler_Outflow
53	Converter	Chicken_purchasing_price	Chicken_selling_price*Selling_to_Purchasing_Conversion
54	Converter	Chicken_selling_price	Chicken_farmers_production_cost*Price_Conversion
55	Converter	Consumption_rate_per_chicken	0.001702857
56	Converter	Consumption_rate_per_finisher_broiler	0.004628571

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
57	Converter	<i>Consumption_rate_per_grower_laying_hens</i>	0.00189
58	Converter	<i>Consumption_rate_per_layer_laying_hens</i>	0.0033744
59	Converter	<i>Consumption_rate_per_old_laying_hens</i>	0.0003038
60	Converter	<i>Corn_Demand_by_Population</i>	<i>Corn_Purchasing_Price</i> * <i>Demand_Price_Conversion</i>
61	Converter	<i>Corn_farmers</i>	IF (<i>Corn_farmers_welfare</i> > <i>Corn_production_cost</i> +(0.4* <i>Corn_production_cost</i>)) THEN (<i>Corn_farmers_trend</i> + <i>Corn_farmers_trend</i> * <i>Farmers_Conversion_Due_to_Welfare</i>) ELSE (<i>Corn_farmers_trend</i> - <i>Corn_farmers_trend</i> * <i>Farmers_Conversion_Due_to_Welfare</i>)
62	Converter	<i>Corn_farmers_gross_income</i>	<i>Corn_production_cost</i> +(<i>Corn_production_cost</i> *0.398361697)
63	Converter	<i>Corn_farmers_welfare</i>	<i>Corn_farmers_gross_income</i> - <i>Corn_production_cost</i>
64	Converter	<i>Corn_farmers_ability</i>	0.000219324692122143
65	Converter	<i>Corn_production</i>	<i>Corn_productivity</i> * <i>Land_area</i> - <i>Land_area</i> * <i>Corn_productivity</i> * <i>Failure_rate</i>
66	Converter	<i>Corn_production_cost</i>	<i>Land_area</i> *(<i>Agriculture_Service_Cost</i> + <i>Land_Cost</i> + <i>Other_Cost</i> + <i>Seeds_Cost</i> + <i>Worker_Cost</i>)

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
67	Converter	Corn_productivity	$(\text{Corn_farmers_ability} * \text{Corn_farmers}) + (\text{Seed_conversion} * \text{Number_of_seeds})$
68	Converter	Corn_Purchasing_Price	$\text{Corn_Purchasing_Price_Conversion} * \text{Corn_Selling_Price}$
69	Converter	Corn_Purchasing_Price_Conversion	1.54481580664114
70	Converter	Corn_Selling_Price	$\text{Corn_production} * \text{Corn_Selling_Price_Conversion}$
71	Converter	Corn_Selling_Price_Conversion	0.00652004786079012
72	Converter	Cost_to_Selling_Price	1.61554416923033E-07
73	Converter	Demand_data	$\text{Chicken_purchasing_price} * \text{Chicken_Demand_Change_Rate}$
74	Converter	Demand_Price_Conversion	27.4038274995214
75	Converter	DOC_chicken	$\text{DOC_per_broiler_farmer} * \text{Chicken_farmers}$
76	Converter	DOC_Fodder_Percentage	0.15
77	Converter	DOC_Fodder_Production	$\text{DOC_Fodder_Percentage} * \text{Feedmill_capacity_in_East_Java}$
78	Converter	DOC_laying_hens	$\text{DOC_per_farmer} * \text{Laying_hens_farmers}$
79	Converter	DOC_per_broiler_farmer	1681
80	Converter	DOC_per_farmer	3008
81	Converter	Eggs_Laying_Hens_Conversion	1.875
82	Converter	Electricity_cost	29000
83	Converter	Electricity_cost_2	98018

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
84	Converter	Failure_rate	0.0001/12
85	Converter	Finisher_broiler__consumption	Consumption_rate_per_finisher_broiler*Finisher_Broiler_Stock
86	Converter	Finisher_broiler__death_rate	0.0015
87	Converter	Fodder_corn_production_conversion	0.514
88	Converter	Fodder_Cost	8683975
89	Converter	Fodder_price	Price_change_rate*Fodder_inflow
90	Converter	Fodder_price_2	Price_change_rate_2*Fodder_inflow_2
91	Converter	Fodder_price_3	Fodder_inflow_3*Price_change_rate_3
92	Converter	Fodder_price_4	Price_change_rate_4*Fodder_inflow_4
93	Converter	Fodder_price_5	Price_change_rate_5*Fodder_inflow_5
94	Converter	Fodder_production__proportion_1	0.25
95	Converter	Fodder_production__proportion_2	0.5
96	Converter	Fodder_production__proportion_3	0.25
97	Converter	Fodder_production__proportion_4	0.5
98	Converter	Fodder_production__proportion_5	0.5
99	Converter	Gross_Income_Conversion	0.3481849
100	Converter	Grower_Laying_Death_Rate	0.012
101	Converter	Grower_laying_hens_consumption	Growerr_Laying_Hens*Consumption_rate_per_grower_laying_hens

