



**PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYEDIAAN PAKAN TERNAK SAPI
POTONG BERBASIS LIMBAH TANAMAN PANGAN DI PESISIR
SELATAN KABUPATEN LUMAJANG**

TESIS

Oleh

**HAMIDAH
NIM 161720101004**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI AGROINDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2020



**PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYEDIAAN PAKAN TERNAK SAPI
POTONG BERBASIS LIMBAH TANAMAN PANGAN DI PESISIR SELATAN
KABUPATEN LUMAJANG**

TESIS

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Magister
Jurusan Teknologi Agroindustri
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Oleh

**HAMIDAH
NIM 161720101004**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI AGROINDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT, yang Maha Sempurna, Maha Penolong pada setiap hamba-Nya;
2. Bapak Jayanto, Ibu Kunayah dan Mas Mistaman yang selalu memberikan doa tulus, kasih sayang dan semangat yang tak ternilai harganya untuk mendapatkan hasil yang terbaik;
3. Zainal Abidin Soleh dan Dzakiyah Talita Abidah yang selalu memberikan do'a, semangat, motivasi, dan inspirasi;
4. Guru-guru SDN Penanggal 05, SMP N 2 Candipuro, SMA N Pasirian hingga dosen-dosen Fakultas Teknologi Pertanian yang selama ini telah memberikan ilmu pengetahuannya;
5. Teman-teman seperjuangan MTA 2016, terimakasih untuk persahabatan yang pernah terjalin selama ini;
6. Almamaterku FTP-UJ.

MOTTO

“Sesuatu yang belum dikerjakan seringkali tampak mustahil, kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik “

(Evelyn Underhill)

“Jika anda mempunyai pekerjaan, jangan hanya dipikirkan tapi dikerjakan”

“Malas adalah musuh terbesar manusia, lawan rasa malas anda dengan niat yang sungguh-sungguh”

“Jika orang lain bisa, kenapa anda tidak”

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hamidah

NIM : 161720101004

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Karya Ilmiah yang berjudul **“Pemodelan Sistem Dinamis Penyediaan Pakan Ternak Sapi Potong Berbasis Limbah Tanaman Pangan di Pesisir Selatan Kabupaten Lumajang”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika ada pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan kepada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan kebenaran isi laporan ini sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Desember 2020

Yang menyatakan,

Hamidah

161720101004

TESIS

**PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYEDIAAN PAKAN
TERNAK SAPI POTONG BERBASIS LIMBAH TANAMAN
PANGAN DI PESISIR SELATAN KABUPATEN LUMAJANG**

Oleh

**Hamidah
NIM 161720101004**

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Ir. Achmad Subagio, M.Agr, Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Bambang Herry P, STP, MSi

PENGESAHAN

Karya Ilmiah berjudul “**Pemodelan Sistem Dinamis Penyediaan Pakan Ternak Sapi Potong Berbasis Limbah Tanaman Pangan di Pesisir Selatan Kabupaten Lumajang**”, karya Hamidah, NIM 161720101004 telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember pada :

Hari/Tanggal : Rabu/28 Oktober 2020

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Prof. Ir. Achmad Subagio M.Agr, Ph.D
NIP. 196905171992011001

Dr. Bambang Herry P, STP, MSi
NIP. 197505301999031002

Tim Penguji :

Ketua

Anggota

Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.
NIP. 197311301999032001

Dr. Ida Bagus Suryaningrat, S.TP., M.M
NIP.197008031994031004

Mengesahkan,

Dekan

Fakultas Teknologi Pertanian

Dr. Ir. Siswoyo Soekarno S.TP., M.Eng
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

“Pemodelan Sistem Dinamis Penyediaan Pakan Ternak Sapi Potong Berbasis Limbah Tanaman Pangan di Pesisir Selatan Kabupaten Lumajang”; Hamidah, 161720101004; 2020; 84 halaman; Program Studi Teknologi Agroindustri, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Kabupaten Lumajang merupakan salah satu Kabupaten di selatan Jawa Timur yang memiliki 5 kecamatan pesisir. Kabupaten Lumajang merupakan wilayah pengembangan ternak sapi potong yang potensial. Hal ini ditunjang ketersediaan pakan dari limbah tanaman pangan yang mencukupi. Budidaya ternak sapi potong merupakan usaha yang bersifat turun-menurun dengan pola pemeliharaan sesuai dengan kemampuan peternak, bukan sesuai dengan kebutuhan ternaknya. Hal ini yang menyebabkan perkembangan sapi potong agak lambat dan cenderung tetap. Keberhasilan maupun kegagalan usaha peternakan sapi potong banyak ditentukan oleh pakan. Permasalahan yang umumnya terjadi adalah penyediaan hijauan pakan yang tidak selamanya mudah. Salah satu penghambat dalam penyediaan pakan adalah pengaruh iklim. Oleh karena itu dibutuhkan alternatif pakan yang dapat membantu terpenuhinya kebutuhan pakan ternak.

Alternatif pakan yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan limbah tanaman pangan seperti jerami padi dan jerami jagung. Limbah tanaman pangan akan bernilai guna jika dimanfaatkan sebagai pakan ternak melalui pengolahan. Adanya teknologi pakan akan mengubah limbah tanaman pangan menjadi silase yang dapat digunakan sebagai pakan ternak. Permasalahan saat ini adalah belum adanya industri yang mengolah limbah tanaman pangan tersebut menjadi silase, sehingga pada penelitian ini memfokuskan pada analisis ketersediaan pakan ternak sapi potong. Penyediaan pakan harus dilakukan terus menerus agar kebutuhan pakan sapi potong dapat terpenuhi dengan baik. Oleh karena itu dibutuhkan suatu model untuk

menganalisis sistem persediaan pakan ternak. Model simulasi sistem dinamis merupakan salah satu model yang dapat digunakan untuk melihat kurangnya persediaan pakan ternak dilihat dari berbagai faktor. Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan model sistem dinamis penyediaan pakan ternak sapi potong berbasis limbah tanaman pangan di pesisir selatan Kabupaten Lumajang. Penelitian ini dilakukan 3 tahap, yaitu tahap identifikasi sistem, tahap pembuatan model dan tahanan analisis kebijakan. Analisis simulasi sistem dinamis diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Powersim Studio 2005* dan digunakan Microsoft Excel untuk mengolah beragam fungsi aritmatika dasar. Metode analisis yang dilakukan pada penelitian ini ada beberapa macam, antara lain MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), regresi linear sederhana dan statistik deskriptif.

Hasil penelitian ini menunjukkan pesisir Selatan Kabupaten Lumajang merupakan daerah potensial untuk pengembangan sapi potong karena populasi sapi potongnya cukup tinggi mencapai 37,9% dari seluruh populasi sapi potong di Kabupaten Lumajang. Potensi limbah mencapai 246 ribu ton (2 komoditas tanaman pangan). Pada *gap* atau selisih ketersediaan pakan ternak dan kebutuhan pakan ternak memiliki nilai positif (+). Nilai tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan pakan ternak telah mencukupi kebutuhan pakan ternak yang dibutuhkan hingga 10 tahun yang akan datang. Hasil validasi jumlah sapi potong dan hasil panen menunjukkan nilai MAPE secara berurutan adalah 5.18% dan 13.80%. Selain itu, berdasarkan perbandingan dari hasil simulasi berbagai skenario, dapat diketahui bahwa skenario optimis (RS 1) memiliki pengaruh terbaik terhadap parameter ketersediaan pakan dan *gap* pakan. Serta didapatkan beberapa rekomendasi kebijakan yang dapat diajukan untuk memenuhi ketersediaan pakan ternak adalah sebagai berikut : a) mengurangi alih fungsi lahan pertanian; b) meningkatkan produktivitas tanaman pangan; dan c) meningkatkan populasi sapi potong.

SUMMARY

Dynamic Modeling System Provision Of Beef Cattle Feed Based On Food Waste In Southcoast Of Lumajang Regencies; Hamidah, 161720101004; 2020; 84 pages; Department of Agroindustry Technology, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Lumajang Regency is one of the districts in the south of East Java which has 5 coastal districts. Lumajang Regency is a potential beef cattle development area. This is supported by the availability of adequate food crop waste. Beef cattle cultivation is a hereditary business with a maintenance pattern according to the ability of the farmer, not according to the needs of the livestock. This is why the development of beef cattle is rather slow and tends to be steady. The success or failure of the cuttlefish business is largely determined by feed. The problem that generally occurs is that the provision of forage is not always easy. One of the obstacles in providing feed is the influence of climate. Therefore we need an alternative feed that can help meet the needs of animal feed.

An alternative feed that can be used is to utilize food crop waste such as rice straw and corn straw. Food crop waste will be of use value if it is used as animal feed through processing. The existence of feed technology will convert food plant waste into silage which can be used as animal feed. The current problem is that there is no industry that processes food crop waste into silage, so this research focuses on analyzing the availability of beef cattle feed. The provision of feed must be done continuously so that the feed needs for beef cattle can be fulfilled properly. Therefore we need a model to analyze the animal feed supply system. The dynamic system simulation model is one model that can be used to see the lack of supply of animal feed in terms of various factors. The purpose of this study was to produce a dynamic

system model for the supply of beef cattle feed based on food plant waste in the southern coast of Lumajang Regency. This research was conducted in 3 stages, namely the system identification stage, the modeling stage and the policy analysis hold. Dynamic system simulation analysis is processed using Powersim Studio 2005 software and Microsoft Excel is used to process various basic arithmetic functions. There are several kinds of analysis methods used in this research, including MAPE (Mean Absolute Percentage Error), simple linear regression and descriptive statistics.

The results of this study indicate that the southern coast of Lumajang Regency is a potential area for beef cattle development because the beef cattle population is quite high, reaching 37.9% of the entire beef cattle population in Lumajang Regency. The potential for waste reaches 246 thousand tons (2 food crop commodities). At the gap or the difference between the availability of animal feed and the need for animal feed has a positive value (+). This value indicates that the availability of animal feed has been sufficient for the required animal feed for the next 10 years. The results of the validation of the number of beef cattle and yields showed that the MAPE values were 5.18% and 13.80%, respectively. In addition, based on the comparison of the simulation results of various scenarios, it can be seen that the optimistic scenario (RS 1) has the best effect on the parameters of feed availability and feed gap. As well as obtained several policy recommendations that can be put forward to meet the availability of animal feed are as follows: a) reduce the conversion of agricultural land functions; b) increase the productivity of food crops; and c) increasing the beef cattle population.