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
102	Converter	Land_Cost	448120
103	Converter	Layer_laying_hens __death_rate	0.072
104	Converter	Layer_laying__hen s_consumption	Layer_Laying_Hens*Consumption_rate_per_layer _laying_hens
105	Converter	Laying_Fodder_Pe rcentage	0.35
106	Converter	Laying_hens_farme rs_gross_income	Laying_hens_production_costs+Laying_hens_pro duction_costs*Gross_Income_Conversion
107	Converter	Laying_Hens_Fodd er_Cost	1813077
109	Converter	Laying_Hens_Fodd er_Production	Laying_Fodder_Percentage*Feedmill_capacity__i n_East_Java
110	Converter	Laying_hens_mass _conversion	0.001975
111	Converter	Laying_hens_prod uction_costs	(Electricity_cost+Laying_Hens_Fodder_Cost+Ma npower_cost+Other_cost_2+Vaccination_cost+W ater_cost)*Eggs_Production__Trend
112	Converter	Laying_hens__far mers	IF (Laying_hens__farmers_welfare > 0.6518*Laying_hens_production_costs) THEN (Laying_Hens_Farmer_Trend+Laying_Hens_Far mer_Trend*Farmers_welfare_conversion) ELSE (Laying_Hens_Farmer_Trend- Laying_Hens_Farmer_Trend*Farmers_welfare_c onversion)
113	Converter	Laying_hens__far mers_welfare	Laying_hens_farmers_gross_income- Laying_hens_production_costs
114	Converter	Manpower_cost	673205
115	Converter	Manpower_cost_2	1603253

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
116	Converter	Number_of_seeds	10849
117	Converter	Old_laying_hens	Layer_Laying_Hens_Outflow
118	Converter	Others_cost_s	1097312
119	Converter	Other_Cost	295042
120	Converter	Other_cost_2	259454
121	Converter	Percentage_Export	0.0228375
122	Converter	Price_change_rate	0.087764
123	Converter	Price_change_rate _2	0.044793
124	Converter	Price_change_rate _3	0.098658
125	Converter	Price_change_rate _4	0.0433562347564976
126	Converter	Price_change_rate _5	0.0492445505371462
127	Converter	Price_Conversion	5.38365713697668E-08
128	Converter	Price_to_demand_ _conversion	0.877862004801817
129	Converter	Seeds_Cost	224780
130	Converter	Seed_conversion	-0.00238200613388062
131	Converter	Selling_to_Purchas ing	1.1085701955511
132	Converter	Selling_to_Purchas ing_Conversion	1.80260869611283
133	Converter	Starter_broiler_de ath_rate	0.0023
134	Converter	Starter_broiler__c onsumption	Starter_broiler_stock*Consumption_rate_per_chi cken

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
135	Converter	<i>Starter_laying_hens_death_rate</i>	0.01
136	Converter	<i>Starter_laying_hens_consumption</i>	<i>Starter_laying_hens_stock*Consumption_rate_per_old_laying_hens</i>
137	Converter	<i>Time_conversion</i>	1
138	Converter	<i>Total_Corn_Demand</i>	<i>Fodder_corn_production_conversion*Feedmill_capacity_in_East_Java</i>
139	Converter	<i>Vaccination_cost</i>	97364
140	Converter	<i>Vaccination_cost_2</i>	359963
141	Converter	<i>Water_cost</i>	30166
142	Converter	<i>Water_cost_2</i>	67730
143	Converter	<i>Worker_Cost</i>	1653555
144	Converter	<i>Chicken_Export</i>	<i>Chicken_Export = GRAPH(TIME)</i> (0.00, 0.00), (1.00, 12809), (2.00, 8333), (3.00, 10667), (4.00, 9037), (5.00, 9779), (6.00, 7800), (7.00, 12409), (8.00, 8092), (9.00, 10422), (10.0, 8233), (11.0, 6125), (12.0, 9851), (13.0, 7077), (14.0, 7399), (15.0, 8336), (16.0, 9006), (17.0, 7333), (18.0, 7680), (19.0, 9140), (20.0, 8272), (21.0, 7247), (22.0, 6805), (23.0, 7329), (24.0, 7074)
145	Converter	<i>Chicken_Import</i>	<i>Chicken_Import = GRAPH(TIME)</i> (0.00, 0.00), (1.00, 6953), (2.00, 8843), (3.00, 9008), (4.00, 8231), (5.00, 10224), (6.00, 8425), (7.00, 7929), (8.00, 7094), (9.00, 6643), (10.0, 8469), (11.0, 10251), (12.0, 8566), (13.0, 1906), (14.0, 1026), (15.0, 934), (16.0, 1055), (17.0, 1761), (18.0, 2114), (19.0, 2670), (20.0, 1991),