PRAKATA

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, karena dengan ridho-Nya kami dapat menyelesaikan Karya Ilmiah yang berjudul “Pemodelan Sistem Dinamis Penyediaan Pakan Ternak Sapi Potong Berbasis Limbah Tanaman Pangan di Pesisir Selatan Kabupaten Lumajang”. Karya Ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Magister pada Program Studi Teknologi Agroindustri Universitas Jember.

Keberhasilan penulis dalam penyusunan Karya Ilmiah ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Siswoyo Soekarno S.TP., M.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
2. Dr. Ir. Sony Suwasono, M.App.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknologi Agroindustri Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
3. Prof. Ir. Achmad Subagio M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, dan pengarahannya demi terselesainya Karya Ilmiah ini;
4. Dr. Bambang Herry Purnomo S.TP. M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, dan pengarahannya demi terselesainya Karya Ilmiah ini;
5. Dr. Elida Novita S.TP M.T. selaku Dosen Penguji Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, dan pengarahannya demi terselesainya Karya Ilmiah ini;
6. Dr. Ida Bagus Suryaningrat S.TP M.M. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, dan pengarahannya demi terselesainya Karya Ilmiah ini;

7. Segenap Dosen pengajar Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah membagi ilmu selama masa kuliah;
8. Teknisi Laboratorium Teknologi dan Manajemen Agroindustri, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember yaitu Mas Viko yang telah banyak membantu dalam proses penelitian;
9. Segenap Staff Karyawan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember atas bantuan dan kerjasamanya selama ini;
10. Kedua Orang tua, Bapak Jayanto dan Ibu Kunayah dan Kakak kandungku Mas Mistaman yang selalu memberikan doa tulus, kasih sayang dan semangat yang tak ternilai harganya untuk mendapatkan hasil yang terbaik;
11. Zainal Abidin Soleh dan Dzakiyah Talita Abidah yang selalu memberikan semangat, motivasi, inspirasi dan kasih sayangnya selama ini;
12. Teman-teman seperjuangan kuliah MTA 2016 yang telah memberikan keceriaan, senyuman, semangat dan persahabatan;
13. Semua pihak yang turut membantu dalam menyelesaikan Karya Ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa Karya Ilmiah ini masih banyak kekurangan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan bermanfaat guna perbaikan Karya Ilmiah. Penulis berharap semoga Karya Ilmiah ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi semua pihak, khususnya pembaca.

Jember, 28 Desember 2020

Hamidah
161720101004

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| HALAMAN MOTTO | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN | vi |
| HALAMAN PENGESAHAN | vii |
| RINGKASAN | viii |
| SUMMARY | x |
| PRAKATA | xii |
| DAFTAR ISI | xvi |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL | xviii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xix |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Sapi Potong | 5 |
| 2.1.1 Sapi Limousin | 5 |
| 2.1.2 Sapi Simental | 6 |
| 2.2 Pakan Sapi Potong dari Limbah Tanaman Pangan | 6 |
| 2.2.1 Jerami padi | 7 |
| 2.2.2 Jerami jagung | 8 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3 Syarat dan Komposisi Pakan Sapi Potong..... | 9 |
| 2.4 Silase | 11 |
| 2.5 Sistem Dinamis | 11 |
| BAB 3. METODE PENELITIAN..... | 17 |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian..... | 17 |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian | 17 |
| 3.1.1 Alat penelitian | 17 |
| 3.1.2 Bahan penelitian..... | 17 |
| 3.3 Kerangka Pemikiran | 17 |
| 3.4 Tahapan Penelitian | 19 |
| 3.4.1 Observasi lapang dan wawancara | 20 |
| 3.4.2 Identifikasi permasalahan penyediaan pakan ternak | 20 |
| 3.4.3 Studi pustaka dan literatur | 20 |
| 3.4.4 Identifikasi dan definisi masalah..... | 20 |
| 3.4.5 Konseptualisasi model..... | 21 |
| 3.4.6 Formulasi model..... | 21 |
| 3.4.7 Verifikasi dan validasi | 21 |
| 3.4.8 Analisis kebijakan | 22 |
| 3.5 Metode Pengumpulan data dan Informasi..... | 23 |
| 3.6 Metode Analisa Data..... | 23 |
| 3.6.1 MAPE (<i>Mean Absolute Percentage Error</i>) | 24 |
| 3.6.2 Regresi linear sederhana | 24 |
| 3.6.3 Statistik deskriptif | 25 |
| BAB 4. PEMBAHASAN..... | 26 |
| 4.1 Gambaran Umum Lokasi Pemodelan | 26 |
| 4.2 Analisa Diagram Sebab Akibat | 27 |
| 4.3 Asumsi Model..... | 29 |
| 4.4 Pemodelan Sistem Dinamis Penyediaan Pakan Ternak Sapi Potong di Pesisir Selatan Kabupaten Lumajang..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 4.4.1 Jumlah populasi sapi potong | 32 |
| 4.4.2 Jumlah limbah padi dan jagung | 33 |
| 4.4.3 Jumlah silase..... | 34 |
| 4.4.4 Ketersediaan pakan ternak | 36 |
| 4.4.5 Kebutuhan pakan ternak..... | 37 |
| 4.4.6 <i>Gap</i> atau selisih ketersediaan pakan ternak dan kebutuhan pakan ternak | 39 |
| 4.5 Verifikasi dan Validasi | 40 |
| 4.5.1 Verifikasi model | 40 |
| 4.5.2 Validasi | 41 |
| 4.6 Uji Sensitivitas | 42 |
| 4.7 Simulasi Skenario Analisis Perilaku Dinamis | 44 |
| 4.8 Rekomendasi Kebijakan | 49 |
| BAB 5. PENUTUP | 51 |
| 5.1 Kesimpulan | 51 |
| 5.2 Saran..... | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA | 52 |
| LAMPIRAN | 55 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Tahapan pendekatan sistem dinamis | 14 |
| 3.1 Kerangka pemikiran penelitian | 18 |
| 3.2 Tahapan penelitian | 19 |
| 4.1 Kawasan pesisir selatan Kabupaten Lumajang | 26 |
| 4.2 Diagram sebab akibat sistem penyediaan pakan ternak sapi potong | 28 |
| 4.3 Model sistem dinamis penyediaan pakan ternak sapi potong di pesisir selatan kabupaten Lumajang | 31 |
| 4.4 Grafik populasi sapi potong | 32 |
| 4.5 Grafik Jumlah limbah jerami padi dan jagung | 34 |
| 4.6 Grafik jumlah silase padi dan jagung | 35 |
| 4.7 Grafik ketersediaan pakan ternak | 37 |
| 4.8 Grafik Kebutuhan pakan ternak | 38 |
| 4.9 <i>Gap</i> atau selisih ketersediaan pakan ternak dan kebutuhan pakan ternak.. | 40 |
| 4.10 Grafik validasi jumlah sapi potong | 41 |
| 4.11 Grafik validasi hasil panen | 42 |
| 4.12 Dinamika <i>gap</i> pakan akibat perubahan parameter sensitif | 44 |
| 4.13 Hasil simulasi berbagai skenario pada ketersediaan pakan (2015-2024). | 46 |
| 4.14 Hasil simulasi berbagai skenario pada <i>gap</i> pakan (2015-2024) | 48 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Komposisi kimia jerami padi (% BK)..... | 7 |
| 2.2 Komposisi kimia jerami jagung (% BK)..... | 8 |
| 2.3 Komposisi pakan dengan menggunakan rumput dan legume | 10 |
| 2.4 Komposisi pakan dengan menggunakan hijauan dan konsentrat | 10 |
| 4.1 Desa pesisir Kabupaten Lumajang, luas dan garis pantainya..... | 27 |
| 4.2 Faktor konversi bahan pakan dari produk samping tanaman pangan | 29 |
| 4.3 Jumlah populasi sapi potong..... | 32 |
| 4.4 Jumlah limbah jerami padi dan jagung | 34 |
| 4.5 Jumlah silase | 35 |
| 4.6 Ketersediaan pakan ternak..... | 36 |
| 4.7 Kebutuhan pakan ternak | 38 |
| 4.8 <i>Gap</i> atau selisih ketersediaan pakan ternak dan kebutuhan pakan ternak.. | 39 |
| 4.9 Hasil validasi jumlah sapi potong tahun 2015-2018..... | 41 |
| 4.10 Hasil validasi hasil panen tahun 2015-2018..... | 42 |
| 4.11 Kombinasi berbagai alternatif skenario..... | 44 |
| 4.12 Total jumlah ketersediaan pakan pada berbagai skenario (2015-2024)... | 45 |
| 4.13 Total jumlah <i>gap</i> pakan pada berbagai skenario (2015-2024) | 47 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| A. Populasi sapi potong Kabupaten Lumajang tahun 2014-2018 | 55 |
| B. Luas dan produksi pertanian padi tahun 2014-2018 | 60 |
| C. Luas dan produksi pertanian jagung tahun 2014-2018 | 70 |
| D. Identifikasi parameter..... | 80 |
| E. Formulasi variabel sistem..... | 81 |
| F. Hasil validasi | 83 |
| G. Hasil uji sensitifitas <i>gap</i> pakan | 83 |
| H. Perhitungan berbagai alternatif skenario | 84 |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Lumajang merupakan salah satu Kabupaten di selatan Jawa Timur yang terdiri dari 21 kecamatan, lima diantaranya merupakan Kecamatan pesisir. Kecamatan pesisir tersebut antara lain Pasirian, Tempeh, Kunir, Yosowilangun dan Tempursari. Jumlah desa pesisir yang berada dalam 5 kecamatan tersebut adalah 10 desa yaitu Gondoruso, Bades, Bago, Selok Awar Awar, Pandanwangi, Pandan Arum, Jatimulyo, Wotgalih, Tegalorejo dan Bulurejo. Sisi selatan dari Kabupaten Lumajang merupakan dataran rendah, dan disebut sebagai kawasan pesisir (Sukandar dkk, 2016). Keberagaman ekosistem pesisir dapat mempengaruhi ekonomi, sosial, budaya dan jenis matapencaharian masyarakatnya. Salah satu matapencaharian masyarakat yang potensial untuk dilakukan selain menjadi nelayan adalah menjadi peternak sapi potong.

Kabupaten Lumajang merupakan wilayah pengembangan ternak sapi potong yang potensial. Hal ini ditunjang ketersediaan pakan dari limbah tanaman pangan yang mencukupi, kebiasaan masyarakat yang menjadikan ternak sapi potong sebagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan ekonomi keluarga maupun sebagai ternak kerja di pertanian. Populasi sapi potong di Kabupaten Lumajang dari tahun ke tahun mengalami fluktuasi yang tidak menentu. Hal tersebut dibuktikan pada tahun 2009 populasinya mencapai 145 ribu ekor meningkat menjadi 210 ribu ekor pada tahun 2012. Mengalami penurunan pada tahun 2013 yaitu 164 ribu ekor dan kembali mengalami peningkatan menjadi 194 ribu ekor pada tahun 2016 (BPS Jawa Timur, 2018).

Budidaya ternak sapi potong sudah dikenal secara luas oleh masyarakat. Usaha ini sebagian besar merupakan usaha yang bersifat turun-menurun dengan pola pemeliharaan sesuai dengan kemampuan peternak, bukan sesuai dengan kebutuhan ternaknya. Pasokan pakan berkualitas rendah menjadi hal yang biasa, yang apabila

terjadi secara terus-menerus dalam waktu yang cukup lama akan berpengaruh negatif terhadap produktivitas. Sistem pemeliharaan biasanya dilakukan secara individual dengan cara-cara tradisional. Hal ini yang menyebabkan perkembangan sapi potong agak lambat dan cenderung tetap (Ananta dkk, 2015). Peningkatan produksi sapi potong harus didukung dan diikuti dengan peningkatan pakan yang cukup, baik dalam kuantitas maupun kualitas. Menurut Umiyasih dan Anggraeny (2007) keberhasilan maupun kegagalan usaha peternakan sapi potong banyak ditentukan oleh pakan.

Pakan ternak merupakan semua bahan pakan yang dapat dimakan, dicerna dan diserap, baik sebagian maupun seluruhnya dengan tidak menimbulkan gangguan kesehatan bagi ternak yang bersangkutan. Permasalahan yang umumnya terjadi adalah penyediaan pakan hijauan yang tidak selamanya mudah. Salah satu penghambat dalam penyediaan pakan adalah pengaruh musim. Saat musim kemarau akan terjadi kekurangan hijauan pakan sedangkan pada musim hujan jumlahnya melimpah (Syamsu dkk, 2003). Oleh karena itu dibutuhkan alternatif pakan yang dapat membantu terpenuhinya kebutuhan pakan ternak.

Alternatif pakan yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan limbah tanaman pangan seperti jerami padi dan jerami jagung. Keberadaan limbah tanaman pangan tersebut dapat dijadikan pakan ternak karena memiliki gizi yang cukup tinggi. Selain itu saat panen keberadaannya melimpah dan belum ada penanganan yang optimal. Hal ini dibuktikan dengan data pada tahun 2016 produksi padi Kabupaten Lumajang adalah sebesar 0,46 juta ton jika dikonversi akan menghasilkan jerami padi sebesar 0,62 juta ton. Produksi jagung sebesar 0,11 juta ton (Disperta Prov. Jatim, 2016) akan menghasilkan jerami jagung sebesar 0,02 juta ton (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2015).

Limbah tanaman panganan bernilai guna jika dimanfaatkan sebagai pakan ternak melalui pengolahan. Adanya teknologi pakan akan mengubah limbah tanaman pangan menjadi silase yang dapat digunakan sebagai pakan ternak. Silase adalah teknologi pengawetan tanaman pakan ternak dengan cara fermentasi pada kondisi

anaerob. Penggunaan teknologi pakan tersebut memiliki manfaat antara lain meningkatkan kualitas nutrisi limbah sebagai pakan, serta dapat disimpan dalam kurun waktu yang cukup lama sebagai cadangan pakan ternak saat kondisi sulit mendapatkan pakan hijauan (Nurhatu dan Sariubang, 2015). Permasalahan saat ini adalah belum adanya industri yang mengolah limbah tanaman pangan tersebut menjadi silase, sehingga pada penelitian ini memfokuskan pada analisis ketersediaan pakan ternak sapi potong.

Sistem persediaan pakan menjadi salah satu hal yang penting dan perlu diperhatikan demi keberlanjutan hidup ternak. Penyediaan pakan harus dilakukan terus menerus agar kebutuhan pakan sapi potong dapat terpenuhi dengan baik. Oleh karena itu dibutuhkan suatu model untuk menganalisis sistem persediaan pakan ternak. Model simulasi sistem dinamis merupakan salah satu model yang dapat digunakan untuk melihat kurangnya persediaan pakan ternak dilihat dari berbagai faktor yang mempengaruhi. Pembuatan pemodelan metode sistem dinamis digunakan untuk melihat keterkaitan antar faktor-faktor yang berpengaruh serta melakukan analisa perbaikan menggunakan skenario-skenario untuk melihat dampak yang ditimbulkan (Oktaviani dan Suryani, 2014). Selain itu dengan adanya penggunaan pemodelan ini akan dapat dilakukan analisis untuk mencegah atau meminimalkan terjadinya kekurangan penyediaan pakan. Dengan demikian diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pakan sapi potong dan dapat mendukung peningkatan produktivitasnya.

1.2 Rumusan Masalah

Peningkatan produksi sapi potong dipengaruhi oleh pemberian pakan yang cukup, baik dalam kuantitas maupun kualitas. Namun, penyediaan pakan hijauan memiliki faktor penghambat seperti pengaruh musim yang menyebabkan produksi pakan tidak menentu, sehingga tidak mampu menyediakan pakan ideal. Disisi lain limbah tanaman pangan seperti jerami padidan jerami jagung keberadaannya cukup melimpah, namun belum termanfaatkan dengan baik. Pembuatan model sistem

dinamis dalam penelitian ini diharapkan mampu untuk memprediksi kebutuhan dan ketersediaan pakan ternak dengan potensi limbah yang ada sehingga kebutuhan pakan dapat terpenuhi.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model sistem dinamis penyediaan pakan ternak sapi potong berbasis limbah tanaman pangan di pesisir selatan Kabupaten Lumajang.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. sebagai bentuk usaha dalam mewujudkan swasembada daging;
2. meningkatkan nilai tambah limbah tanaman pangan yang belum termanfaatkan;
3. menghasilkan pakan ternak praktis dan murah, sehingga dapat memberikan motivasi kepada peternak untuk meningkatkan produktivitas sapi potong;
4. memberikan aplikasi positif kepada peternakan nasional;
5. sebagai bahan untuk pemerintah dalam pengambilan kebijakan dalam penyediaan pakan ternak sapi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sapi Potong

Sapi potong merupakan sapi yang dipelihara dengan tujuan utama sebagai penghasil daging. Sapi potong biasa disebut sebagai sapi tipe pedaging. Ciri-ciri sapi pedaging adalah tubuh besar, berbentuk persegi empat atau balok, kualitas dagingnya maksimum, laju pertumbuhan cepat, cepat mencapai dewasa, efisiensi pakannya tinggi, dan mudah dipasarkan. Menurut Abidin (2002) sapi potong adalah jenis sapi khusus dipelihara untuk digemukkan karena karakteristiknya, seperti tingkat pertumbuhan cepat dan kualitas daging cukup baik.

Sapi potong berasal dari daerah tropis memiliki kelebihan daya adaptasi terhadap lingkungan tinggi, mampu memanfaatkan pakan berkualitas rendah, dan mempunyai daya reproduksi yang baik dibandingkan dengan sapi potong dari daerah subtropis (Siregar, 2013). Produktivitas sapi potong dipengaruhi oleh genetik, pakan yang dikonsumsi dan manajemen (Wiyatna dkk., 2012). Sapi potong berhasil mengalami perkembangan melalui perkawinan atau persilangan yang menurunkan bangsa-bangsa sapi modern seperti tipe potong-perah, tipe potong-kerja, tipe perah maupun tipe potong-murni (Murtidjo, 1990).

Jenis-jenis sapi potong yang terdapat di Indonesia saat ini adalah sapi asli Indonesia dan sapi yang diimpor. Masing-masing jenis sapi potong mempunyai sifat yang khas, baik ditinjau dari bentuk luar (ukuran tubuh, warna bulu) maupun dari genetiknya (laju pertumbuhan). Beberapa ciri bangsa sapi yang ditemui dan berkembang menurut BPTP Kalimantan Selatan (2010) adalah:

2.1.1 Sapi Limousin

Sapi Limousin merupakan keturunan *Bos Taurus* yang berhasil dijinakkan dan dikembangkan di Perancis. Ciri sapi Limousin berwarna hitam bervariasi dengan warna merah bata dan putih, terdapat warna putih pada moncong kepalanya, tubuh berukuran besar dan mempunyai tingkat produksi yang baik. Bentuk tubuh

memanjang, bagian perut agak mengecil tetapi bagian paha dan piunggul cukup besar, penuh daging dan sangat padat. Berat badan sapi betina dapat mencapai 650 kg dan jantan 850 kg (Murtidjo, 1990).

2.1.2 Sapi Simental

Sapi Simental (*Swiss*) bertanduk kecil, bulu berwarna coklat muda atau kekuning-kuningan. Pada bagian muka, lutut kebawah bergelambir, ujung ekor berwarna putih. Sapi Simental bertanduk kecil bulu berwarna coklat muda atau kekuning-kuningan. Pada bagian muka, lutut ke bawah dan jenis gelambir, ujung ekor berwarna putih. Sapi ini mencapai dewasa kelamin pada umur 12 bulan. Umur saat pubertas tergantung pada kondisi fisik, bangsa tetua, ada atau tidaknya heterosis, temperatur lingkungan, dan berat badan yang sangat berhubungan dengan pakan. Selain dimanfaatkan sebagai ternak potong, sapi Simental dimanfaatkan juga dalam produksi susunya. Bentuk tubuhnya kekar dan berotot, sapi jenis ini sangat cocok dipelihara di tempat dengan iklim sedang.

2.2 Pakan Sapi Potong dari Limbah Tanaman Pangan

Limbah tanaman pangan merupakan bahan buangan dari proses perlakuan atau pengolahan untuk memperoleh hasil utama dan hasil sampingan. Selain itu limbah tanaman pangan adalah hasil sampingan yang dihasilkan dari pertanian dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Limbah tanaman pangan tersebut seperti jerami padi dan jerami jagung. Limbah tanaman pangan dapat berbentuk bahan buangan tidak terpakai dan bahan sisa hasil pengolahan. Secara garis besar limbah tanaman pangan dibagi ke dalam limbah pra panen, saat panen, dan limbah pasca panen (Irianto, 2015). Dalam hal ini jenis limbah tanaman pangan yang umumnya digunakan sebagai pakan ternak adalah limbah tanaman pangan saat panen.