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
			(21.0, 2115), (22.0, 1805), (23.0, 2296), (24.0, 1957)
146	Converter	Chicken_Production_Trend	Chicken_Production_Trend = GRAPH(TIME) (0.00, 0.00), (1.00, 21245), (2.00, 23282), (3.00, 21353), (4.00, 19508), (5.00, 23080), (6.00, 24546), (7.00, 23389), (8.00, 22489), (9.00, 25762), (10.0, 23413), (11.0, 24145), (12.0, 18670), (13.0, 32478), (14.0, 30377), (15.0, 28734), (16.0, 30261), (17.0, 26816), (18.0, 21656), (19.0, 29265), (20.0, 30836), (21.0, 31834), (22.0, 30542), (23.0, 27463), (24.0, 28559)
147	Converter	Chieken_Farmers_Trend	Chieken_Farmers_Trend = GRAPH(TIME) (0.00, 0.00), (1.00, 10020), (2.00, 10060), (3.00, 10010), (4.00, 10004), (5.00, 10054), (6.00, 10076), (7.00, 10062), (8.00, 10032), (9.00, 10082), (10.0, 10067), (11.0, 10069), (12.0, 10004), (13.0, 12577), (14.0, 12595), (15.0, 12607), (16.0, 12681), (17.0, 12687), (18.0, 12605), (19.0, 12559), (20.0, 12652), (21.0, 12550), (22.0, 12598), (23.0, 12677), (24.0, 12607)
148	Converter	Corn_eksport	Corn_eksport = GRAPH(TIME) (0.00, 0.00), (1.00, 82.1), (2.00, 92.6), (3.00, 112), (4.00, 107), (5.00, 97.8), (6.00, 86.6), (7.00, 95.5), (8.00, 107), (9.00, 100), (10.0, 108), (11.0, 98.9), (12.0, 88.2), (13.0, 524), (14.0, 700), (15.0, 922), (16.0, 909), (17.0, 678), (18.0, 649), (19.0, 745),

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
			(20.0, 641), (21.0, 628), (22.0, 599), (23.0, 623), (24.0, 591)
149	Converter	<i>Corn_farmers_trend</i>	<i>Corn_farmers_trend</i> = GRAPH(TIME) (0.00, 0.00), (1.00, 141395), (2.00, 141826), (3.00, 142551), (4.00, 141440), (5.00, 141377), (6.00, 140494), (7.00, 139774), (8.00, 141128), (9.00, 140979), (10.0, 141308), (11.0, 139303), (12.0, 140955), (13.0, 142423), (14.0, 143260), (15.0, 143484), (16.0, 141756), (17.0, 142606), (18.0, 142175), (19.0, 141109), (20.0, 139936), (21.0, 141595), (22.0, 140641), (23.0, 141764), (24.0, 141937)
150	Converter	<i>Corn_import</i>	<i>Corn_import</i> = GRAPH(TIME) 0.00, 0.00), (1.00, 22525), (2.00, 20533), (3.00, 19191), (4.00, 22918), (5.00, 24808), (6.00, 29278), (7.00, 30415), (8.00, 33861), (9.00, 32876), (10.0, 20125), (11.0, 25613), (12.0, 28354), (13.0, 37170), (14.0, 33260), (15.0, 32505), (16.0, 30907), (17.0, 38088), (18.0, 38605), (19.0, 37388), (20.0, 39618), (21.0, 38494), (22.0, 39717), (23.0, 39525), (24.0, 37057)
151	Converter	<i>Eggs_Export</i>	<i>Eggs_Export</i> = GRAPH(TIME) (0.00, 0.00), (1.00, 16646), (2.00, 18387), (3.00, 22802), (4.00, 19543), (5.00, 18306), (6.00, 20715), (7.00, 19022), (8.00, 17818), (9.00, 16779), (10.0, 20900), (11.0, 19897), (12.0, 17670)