Limbah tanaman pangan saat panen merupakan limbah yang tersedia pada musim panen. Golongan tanaman sereal seperti padi, jagung, dan sorgum merupakan golongan limbah tanaman pangan yang ketersediaannya cukup banyak pada musim panen. Sisa potongan bagian bawah jerami dan akar tanaman padi belum dimanfaatkan secara optimal. Sisa-sisa tanaman ini umumnya direndam dan akan

mengalami pembusukan saat dilakukan pembajakan. Sementara jerami bagian atas tanaman padi, jagung atau sorgum sebagian ada yang difermentasikan atau dibuat silase untuk pakan ternak ruminansia, dan sebagian lainnya dibakar (Irianto, 2015). Limbah tanaman pangan saat panen seperti jerami padi, jerami jagung dapat dijadikan pakan ternak karena masih memiliki kandungan nutrisi yang dibutuhkan oleh ternak seperti sapi potong.

2.2.1 Jerami padi

Jerami padi merupakan produk samping tanaman padi yang tersedia saat musim panen. Jerami padi adalah bagian batang tumbuh yang setelah dipanen bulir-bulir buah bersama atau tidak dengan tangkainya dikurangi dengan akar dan bagian batang yang tertinggal setelah disabit. Produk samping pertanian ini tersedia cukup melimpah. Hanya sebagian kecil petani menggunakan jerami sebagai pakan ternak alternatif saat musim kering karena kesulitan mendapatkan tanaman hijauan. Selain itu, jerami padi sebagai limbah tanaman pangan sering menjadi permasalahan bagi petanisehingga sering dibakar untuk mengatasi masalah tersebut. Jerami padi tergolong kedalam bahan pakan yang kualitasnya rendah, sehingga pemanfaatannya sebagai pakan ternak belum optimal. Hal tersebut karena rendahnya kandungan protein kasar (3-4%) dan tingginya kandungan serat kasar (32-40%) sehingga memiliki tingkat pencernaan yang rendah yaitu berkisar antara 35-37% (Haryanto dan Winugroho, 2000; Rangkuti dan Djajanegara, 1983). Komposisi kimia jerami padi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi kimia jerami padi (% BK)

| Parameter | Jumlah |
|--------------------|--------|
| Abu | 19,97 |
| Protein kasar (PK) | 4,51 |
| Lemak | 1,51 |
| Serat kasar (SK) | 28,79 |
| Beta-N | 45,21 |

(Sumber: Ridla,2014)

Sehubungan dengan rendahnya nilai gizi dan daya cerna bahan kering jerami padi maka inovasi teknologi sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas jerami padi sebagai pakan ternak. Berbagai pendekatan telah dilakukan untuk meningkatkan nutrisi jerami padi baik secara kimiawi, fisik dan biologis. Namun kombinasi dari ketiga proses tersebut lebih sering diterapkan untuk meningkatkan kualitas dan pencernaan pakan jerami padi (Indraningsih dkk, 2006).

2.2.2 Jerami Jagung

Jerami jagung merupakan bagian batang dan daun jagung yang telah dipanen tongkol jagungnya. Jerami jagung ada yang segar dan ada yang kering. Jerami jagung kering merupakan bagian batang dan daun jagung yang dibiarkan kering di ladang dan dipanen pada saat tongkol dipetik, jerami jagung seperti ini umumnya dijumpai di daerah penghasil benih atau jagung untuk keperluan industri pakan. Jerami jagung segar yaitu bagian batang dan daun jagung yang dipanen masih dalam keadaan hijau yang dihasilkan dari produksi jagung untuk keperluan pangan (Retnani dkk, 2012).

Jerami jagung merupakan salah satu contoh bahan baku pakan ternak yang tersedia di Indonesia. Keberadaannya cukup melimpah, namun pemanfaatannya sebagai pakan masih belum optimal. Menurut Indraningsih dkk (2006) limbah jagung yang dimanfaatkan sebagai bahan pakan atau pakan ternak hanya sebanyak 50% dari total limbah yang dihasilkan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa limbah tanaman jagung belum dimanfaatkan secara optimal untuk pakan ternak, karena kualitas yang rendah dan mengandung serat kasar yang tinggi (27,8%). Komposisi kimia jerami jagung dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi kimia jerami jagung (% BK)

| Parameter | Jumlah |
|--------------------|--------|
| Abu | 8,42 |
| Protein kasar (PK) | 4,77 |
| Lemak | 1,06 |
| Serat kasar (SK) | 30,53 |
| Beta-N | 55,82 |

(Sumber: Ridla, 2014)

Peningkatkan kualitas bahan pakan jerami jagung, maka diperlukan sentuhan teknologi fermentasi dengan menambahkan probiotik yang mengandung mikroba untuk memecah serat kasar, agar dapat dicerna dengan baik oleh ternak. Matondang dan Fadwiwati (2005) melaporkan bahwa pemberian pakan jerami jagung yang difermentasi dapat mempercepat pertumbuhan dan meningkatkan pertambahan berat badan sapi Bali.

2.3 Syarat dan Komposisi Pakan Sapi Potong

Bahan pakan untuk ternak ternak memiliki syarat-syarat tertentu yang mengindikasikan baik untuk dikonsumsi ternak. Selain itu, juga untuk dikemudian hari peternak tidak mengalami kendala dalam pemenuhan kebutuhan pakan ternaknya. Syarat-syarat tersebut terdiri atas (Anonim, 2016):

1. Kandungan nutrisi yang baik

Bahan pakan yang akan digunakan untuk ternak sebaiknya memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. Kandungan nutrisi tersebut meliputi ketersediaan protein kasar, lemak kasar, serat kasar, BETN, TDN, air, kalsium, fosfor maupun asam amino yang cukup.

2. Tersedia secara kontinyu

Ketersediaan selalu kontinyu ini maksudnya adalah bahan baku yang akan digunakan harus terjamin ketersediaannya (mudah didapat). Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terlalu seringnya pergantian bahan pakan, karena pergantian bahan baku yang terlalu sering dapat menyebabkan stres, ternak harus beradaptasi dengan bahan pakan yang baru yang berakibat produktifitas ternak menjadi kurang optimal.

3. Harga yang terjangkau

Usaha dalam bidang peternakan, 80% dari total keseluruhan biaya usaha ternak digunakan untuk pemenuhan pakan. Pemilihan pakan ternak diusahakan memilih bahan pakan yang murah. Hal ini dapat menekan biaya yang dikeluarkan untuk pakan, diharapkan dapat menekan biaya produksi.

4. Palatabilitas (kesukaan) dan daya cerna

Proses meningkatkan produktivitas ternak yang tinggi maka pakan yang kandungan zat gizi dan palatabilitasnya tinggi harus mempunyai daya cerna yang tinggi sehingga zat gizi yang dikonsumsi dapat dimanfaatkan oleh ternak.

5. Tidak beracun atau tidak mengandung zat antinutrisi

Syarat wajib bahan pakan yang digunakan untuk ternak adalah tidak mengandung racun (toksik) yang dapat mengganggu kesehatan dan menurunkan produktivitas ternak.

Untuk memperoleh hasil pemberian pakan yang optimal bagi ternak, perlu diperhatikan komposisi bahan pakan yang diberikan serta kondisi fisiologis ternak yang akan menggunakannya. Bila ketersediaan konsentrat dilapangan kurang memadai, maka dapat digantikan dengan leguminosa/daun kacang-kacangan. Berikut disajikan jenis dan komposisi pakan ternak berdasarkan kondisi fisiologis ternak sapi potong yang membutuhkannya pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Komposisi pakan dengan menggunakan rumput dan legume

| Kondisi Ternak | Komposisi Pakan | |
|------------------|-----------------|--------|
| | Rumput | Legume |
| Sedang tumbuh | 60% | 40% |
| Dewasa | 75% | 25% |
| Induk Bunting | 60% | 40% |
| Menyusui | 50% | 50% |
| Anak lepas sapih | 60% | 40% |

(Sumber: BPTP Jawa Barat, 2010)

Tabel 2.4 Komposisi pakan dengan menggunakan hijauan dan konsentrat

| Kondisi Ternak | Komposisi Pakan | |
|----------------------|-----------------|------------|
| | Hijauan | Konsentrat |
| Dewasa | 75% | 25% |
| Induk Bunting | 60% | 40% |
| Menyusui | 50% | 50% |
| Anak sebelum disapih | 40% | 60% |
| Anak lepas sapih | 25% | 75% |

(Sumber: BPTP Jawa Barat, 2010)

2.4 Silase

Silase adalah pakan ternak yang masih memiliki kadar air tinggi sebagai hasil pengawetan hijauan makanan ternak atau bahan-bahan lain melalui suatu proses fermentasi yang dibantu oleh jasad renik dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen) baik dengan penambahan atau tanpa penambahan bahan pengawet (BPTP Kalimantan Tengah, 2012). Pada daerah pertanian, jumlah produksi limbah tanaman pangan sangat besar terutama jerami, baik jerami padi, jerami jagung maupun jerami kacang-kacangan, namun bahan ini belum dimanfaatkan secara optimal sebagai pakan ternak bahkan banyak yang dibuang begitu saja.

Tujuan utama pembuatan silase adalah untuk mengawetkan dan mengurangi kehilangan zat makanan suatu hijauan untuk dimanfaatkan pada masa mendatang. Silase dibuat jika produksi hijauan dalam jumlah yang banyak. Prinsip dasar pembuatan silase memacu terjadinya kondisi anaerob dan asam dalam waktu singkat. Ada 3 hal penting agar diperoleh kondisi tersebut yaitu menghilangkan udara dengan cepat, menghasilkan asam laktat yang membantu menurunkan pH, mencegah masuknya oksigen kedalam silo dan menghambat pertumbuhan jamur selama penyimpanan.

Fermentasi silase dimulai saat oksigen telah habis digunakan oleh sel tanaman. Bakteri menggunakan karbohidrat mudah larut untuk menghasilkan asam laktat dalam menurunkan pH. Tanaman mempunyai pH yang bervariasi antara 5 dan 6, setelah difermentasi turun menjadi 3,6-4,5. Penurunan pH yang cepat membatasi pemecahan protein dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme anaerob merugikan seperti *Enterobacteria* dan *Clostridia*. Produksi asam laktat yang berlanjut akan menurunkan pH yang dapat menghambat pertumbuhan semua bakteri (BPTP Kalimantan Tengah, 2012).

2.5 Sistem Dinamis

Sistem dinamis didefinisikan sebagai sebuah bidang untuk memahami bagaimana sesuatu berubah menurut waktu (Forester, 1999 dalam Purnomo 2005). Sistem dinamis merupakan metode yang dapat menggambarkan proses, perilaku, dan

kompleksitas dalam sistem (Hartisari, 2007). Metodologi sistem dinamis ini telah dan sedang dikembangkan sejak diperkenalkan pertama kali oleh Jay W. Forrester pada tahun 1950-an sebagai suatu metode pemecahan masalah-masalah kompleks yang timbul karena ketergantungan sebab akibat dari berbagai macam variabel di dalam sistem.

Sistem dinamis adalah metodologi berfikir, metodologi untuk mengabstraksikan suatu fenomena di dunia sebenarnya ke model yang lebih eksplisit. Fenomena yang dimaksud meliputi dua hal yaitu struktur dan perilaku. Struktur merupakan suatu unsur pembentuk fenomena. Pola yang mempengaruhi keterkaitan antar unsur tersebut adalah (1) *feedback (causal loop)*; (2) *stock (level)* dan *flow (rate)*; (3) *delay*; dan (4) *nonlinearity*. Perilaku (*behaviour*) adalah perubahan suatu besaran/variabel dalam suatu kurun waktu tertentu, baik kuantitatif maupun kualitatif atau catatan tentang *magnitude* (besar, nilai, angka) sesuatu dalam suatu kurun waktu tertentu (pertumbuhan, penurunan, osilasi, stagnan, atau kombinasinya). Pemahaman hubungan struktur dan perilaku sangat diperlukan dalam mengenali suatu fenomena.

1. *Feedback (Causal Loop)* atau Hubungan *Causal*.

Suatu struktur umpan-balik harus dibentuk karena adanya hubungan kausal (sebab-akibat). Dengan perkataan lain, suatu struktur umpan-balik adalah suatu *causal loop* (lingkar sebab-akibat). Struktur umpan-balik ini merupakan blok pembentuk model yang diungkapkan melalui lingkaran-lingkaran tertutup. Lingkaran umpan-balik (*feedback loop*) tersebut menyatakan hubungan sebab-akibat variabel-variabel yang melingkar, bukan menyatakan hubungan karena adanya korelasi-korelasi statistik.

Hubungan sebab-akibat antar sepasang variabel harus dipandang bila hubungan variabel lainnya terhadap variabel tersebut di dalam sistem dianggap tidak ada. Sedangkan suatu korelasi statistik antara sepasang variabel diturunkan dari data yang ada dalam keadaan variabel tersebut mempunyai hubungan dengan variabel lainnya di dalam sistem dan

kesemuanya berubah secara simultan. Rancangan *causal-loop diagram* (CLD) biasanya digunakan dalam *system thinking* (berpikir sistemik) untuk mengilustrasikan hubungan *cause-effect* (sebab-akibat). Hubungan *feedback* (umpan-balik) bisa menghasilkan perilaku yang bervariasi dalam sistem nyata dan dalam simulasi sistem nyata.

2. *Stock (Level)* dan *Flow (Rate)*

Dalam merepresentasikan aktivitas dalam suatu lingkaran umpan-balik, digunakan dua jenis variabel yang disebut sebagai *stock (level)* dan *flow (rate)*. Level menyatakan kondisi sistem pada setiap saat. Dalam rekayasa (*engineering*) level sistem lebih dikenal sebagai *state variable system*. Level merupakan akumulasi di dalam sistem.

Persamaan suatu *variabel rate* merupakan suatu struktur kebijakan yang menjelaskan mengapa dan bagaimana suatu keputusan dibuat berdasarkan kepada informasi yang tersedia di dalam sistem. *Rate* inilah satu-satunya variabel dalam model yang dapat mempengaruhi level.

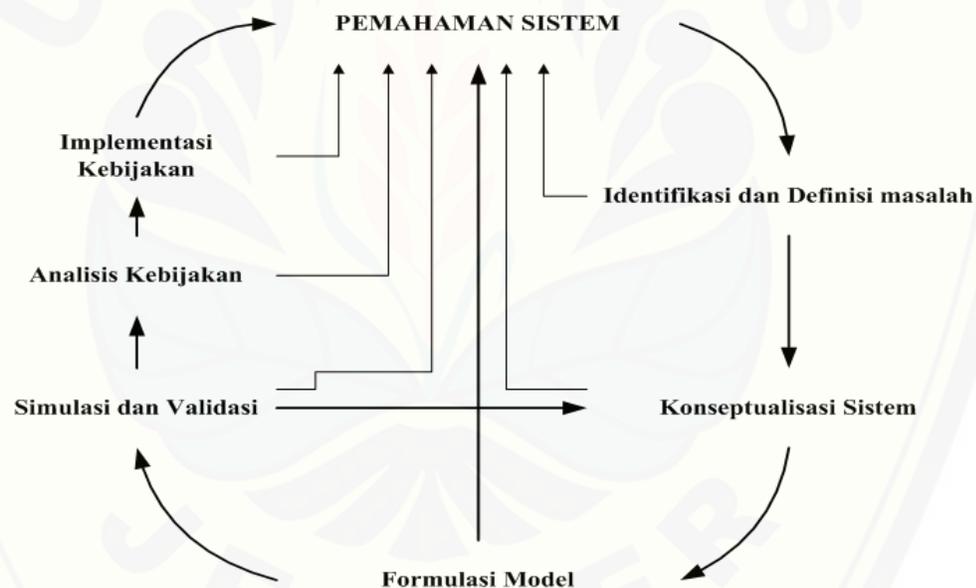
3. *Delay* (tunda)

Delay terjadi dimanapun di dunia nyata. Adanya *delay* menghasilkan sesuatu hal yang menarik pada perilaku kompleks sistem, ketika sistem tersebut tidak memiliki *feedback* dan kompleksitas *cause-effect* yang terbatas.

4. *nonlinearity* (non linearitas)

Pendekatan sistem dinamis merepresentasikan dinamika perubahan *state* dari sistem dan menghasilkan isyarat-isyarat sebagai keluarannya. Isyarat-isyarat ini diformulasikan ke dalam model keputusan dan kemudian bersama dengan isyarat dari lingkungannya menjadi *feedback* bagi dinamika sistem itu sendiri. Model secara prinsip masih dikatakan berbasis *linear thinking* di mana kausalitas diasumsikan terjadi secara serial sehingga penyebab pertama dari rangkaian sebab-akibat ini sering bukanlah sumber masalahnya.

Sistem dinamis dititikberatkan pada penentuan kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku masalah-masalah yang dapat dimodelkan dengan menggunakan sistem dinamis (Richardson dan Pugh 1986). Dalam metodologi sistem dinamis yang dimodelkan adalah struktur informasi sistem yang didalamnya terdapat sumber informasi dan jaringan aliran informasi yang saling terhubung. Tujuan metodologi sistem dinamis berdasarkan filosofi sebab akibat adalah mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang cara kerja suatu sistem (Asyiwati 2002; Muhammadi dkk, 2001). Gambaran tahapan pendekatan sistem dinamis dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tahapan pendekatan sistem dinamis

1. Identifikasi dan definisi masalah

Tahapan awal akan mengungkapkan pemikiran tentang proses nyata (*actual transformation*) yang menimbulkan kejadian nyata (*actual state*) secara obyektif. Dalam tahapan ini mencakup target/tujuan, kesenjangan yang terjadi (*gap*), dan identifikasi dinamika variabel-variabel. Identifikasi

dilakukan dengan sangat seksama dan berulang-ulang sesuai dengan pendalaman akan pemahaman sistem. Pada tahapan ini diperlukan analisis tentang pola kebutuhan dari tiap-tiap pelaku sistem, unsur-unsur sistem sampai pada elemen terkecil sistem. Pada akhirnya identifikasi akan dapat mendefinisikan permasalahan yang sebenarnya terjadi dalam sistem dan pemecahan yang diharapkan muncul.

2. Konseptualisasi sistem

Konseptualisasi sistem merupakan aktivitas penentuan tujuan model, batasan model dan mekanisme dasar serta umpan balik sistem. Penyusunan sistem konseptual meliputi pengidentifikasian pelaku-pelaku yang terlibat dalam sistem, yaitu siapa saja yang menjadi anggota sistem. Setiap pelaku sistem tertentu memiliki sistem karakteristik yang khas dan berbeda dengan yang lain. Hal itu biasanya dipengaruhi oleh struktur sistem dan peran dan fungsi pelaku dalam sistem. Pada tahap ini selain mengidentifikasi pelaku, juga dilakukan identifikasi hubungan yang terjadi antar pelaku. Identifikasi hubungan tersebut dapat dijadikan dasar untuk menyusun hubungan sebab-akibat. Hubungan tersebut menunjukkan bagaimana aliran informasi dan cara kerja yang terjadi dalam sistem. Pada tahap penyusunan sistem konseptual selain mengidentifikasi pelaku-pelaku sistem, juga dilakukan pembatasan sistem yang dianalisis, karena sebuah sistem bisa sangat luas dan rumit.

3. Formulasi model

Formulasi model dilakukan untuk menerjemahkan model konseptual ke dalam media komputer untuk mempelajarinya, karena berkaitan dengan komputer tentunya ada perangkat lunak komputer yang memfasilitasi untuk melakukan formulasi sistem menjadi model. Formulasi model adalah menerjemahkan hubungan antar elemen atau antar pelaku dalam sistem ke dalam bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman yang sering digunakan biasanya mengikuti persamaan matematis, mulai dari yang sederhana hingga yang sangat kompleks. Bahasa pemrograman yang digunakan juga

menyesuaikan dengan jenis perangkat lunak yang digunakan karena masing-masing perangkat lunak memiliki karakter bahasa pemrograman yang berbeda.

4. Simulasi dan validasi model

Model yang sudah dibuat selanjutnya dijalankan pada perangkat lunak dimana proses menjalankan model tersebut disebut dengan simulasi, model disimulasikan untuk melihat bagaimana perilaku model tersebut yang merupakan gambaran perilaku sistem nyata, oleh karena itu, model yang sudah dibuat untuk disimulasikan harus diuji untuk melihat apakah model benar-benar mewakili sistem yang sebenarnya sebagai sarana untuk mempelajari sistem nyata tersebut.

Terdapat 2 macam pengujian yang harus dilakukan terhadap model untuk mengukur kehandalan model sebagai alat untuk penelitian yaitu verifikasi dan validasi. Verifikasi adalah suatu cara untuk menentukan apakah implementasi model konseptual ke dalam komputer sudah benar. Proses verifikasi meliputi pengujian terhadap pemrograman dan model untuk menjamin bahwa model beroperasi dengan akurat menggambarkan model konseptual.

Validasi adalah menyimpulkan apakah model sistem tersebut merupakan perwakilan yang sah dari realitas yang dikaji dimana dapat dihasilkan suatu kesimpulan yang meyakinkan. Validasi dilakukan dengan cara : a) pengujian terhadap struktur model, b) perilaku model (sensitivitas dan stabilitas model); c) pemeriksaan kesesuaian output model dengan sistem nyata.