No.	Model Building	Variabel	Formula/Value
152	Converter	<i>Eggs_Production_Trend</i>	<i>Eggs_Production_Trend = GRAPH(TIME)</i> (0.00, 0.00), (1.00, 32226), (2.00, 41098), (3.00, 39786), (4.00, 31208), (5.00, 34782), (6.00, 36960), (7.00, 42349), (8.00, 40235), (9.00, 32845), (10.0, 44134), (11.0, 38685), (12.0, 41505), (13.0, 37238), (14.0, 38490), (15.0, 41819), (16.0, 38414), (17.0, 36718), (18.0, 40526), (19.0, 39348), (20.0, 38074), (21.0, 38562), (22.0, 41023), (23.0, 44593), (24.0, 42902)
153	Converter	<i>Farmers_Conversion_Due_to_Welfare</i>	<i>Farmers_Conversion_Due_to_Welfare = GRAPH(TIME)</i> (0.00, 0.00), (1.00, 0.008), (2.00, 0.013), (3.00, 0.021), (4.00, 0.001), (5.00, 0.016), (6.00, 0.013), (7.00, 0.026), (8.00, 0.002), (9.00, 0.006), (10.0, 0.038), (11.0, 0.032), (12.0, 0.124), (13.0, 0.014), (14.0, 0.003), (15.0, 0.028), (16.0, 0.014), (17.0, 0.007), (18.0, 0.018), (19.0, 0.02), (20.0, 0.029), (21.0, 0.016), (22.0, 0.019), (23.0, 0.003), (24.0, 0.02)
154	Converter	<i>Farmers_welfare_conversion</i>	<i>Farmers_welfare_conversion = GRAPH(TIME)</i> (0.00, 0.00), (1.00, 0.022), (2.00, 0.028), (3.00, 0.128), (4.00, 0.101), (5.00, 0.149), (6.00, 0.151), (7.00, 0.019), (8.00, 0.079), (9.00, 0.134), (10.0, 0.136), (11.0, 0.082), (12.0, 0.058)
155	Converter	<i>Feedmill_capacity_in_East_Java</i>	<i>Feedmill_capacity_in_East_Java = GRAPH(TIME)</i>

No.	<i>Model Building</i>	Variabel	Formula/Value
			(0.00, 0.00), (1.00, 499256), (2.00, 478666), (3.00, 547474), (4.00, 496658), (5.00, 502568), (6.00, 548364), (7.00, 521109), (8.00, 515372), (9.00, 528885), (10.0, 487692), (11.0, 501544), (12.0, 472453), (13.0, 615381), (14.0, 616235), (15.0, 610436), (16.0, 619208), (17.0, 600891), (18.0, 606276), (19.0, 610450), (20.0, 610806), (21.0, 630736), (22.0, 619177), (23.0, 640159), (24.0, 650244)
156	<i>Converter</i>	<i>Land_area</i>	<i>Land_area = GRAPH(TIME)</i> (0.00, 0.00), (1.00, 105541), (2.00, 106403), (3.00, 107853), (4.00, 105631), (5.00, 105505), (6.00, 103737), (7.00, 102298), (8.00, 105006), (9.00, 104709), (10.0, 105367), (11.0, 101356), (12.0, 104660), (13.0, 117720), (14.0, 119395), (15.0, 119843), (16.0, 116387), (17.0, 118087), (18.0, 117224), (19.0, 115094), (20.0, 112746), (21.0, 116066), (22.0, 114156), (23.0, 116402), (24.0, 116749)
157	<i>Converter</i>	<i>Laying_Hens_Farmer_Trend</i>	<i>Laying_Hens_Farmer_Trend = GRAPH(TIME)</i> (0.00, 0.00), (1.00, 1361), (2.00, 1439), (3.00, 1410), (4.00, 1355), (5.00, 1392), (6.00, 1400), (7.00, 1446), (8.00, 1431), (9.00, 1382), (10.0, 1447), (11.0, 1404), (12.0, 1445), (13.0, 1412), (14.0, 1429), (15.0, 1461), (16.0, 1427), (17.0, 1404), (18.0, 1444), (19.0, 1444), (20.0, 1415), (21.0, 1442), (22.0, 1454), (23.0, 1466), (24.0, 1464)