5. Analisis kebijakan

Model yang telah divalidasi dapat diterapkan untuk keperluan analisis kebijakan. Analisis kebijakan pada dasarnya merupakan aktivitas penyusunan alternatif tindakan atau keputusan (*policy*) yang akan diambil sesuai dengan model yang telah ada agar dapat mempengaruhi proses nyata atau pemecahan masalah yang timbul. Alternatif kebijakan yang menimbulkan perbaikan dipilih sebagai kebijakan terbaik dan dapat diimplementasikan.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan pesisir selatan Kabupaten Lumajang yaitu Kecamatan Tempursari, Pasirian, Tempeh, Kunir dan Yosowilangun. Data yang diperoleh kemudian diolah di Laboratorium Teknologi dan Manajemen Agroindustri, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember pada bulan September 2019 sampai dengan selesai.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat dari penelitian ini adalah seperangkat komputer dan perangkat lunak yang terdiri dari *Microsoft Excel 2007* dan *Powersim 2005*.

3.2.2 Bahan Penelitian

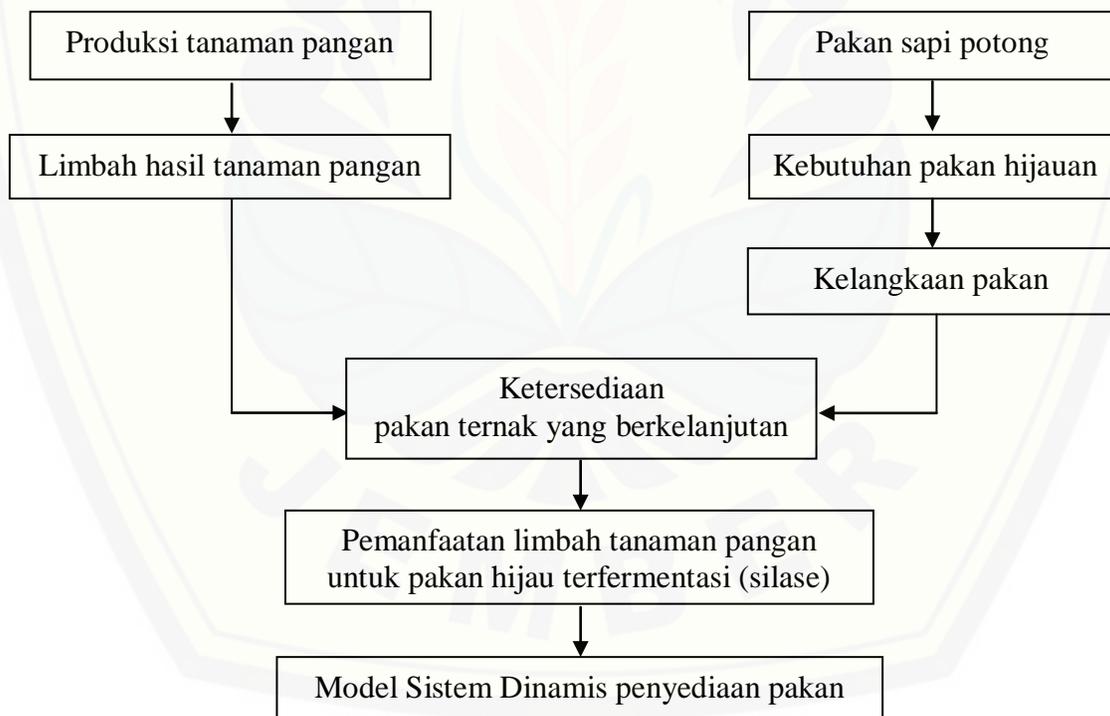
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari wawancara kepada peternak dan petani yang berada di pesisir selatan Kabupaten Lumajang. Sedangkan data sekunder berupa data produksi sapi potong, data produksi padi, dan data produksi jagung yang didapatkan dari BPS, Dinas Pertanian dan Dinas Peternakan.

3.3 Kerangka Pemikiran

Pengaruh musim dan melimpahnya limbah tanaman pangan merupakan permasalahan yang mendasari dilakukannya penelitian ini. Saat musim kemarau akan terjadi kekurangan pakan sedangkan pada musim hujan jumlahnya melimpah. Sapi potong membutuhkan pakan pada setiap harinya sekitar 10% dari bobot badan sapi itu sendiri. Kebutuhan pakan hijauan yang diberikan tidak sesuai dengan kebutuhan ternaknya, namun sesuai dengan kemampuan peternak. Disisi lain pesisir selatan Kabupaten Lumajang memiliki potensi limbah tanaman pangan cukup melimpah seperti limbah jerami padi dan jerami jagung. Untuk menciptakan ketersediaan pakan ternak yang berkelanjutan, keberadaan limbah tersebut dapat dijadikan alternatif

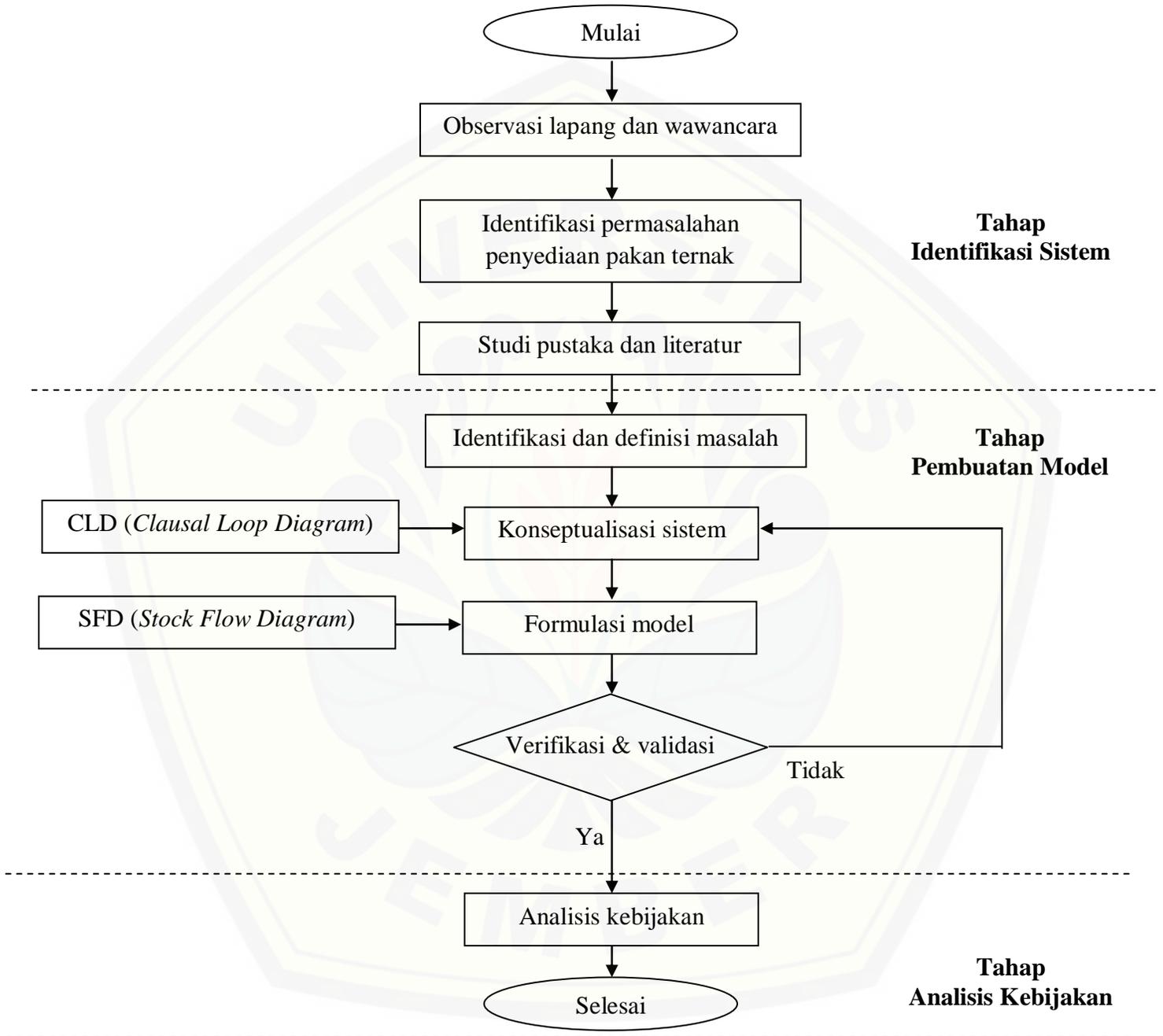
untuk dijadikan pakan ternak. Limbah-limbah yang ada dapat diolah menjadi silase. Pengolahan ini dapat meningkatkan kualitas nutrisi limbah sebagai pakan, serta dapat disimpan dalam kurun waktu yang cukup lama.

Permasalahan saat ini adalah belum adanya industri yang mengolah limbah tanaman pangan tersebut menjadi silase. Oleh karena itu pada penelitian ini memfokuskan pada analisis ketersediaan pakan ternak sapi potong. Analisis penelitian ini menggunakan data-data produksi sapi potong, data produksi padi, dan data produksi jagung. Keseluruhan data tersebut dianalisis menggunakan pemodelan sistem dinamis. Output dari pemodelan sistem dinamis ini adalah dapat memprediksi kebutuhan dan ketersediaan pakan 10 tahun kedepan. Kerangka pemikiran penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 kerangka pemikiran penelitian

3.4 Tahapan Penelitian



3.2 Tahapan penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Adapun tahapan yang akan dilakukan antara lain observasi lapang dan wawancara, identifikasi permasalahan penyediaan pakan ternak, studi pustaka dan literatur, identifikasi dan definisi masalah, konseptualisasi sistem, formulasi model, verifikasi dan validasi, dan analisis kebijakan. Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.

3.4.1 Observasi lapang dan wawancara

Observasi lapang dilakukan dengan mengamati secara langsung kegiatan petani dan peternak sapi potong yang berkaitan dengan penelitian ini. Sedangkan wawancara dilakukan dengan memberikan beberapa pertanyaan untuk menggali informasi kepada para pelaku yang terlibat. Pertanyaan yang diberikan kepada para pelaku merupakan pertanyaan yang berkaitan dengan permasalahan penelitian ini.

3.4.2 Identifikasi permasalahan penyediaan pakan ternak

Permasalahan penyediaan pakan ternak menjadi penting untuk diidentifikasi. Permasalahan ini tentunya akan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menyebabkan penyediaan pakan ternak tidak terpenuhi dengan baik. Setelah parameter yang akan disimulasikan teridentifikasi kemudian akan diketahui variabel-variabel yang mempengaruhi tiap parameter dan dari situ dirancang suatu model dengan diagram sebab akibat dari variabel-variabel tiap parameter permasalahan penyediaan pakan ternak.