No.	<i>Model Building</i>	Variabel	Formula/Value
158	<i>Converter</i>	<i>Welfare_conversion_to_farmers</i>	<i>Welfare_conversion_to_farmers = GRAPH(TIME)</i> <i>(0.00, 0.00), (1.00, 0.0013), (2.00, 0.001), (3.00, 0.0059), (4.00, 0.0004), (5.00, 0.009), (6.00, 0.0064), (7.00, 0.0036), (8.00, 0.0074), (9.00, 0.008), (10.0, 0.0038), (11.0, 0.0062), (12.0, 0.0055)</i>

7. Hasil Simulasi (Jumlah Produksi Komoditas)

Bulan	Jumlah Produksi		
	Jagung (ton)	Daging ayam (ton)	Telur Ayam (ton)
1	519.354,573	-	-
2	517.025,141	398,65	-
3	514.025,196	12.950,83	-
4	543.770,675	33.639,38	-
5	492.595,628	34.137,52	-
6	474.163,354	23.650,30	29.167,16
7	410.870,643	21.556,07	1.997.223,74
8	530.125,238	25.631,66	12.346.088,14
9	512.259,470	27.226,60	8.096.666,05
10	418.538,531	25.819,12	52.409.017,88
11	378.310,393	24.884,51	56.201.437,08
12	129.680,326	25.380,33	66.864.113,89
13	583.556,072	25.874,40	71.602.698,78
14	654.735,732	25.747,54	71.602.698,78
15	568.774,283	28.603,97	71.602.698,78
16	560.160,314	33.930,17	74.235.842,09
17	615.898,052	34.279,17	92.247.157,36
18	560.189,638	31.768,10	108.631.230,83
19	516.458,937	31.307,68	116.521.286,37
20	446.357,280	32.208,71	131.701.532,80
21	547.362,717	32.319,52	138.131.163,15
22	504.290,915	31.983,17	138.131.163,15
23	600.243,698	31.944,68	137.754.319,06
24	544.663,0431	31.975,00	136.286.959,57

8. Hasil Simulasi (Jumlah Stok Komoditas)

Bulan	Jumlah Stok		
	Jagung (kg)	Daging ayam (kg)	Telur Ayam (kg)
1	838.871,930	32.477,00	37.238,18
2	983.696,853	29.255,44	25.481,71
3	1.093.299,077	22.953,51	0,00
4	1.154.048,757	23.208,09	0,00
5	1.136.117,121	40.692,63	0,00
6	1.108.306,641	73.292,32	0,00
7	1.268.630,886	100.808,74	0,00
8	1.435.929,802	118.431,37	370.318,40
9	1.561.003,810	135.310,84	5.259.742,96
10	1.699.622,652	156.782,26	25.818.715,21
11	1.858.059,645	178.098,43	73.336.174,51
12	1.976.711,124	202.082,50	126.581.292,03
13	2.055.094,012	226.341,56	186.216.133,48
14	2.126.089,129	246.147,96	256.293.733,37
15	2.226.968,144	262.279,83	327.861.556,47
16	2.334.612,476	278.065,71	399.428.452,94

Bulan	Jumlah Stok		
	Jagung (kg)	Daging ayam (kg)	Telur Ayam (kg)
17	2.461.118,741	297.455,31	471.208,389,56
18	838.871,930	321.185,68	550.937,335,29
19	983.696,853	345.716,24	651.892,880,86
20	1.093.299,077	368.044,70	762.862,905,04
21	1.154.048,757	389.453,89	884.508,280,67
22	1.136.117,121	411.919,26	1.020.190.726,82
23	1.108.306,641	434.978,34	1.158.286.203,38
24	1.268.630,886	458.534,83	1.296.333.149,53

9. Hasil Simulasi (Jumlah Stok Pakan Ternak)

Bulan	Jumlah Stok Pakan				
	Broiler Starter (ton)	Broiler Finisher (ton)	Petelur Starter (ton)	Petelur Grower (ton)	Petelur Layer (ton)
1	51.013,45	204.179,86	35.189,69	24.250,56	55.230,65
2	152.958,50	325.545,00	77.278,54	67.259,83	141.249,20
3	241.656,86	418.488,91	119.254,79	111.371,11	229.531,28
4	340.639,50	456.178,89	162.473,55	155.599,78	322.004,40
5	439.411,16	475.396,69	203.366,92	188.692,92	409.307,41
6	542.908,62	528.946,03	247.519,46	207.898,46	500.262,17
7	648.079,82	597.716,97	294.580,20	214.217,53	593.706,45
8	748.082,15	651.127,65	339.979,12	215.693,36	675.657,05
9	849.633,63	698.612,07	384.896,89	229.263,69	729.672,24
10	949.781,99	747.596,42	428.077,59	269.354,96	733.944,16
11	1.044.285,35	794.704,01	468.482,17	312.482,51	724.303,58
12	1.138.017,80	840.284,82	508.553,52	355.413,04	702.774,07
13	1.240.447,75	893.104,20	552.626,03	398.756,05	668.651,15
14	1.360.606,78	968.345,13	606.080,94	434.254,03	647.537,00
15	1.476.041,33	1.036.165,42	659.811,25	459.366,73	626.135,67
16	1.592.300,65	1.088.301,66	713.302,78	478.209,01	604.291,62
17	1.709.885,63	1.136.629,89	765.591,12	503.980,40	567.901,52
18	1.824.936,06	1.189.499,04	815.861,32	550.175,26	491.660,01
19	1.940.686,16	1.246.053,75	865.899,02	603.361,35	398.256,95
20	2.057.285,70	1.300.923,07	916.664,80	656.787,41	286.122,59
21	2.175.956,99	1.356.955,94	969.660,22	707.719,19	150.073,38
22	2.296.675,39	1.415.954,50	1.024.470,35	747.244,53	11.101,76
23	2.417.532,24	1.475.360,07	1.079.312,24	779.208,53	0,00
24	2.542.406,31	1.538.904,35	1.134.866,62	809.929,90	0,00

10. Hasil Simulasi (Harga Jual & Harga Beli Komoditas)

Bulan	Jagung		Daging Ayam		Telur Ayam	
	Harga Jual	Harga Beli	Harga Jual	Harga Beli	Harga Jual	Harga Beli
1	Rp3.386,22	Rp5.231,08	Rp13.622,21	Rp24.555,51	Rp15,110.12	Rp16,750.63
2	Rp3.371,03	Rp5.207,62	Rp14.928,49	Rp26.910,23	Rp19,269.84	Rp21,361.97
3	Rp3.351,47	Rp5.177,40	Rp13.692,00	Rp24.681,31	Rp18,654.42	Rp20,679.74
4	Rp3.545,41	Rp5.477,01	Rp12.508,78	Rp22.548,43	Rp14,632.69	Rp16,221.37

Bulan	Jagung		Daging Ayam		Telur Ayam	
	Harga Jual	Harga Beli	Harga Jual	Harga Beli	Harga Jual	Harga Beli
5	Rp3.211,75	Rp4.961,56	Rp14.798,79	Rp26.676,43	Rp15.110,12	Rp16.750,63
6	Rp3.091,57	Rp4.775,90	Rp15.739,11	Rp28.371,46	Rp19.269,84	Rp21.361,97
7	Rp2.678,90	Rp4.138,40	Rp14.996,95	Rp27.033,63	Rp18.654,42	Rp20.679,74
8	Rp3.456,44	Rp5.339,57	Rp14.420,39	Rp25.994,33	Rp14.632,69	Rp16.221,37
9	Rp3.339,96	Rp5.159,62	Rp16.518,65	Rp29.776,67	Rp16.308,27	Rp18.078,87
10	Rp2.728,89	Rp4.215,63	Rp15.012,70	Rp27.062,02	Rp17.329,52	Rp19.210,99
11	Rp2.466,60	Rp3.810,45	Rp15.482,23	Rp27.908,40	Rp19.856,47	Rp22.012,29
12	Rp845,5	Rp1.306,18	Rp11.971,09	Rp21.579,20	Rp18.865,13	Rp20.913,32
13	Rp3.804,81	Rp5.877,74	Rp20.824,89	Rp37.539,13	Rp15.400,32	Rp17.072,34
14	Rp4.268,91	Rp6.594,68	Rp19.478,00	Rp35.111,21	Rp20.693,09	Rp22.939,75
15	Rp3.708,44	Rp5.728,85	Rp18.424,21	Rp33.211,65	Rp18.138,57	Rp20.107,88
16	Rp3.652,27	Rp5.642,09	Rp19.403,62	Rp34.977,13	Rp19.460,62	Rp21.573,47
17	Rp4.015,68	Rp6.203,49	Rp17.194,59	Rp30.995,12	Rp17.460,01	Rp19.355,65
18	Rp3.652,46	Rp5.642,38	Rp13.886,18	Rp25.031,35	Rp18.047,17	Rp20.006,55
19	Rp3.367,34	Rp5.201,92	Rp18.765,03	Rp33.826,01	Rp19.607,70	Rp21.736,51
20	Rp2.910,27	Rp4.495,83	Rp19.772,07	Rp35.641,30	Rp18.011,47	Rp19.966,98
21	Rp3.568,83	Rp5.513,19	Rp20.411,90	Rp36.794,68	Rp17.216,08	Rp19.085,24
22	Rp3.288,00	Rp5.079,36	Rp19.583,55	Rp35.301,49	Rp19.001,72	Rp21.064,74
23	Rp3.913,62	Rp6.045,82	Rp17.609,41	Rp31.742,87	Rp18.449,34	Rp20.452,39
24	Rp3.551,23	Rp5.485,99	Rp18.312,50	Rp33.010,28	Rp17.851,74	Rp19.789,90