3.4.3 Studi pustaka dan literatur

Studi pustaka dan literatur merupakan suatu tahapan dalam mencari dan memahami literatur yang berkaitan dengan penelitian. Studi pustaka dan literatur dapat diperoleh dari berbagai sumber (buku, jurnal, tesis, skripsi dll). Literatur yang berkaitan meliputi penyediaan pakan ternak, pemodelan sistem dinamis, limbah hasil tanaman pangan, silase, pakan ternak sapi potong dan lain-lain.

3.4.4 Identifikasi dan definisi masalah

Tahapan ini merupakan tahapan yang mencakup target/tujuan, kesenjangan yang terjadi (*gap*), dan identifikasi dinamika variabel-variabel. Identifikasi dilakukan dengan sangat seksama dan berulang-ulang sesuai dengan pendalaman

akan pemahaman sistem. Pada tahapan ini diperlukan analisis tentang pola kebutuhan dari tiap-tiap pelaku sistem, unsur-unsur sistem sampai pada elemen terkecil sistem. Pada akhirnya identifikasi akan dapat mendefinisikan permasalahan yang sebenarnya terjadi dalam sistem dan pemecahan yang diharapkan muncul.

3.4.5 Konseptualisasi model

Perancangan konsep model dinamis berawal dari informasi historis atau pola hipotesis setiap variabel kunci untuk menggambarkan perilaku persoalan sebagai dasar rujukan. Dasar rujukan diwakili oleh pola perilaku suatu kumpulan variabel-variabel mencakup beberapa aspek yang berhubungan dengan perilaku persoalan. Pola perilaku rujukan membantu memperkuat hipotesis dinamis yang dinyatakan sebelumnya berdasarkan pengamatan dunia nyata, penelitian sebelumnya dan data-data terkait. Membangun struktur model untuk mempengaruhi perilaku masalah. Membangun struktur model untuk memudahkan secara visual bagi pengguna model dalam memahami dan memudahkan secara visual bagi pengguna model dalam memahami dan menangkap hipotesis dinamis yang dimaksud dengan menggunakan alat CLD. Struktur model dilanjutkan dengan membangun diagram alir dengan alat SFD sebagai bahasa bersama pemodelan SD. Penentuan variabel atau parameter yang akan dijadikan *stock* (akumulasi) dan *flow* (aliran yang dapat mengubah nilai *stock*).

3.4.6 Formulasi model

Tahap formulasi model menggunakan alat bantu program komputer Powersim. Model simulasi agar dapat dijalankan harus lengkap dengan persamaan matematis yang benar, parameter dan penentuan kondisi nilai awal. Tahap formulasi model simulasi dengan membuat spesifikasi struktur, aturan keputusan, estimasi parameter dan uji konsistensi dengan tujuan dan batasan yang telah ditetapkan sebelumnya.

3.4.7 Verifikasi dan validasi

Verifikasi model adalah pembuktian bahwa model komputer yang telah disusun pada tahap sebelumnya mampu melakukan simulasi dari model abstrak yang dikaji (Eriyatno, 1998). Dalam pengertian lain, verifikasi adalah sebuah proses untuk

meyakinkan bahwa program komputer yang dibuat beserta penerapannya adalah benar. Cara yang dilakukan adalah menguji sejauh mana program komputer yang dibuat telah menunjukkan perilaku dan respon yang sesuai dengan tujuan dari model (Schlesinger dkk, 1979 dalam Sargent, 1998).

Validasi adalah usaha penyimpulan apakah model sistem tersebut merupakan perwakilan yang sah dari realitas yang dikaji, sehingga dapat menghasilkan kesimpulan yang meyakinkan (Eriyatno, 1998). Dalam pengertian lain, validasi adalah substansi bahwa model yang dikomputerisasikan dalam lingkup aplikasinya memiliki kisaran akurasi yang memuaskan dan konsisten dengan maksud dari penerapan model (Schlesinger dkk, 1979 dalam Sargent, 1998).

Validasi merupakan proses iteratif sebagai proses penyempurnaan model komputer (Muhammadi dkk, 2001; Eriyatno, 1998). Teknik validasi yang utama dalam metode berpikir sistem adalah validasi struktur model, yaitu sejauh mana keserupaan struktur model mendekati struktur nyata. Sebagai model struktural yang berorientasi proses, keserupaan struktur model dengan struktur nyata ditunjukkan dengan sejauh mana interaksi variabel model dapat menirukan kejadian nyata.

Pemeriksaan konsistensi unit analisis keseluruhan interaksi dari unsur-unsur yang menyusun sistem dengan memeriksa persamaan Powersim. Pemeriksaan konsistensi keluaran model untuk mengetahui sejauhmana kinerja model sesuai dengan kinerja sistem aslinya. Prosedurnya dengan mengeluarkan nilai hasil simulasi dan membandingkan dengan pola perilaku data aktual. Uji penyimpangan dilakukan setelah secara visual meyakinkan dengan mengecek nilai error antara data simulasi dan data aktual dalam batas penyimpangan yang diperkenankan. Ukuran relatif untuk menentukan nilai mean error dari nilai absolute percentage error (APE) yang didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut (Makridakis dkk, 1992).

3.4.8 Analisis Kebijakan

Model yang telah divalidasi dapat diterapkan untuk keperluan analisis kebijakan. Analisis kebijakan pada dasarnya merupakan aktivitas penyusunan alternatif tindakan atau keputusan (*policy*) yang akan diambil sesuai dengan model

yang telah ada agar dapat mempengaruhi proses nyata atau pemecahan masalah yang timbul. Alternatif kebijakan yang menimbulkan perbaikan dipilih sebagai kebijakan terbaik dan dapat diimplementasikan.

3.5 Metode Pengumpulan Data dan Informasi

Data yang dikumpulkan merupakan data terbaru berupa data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dari observasi lapang dan wawancara kepada peternak sapi potong dan petani yang berada di pesisir selatan Kabupaten Lumajang. Observasi lapang dilakukan dengan mengamati secara langsung kegiatan sedangkan wawancara dilakukan dengan memberikan beberapa pertanyaan untuk menggali informasi kepada para pelaku yang terlibat. Pertanyaan yang diberikan kepada para pelaku berkaitan dengan permasalahan penyediaan pakan di daerah tersebut.

Data sekunder diperoleh dari studi pustaka yang didapatkan dari berbagai sumber seperti internet atau didapatkan secara langsung dari dinas yang berkaitan. Sumber data tersebut antara lain dari BPS, Dinas Pertanian dan Dinas Peternakan. Data yang digunakan mencakup :

1. Data series populasi sapi potong per kecamatan tahun 2014-2018 Kab. Lumajang (sumber : Dinas Peternakan, BPS)
2. Data series produktivitas padi tahun 2014-2018 Kab. Lumajang (sumber : Dinas Pertanian, BPS)
3. Data series produktivitas jagung tahun 2014-2018 Kab. Lumajang (sumber : Dinas Pertanian, BPS)

3.6 Metode Analisis Data

Analisis simulasi sistem dinamis diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Powersim Studio 2005* dan digunakan Microsoft Excel untuk mengolah beragam fungsi aritmatika dasar. Metode analisis yang dilakukan pada penelitian ini ada beberapa macam, antara lain MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*), distribusi normal, distribusi teoritis regresi dan statistis deskriptif.

3.6.1 MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

Mean Absolute Percentage Error (nilai tengah persentase kesalahan absolut) adalah salah satu ukuran relatif yang menyangkut kesalahan persentase. MAPE memberikan petunjuk seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya. MAPE lebih banyak digunakan untuk perbandingan pada data-data yang mempunyai skala interval waktu berbeda. Uji ini dapat digunakan untuk mengetahui kesesuaian data hasil prakiraan dengan data aktual.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100\%$$

Keterangan :

F_t = Data hasil simulasi atau peramalan

X_t = Data aktual

n = Periode/banyaknya data

Kriteria ketepatan model dengan uji MAPE (Lomauro dan Bakshi, 1985 dalam Soemantri, 2005) adalah :

MAPE < 5% : Sangat tepat

5% < MAPE < 10% : Tepat

MAPE > 10% : Tidak tepat

3.6.2 Regresi linear sederhana

Analisis regresi linear digunakan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada variabel dependent (variabel Y), nilai variabel dependent berdasarkan nilai independent (variabel X) yang diketahui. Dengan menggunakan analisis regresi linear maka akan mengukur perubahan variable terikat berdasarkan perubahan variabel bebas. Analisis regresi linear dapat digunakan untuk mengetahui perubahan pengaruh yang akan terjadi berdasarkan pengaruh yang ada pada periode waktu sebelumnya. Persamaan umum regresi linear sederhana adalah sebagai berikut :

$$\hat{Y} = a + bX$$

Keterangan :

\hat{Y} = Subjek variabel terikat yang diprediksi

X = Subjek variabel bebas yang mempunyai nilai tertentu

a = Bilangan konstanta regresi untuk $X = 0$ (nilai y pada saat x nol)

b = Koefisien arah regresi yang menunjukkan angka peningkatan atau penurunan variabel Y bila bertambah atau berkurang 1 unit.

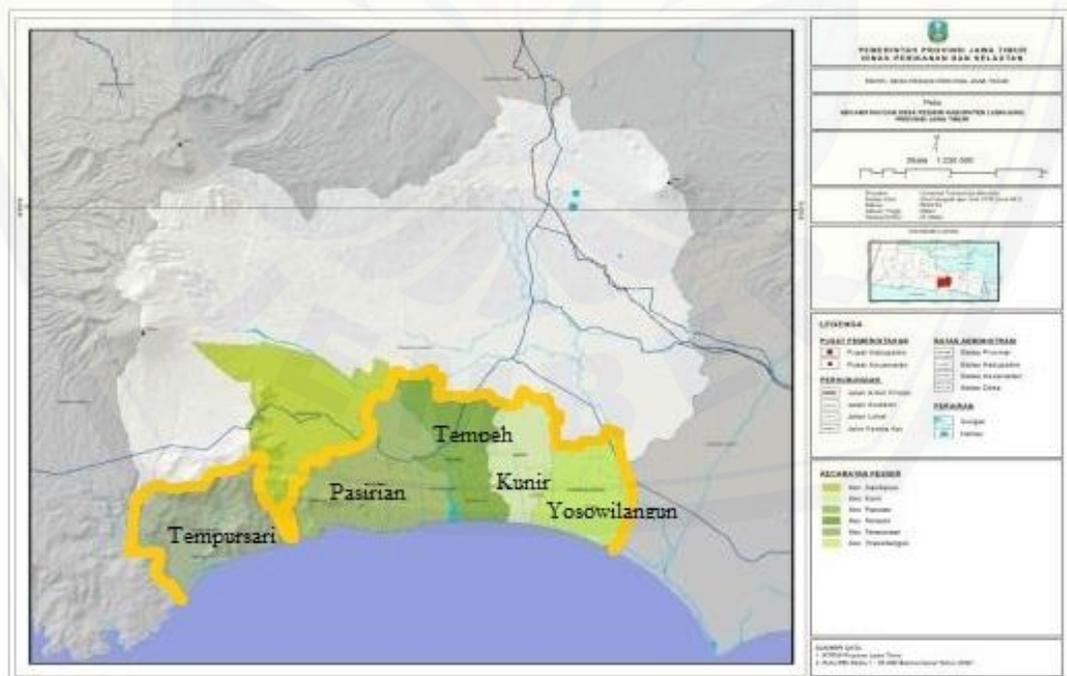
3.6.3 Statistik deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi. Dalam statistik deskriptif antara lain adalah penyajian data melalui table, grafik, diagram lingkaran, pictogram, perhitungan modus, median mean (pengukuran tendensi sentral), perhitungan desil, persentil, perhitungan penyebaran data melalui perhitungan rata-rata dan standar deviasi, perhitungan persentase (Sugiyono, 2009).