11. Hasil Simulasi (Harga Pakan)

Bulan	Harga Pakan				
	Broiler Starter	Broiler Finisher	Petelur Starter	Petelur Grower	Petelur Layer
1	Rp6.146,40	Rp5.411,46	Rp4.309,86	Rp3.833,96	Rp3.913,55
2	Rp5.892,93	Rp5.188,29	Rp4.132,12	Rp3.675,85	Rp3.752,16
3	Rp6.740,02	Rp5.934,10	Rp4.726,11	Rp4.204,24	Rp4.291,52
4	Rp6.114,43	Rp5.383,31	Rp4.287,44	Rp3.814,01	Rp3.893,19
5	Rp6.187,18	Rp5.447,36	Rp4.338,45	Rp3.859,39	Rp3.939,52
6	Rp6.750,99	Rp5.943,75	Rp4.733,80	Rp4.211,08	Rp4.298,50
7	Rp6.415,44	Rp5.648,33	Rp4.498,51	Rp4.001,78	Rp4.084,85
8	Rp6.344,82	Rp5.586,15	Rp4.448,99	Rp3.957,72	Rp4.039,89
9	Rp6.511,18	Rp5.732,62	Rp4.565,64	Rp4.061,49	Rp4.145,81
10	Rp6.004,04	Rp5.286,12	Rp4.210,03	Rp3.745,15	Rp3.822,90
11	Rp6.174,58	Rp5.436,26	Rp4.329,62	Rp3.851,53	Rp3.931,49
12	Rp5.816,43	Rp5.120,94	Rp4.078,48	Rp3.628,13	Rp3.703,45
13	Rp7.576,05	Rp6.670,16	Rp5.312,33	Rp4.725,73	Rp4.823,84
14	Rp7.586,56	Rp6.679,41	Rp5.319,70	Rp4.732,29	Rp4.830,53
15	Rp7.515,16	Rp6.616,55	Rp5.269,64	Rp4.687,75	Rp4.785,07
16	Rp7.623,15	Rp6.711,63	Rp5.345,36	Rp4.755,11	Rp4.853,83
17	Rp7.397,65	Rp6.513,09	Rp5.187,24	Rp4.614,45	Rp4.710,25
18	Rp7.463,95	Rp6.571,46	Rp5.233,72	Rp4.655,80	Rp4.752,46
19	Rp7.515,33	Rp6.616,70	Rp5.269,75	Rp4.687,86	Rp4.785,18
20	Rp7.519,72	Rp6.620,56	Rp5.272,83	Rp4.690,59	Rp4.787,97
21	Rp7.765,08	Rp6.836,59	Rp5.444,88	Rp4.843,64	Rp4.944,20
22	Rp7.622,77	Rp6.711,30	Rp5.345,09	Rp4.754,88	Rp4.853,59

Bulan	Harga Pakan				
	Broiler Starter	Broiler Finisher	Petelur Starter	Petelur Grower	Petelur Layer
23	Rp7.881,09	Rp6.938,73	Rp5.526,22	Rp4.916,01	Rp5.018,07
24	Rp8.005,24	Rp7.048,03	Rp5.613,28	Rp4.993,45	Rp5.097,12

12. Hasil Simulasi (Jumlah Petani Jagung & Peternak Ayam)

Bulan	Jumlah Petani & Peternak		
	Petani Jagung (orang)	Peternak Ayam Broiler (orang)	Peternak Ayam Petelur (orang)
1	140.264	10.007	1.331
2	139.982	10.050	1.399
3	139.557	9.751	1.230
4	141.299	10.000	1.218
5	139.115	9.964	1.185
6	138.668	10.012	1.189
7	136.140	10.026	1.419
8	140.846	9.958	1,318
9	140.133	10.001	1.197
10	135.938	10.029	1.250
11	134.845	10.007	1.289
12	123.477	9.949	1.361
13	140.429	12.508	1.330
14	142.830	12.526	1.346
15	139.466	12.538	1.376
16	139.771	12.611	1.344
17	141.608	12.617	1.323
18	139.616	12.536	1.360
19	138.287	12.490	1.360
20	135.878	12.582	1.333
21	139.329	12.481	1.358
22	137.969	12.529	1.370
23	141,339	12.607	1.381
24	139,098	12.538	1.379

13. Hasil Simulasi (Jumlah Petani Jagung & Peternak Ayam dan Kesejahteraan Petani, Peternak Ayam)

Bulan	Kesejahteraan (Pendapatan Petani & Peternak)		
	Petani Jagung	Peternak Ayam Broiler	Peternak Ayam Petelur
1	Rp118.527.060.706,00	Rp98.400.118.328,60	Rp32.565.589.208,10
2	Rp119.495.082.260,00	Rp107.836.087.468,00	Rp41.530.685.808,60
3	Rp121.124.331.400,00	Rp98.904.239.552,60	Rp40.204.341.171,90
4	Rp118.628.494.307,00	Rp90.357.244.930,80	Rp31.536.632.031.50
5	Rp118.487.259.922,00	Rp106.899.174.190,00	Rp35.147.875.191,20

Bulan	Kesejahteraan (Pendapatan Petani & Peternak)		
	Petani Jagung	Peternak Ayam Broiler	Peternak Ayam Petelur
6	Rp116.502.049.820,00	Rp113.691.610.186,00	Rp37.348.879.912,20
7	Rp114.885.199.118,00	Rp108.330.574.623,00	Rp42.795.004.408,90
8	Rp117.926.679.804,00	Rp104.165.831.137,00	Rp40.658.461.090,10
9	Rp117.592.899.019,00	Rp119.322.631.289,00	Rp33.191.043.673,50
10	Rp118.331.796.532,00	Rp108.444.330.753,00	Rp44.598.114.833,60
11	Rp113.827.614.570,00	Rp111.835.986.463,00	Rp39.092.561.350,10
12	Rp117.537.611.417,00	Rp86.473.278.995,70	Rp41.941.878.616,60
13	Rp132.205.480.628,00	Rp150.428.772.779,00	Rp37.630.119.179,80
14	Rp134.086.550.587,00	Rp140.699.474.007,00	Rp38.895.569.568,20
15	Rp134.588.844.568,00	Rp133.087.447.323,00	Rp42.258.850.055,10
16	Rp130.708.425.345,00	Rp140.162.189.351,00	Rp38.818.638.285,00
17	Rp132.616.729.193,00	Rp124.205.251.920,00	Rp37.104.403.551,30
18	Rp131.648.539.182,00	Rp100.306.923.046,00	Rp40.952.847.290,50
19	Rp129.255.595.652,00	Rp135.549.368.989,00	Rp39.762.347.555,90
20	Rp126.619.433.843,00	Rp142.823.693.740,00	Rp38.474.372.560,90
21	Rp130.347.275.906,00	Rp147.445.546.042,00	Rp38.967.933.277,60
22	Rp128.202.885.127,00	Rp141.461.955.043,00	Rp41.454.855.997,90
23	Rp130.724.990.288,00	Rp127.201.679.184,00	Rp45.061.945.899,00
24	Rp131.114.283.285,00	Rp132.280.501.350,00	Rp43.353.622.737,70

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Ni Made Cyntia Utami berasal dari sebuah kota kabupaten di Bali, yaitu Kabupaten Tabanan. Penulis menamatkan pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya, Malang pada konsentrasi Rekayasa Sistem Industri di tahun 2015. Setelah itu penulis bergabung di salah satu perusahaan Astra Group, tepatnya di PT Suryaraya Rubberindo Industries, sebuah perusahaan manufaktur *tire & tube* untuk sepeda motor. Ketika bekerja penulis menjadi salah satu *Section Head* di bagian *Corporate Risk Management* sebagai penanggung jawab untuk *Business Continuity Planning & Insurance*. Pada bulan Juli 2018 penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan magister di Departemen Teknik Sistem & Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya dengan mengambil konsentrasi Manajemen Logistik & Rantai Pasok. Pada penelitian tesis, penulis mengambil topik penelitian terkait ketahanan pangan dan simulasi, khususnya simulasi sistem dinamis. Apabila terdapat pertanyaan lebih lanjut terkait *risk management* dan simulasi, penulis dapat dihubungi melalui email: nmcyntiautami@gmail.com.