BAB 4. PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Pemodelan

Kabupaten Lumajang terletak pada posisi $112^{\circ} 54'$ - $113^{\circ} 23'$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 54'$ - $8^{\circ} 23'$ Lintang Selatan dengan luas 1.790,98 km². Lumajang terdiri dari 21 kecamatan, yang kemudian dibagi kembali menjadi 197 desa, dan 7 kelurahan. Kabupaten Lumajang sebagian besar merupakan dataran tinggi dan diapit oleh tiga pegunungan, yaitu Bromo, Semeru, dan Lemongan. Sisi selatan dari kabupaten Lumajang saja yang merupakan dataran rendah, dan disebut sebagai kawasan pesisir (Gambar 4.1). Kabupaten Lumajang merupakan salah satu Kabupaten di selatan Jawa Timur yang terdiri dari 21 kecamatan, 5 diantaranya merupakan Kecamatan pesisir. Jumlah desa pesisir yang berada dalam 5 kecamatan tersebut adalah 10 desa. Desa pesisir Kabupaten Lumajang, luas dan garis pantainya dapat dilihat pada Tabel 4.1



Gambar 4.1 Kawasan pesisir selatan Kabupaten Lumajang

Tabel 4.1 Desa pesisir Kabupaten Lumajang, luas dan garis pantainya

| Desa | Kecamatan | Kabupaten | LUAS Desa (Ha) | Garis Pantai (Km) |
|---------------|--------------|-----------|----------------|-------------------|
| Gondoruso | Pasirian | Lumajang | 232 | 4.223 |
| Bades | Pasirian | Lumajang | 233 | 4.598 |
| Bago | Pasirian | Lumajang | 234 | 3.705 |
| SelokAwarAwar | Pasirian | Lumajang | 235 | 3.760 |
| Pandanwangi | Tempeh | Lumajang | 236 | 2.592 |
| Pandan Arum | Tempeh | Lumajang | 237 | 2.591 |
| Jatimulyo | Kunir | Lumajang | 238 | 2.691 |
| Wotgalih | Yosowilangun | Lumajang | 239 | 4.789 |
| Tegalrejo | Tempursari | Lumajang | 240 | 5.356 |
| Bulurejo | Tempursari | Lumajang | 241 | 6.606 |

(Sumber : Sukandardkk, 2016)

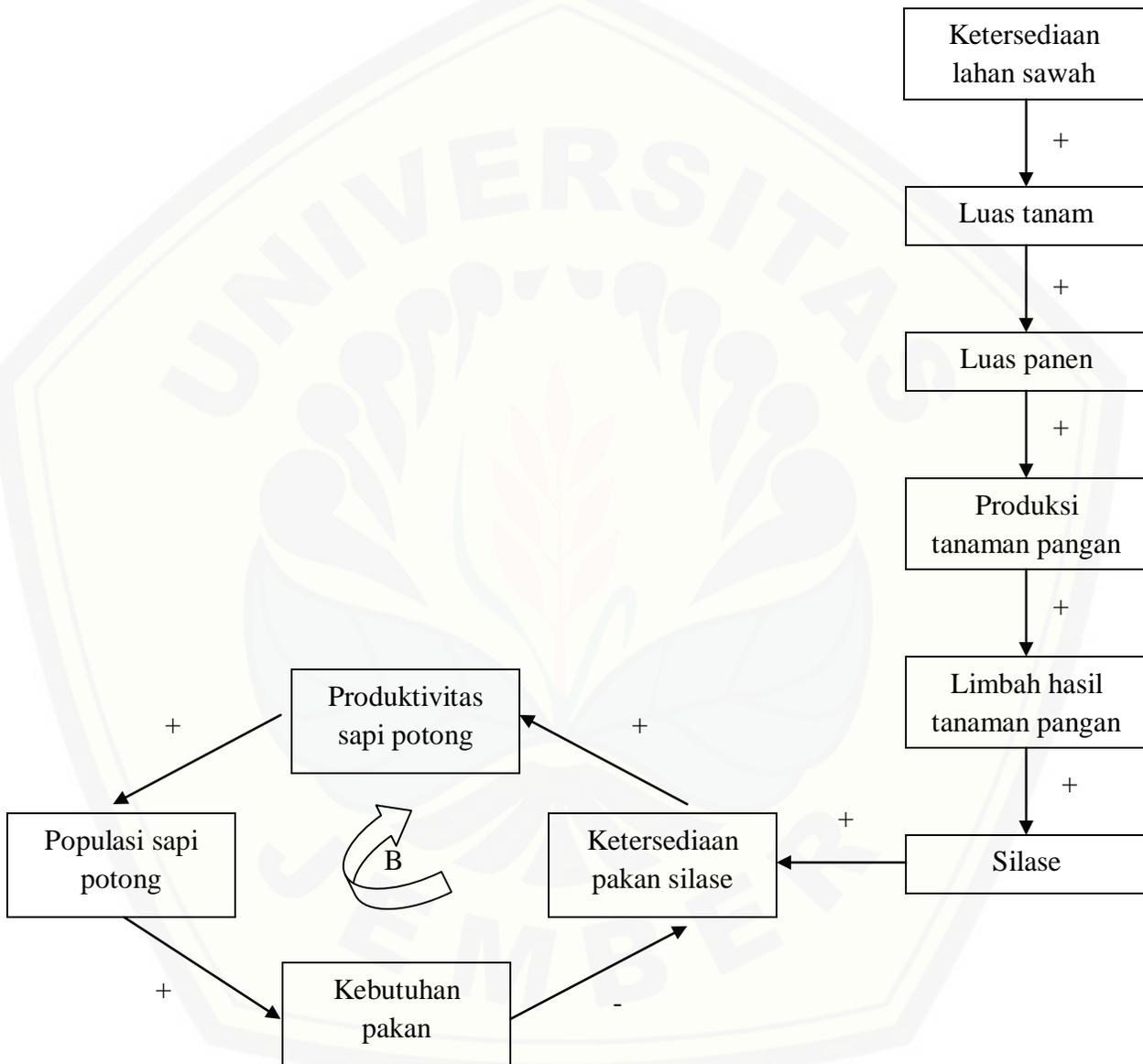
Pesisir selatan Kabupaten Lumajang merupakan daerah potensial untuk pengembangan ternak sapi potong. Hal tersebut dibuktikan pada tahun 2018 populasi sapi potong di pesisir selatan mencapai 78 ribu ekor atau menyumbang 37,9% dari seluruh total populasi sapi potong di Kabupaten Lumajang. Lima Kecamatan pesisir Kabupaten Lumajang memiliki jumlah populasi tertinggi jika dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Kecamatan Tempursari memiliki populasi sebesar 1 ribu ekor, Kecamatan Pasirian 19 ribu ekor, Kecamatan Tempeh 15 ribu ekor, Kecamatan Kunir 24 ribu ekor, dan Kecamatan Yosowilangun 18 ribu ekor.

Selain potensi sapi potong, potensi pakan seperti limbah tanaman pangan keberadaannya cukup melimpah dan belum termanfaatkan dengan baik. Pada tahun 2018 jumlah limbah tanaman pangan setelah dikonversi jumlahnya mencapai 246 ribu ton yang terdiri dari limbah jerami padi dan jagung. Jerami padi merupakan limbah tanaman pangan yang jumlahnya paling tinggi yaitu sebesar 232 ribu ton disusul jerami jagung 13 ribu ton.

4.2 Analisis Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat menggambarkan hubungan antar elemen yang terlibat dalam sistem yang dikaji. Diagram ini terdiri dari variabel-variabel yang masing-masing dihubungkan dengan tanda panah yang menghubungkan antar variabel

tersebut. Hubungan digambarkan dengan tanda positif (+) atau negatif (-). Gambar 4.2 memperlihatkan keterkaitan dari tiap elemen yang mempengaruhi penyediaan pakan ternak sapi potong.



4.2 Diagram sebab akibat sistem penyediaan pakan ternak sapi potong

Gambar 4.2 memperlihatkan tentang pola perilaku hubungan antara masing-masing variabel yang saling mempengaruhi, baik mempengaruhi dari segi positif (+) maupun negatif (-). Peningkatan ketersediaan lahan akan meningkatkan luas tanam

setiap tahunnya, sehingga menyebabkan luas panen, produksi tanaman pangan, dan limbah hasil tanaman pangan pun bertambah. Adanya peningkatan limbah hasil tanaman pangan akan meningkatkan produksi silase sehingga menyebabkan ketersediaan pakan silase akan semakin banyak. Ketersediaan pakan merupakan kunci terpenuhinya kebutuhan pakan ternak, meningkatnya ketersediaan pakan silase akan meningkatkan jumlah produktivitas sapi potong dan populasi sapi potong. Adanya peningkatan populasi sapi potong akan menyebabkan kebutuhan pakan meningkat dan ketersediaan pakan silase berkurang. Hubungan tersebut membentuk *loop* negatif sehingga terdapat notasi *B* (*Balancing*) yang menunjukkan adanya penurunan dalam jangka panjang di dalam *loop* tersebut.

4.3 Asumsi Model

Model sistem dinamis penyediaan pakan ternak sapi potong di pesisir Selatan Kabupaten Lumajang dibangun berlandas atas beberapa asumsi dasar sebagai berikut :

1. Data dasar yang digunakan untuk awal simulasi adalah data tahun 2014;
2. Persentase limbah tanaman pangan dihitung berdasarkan faktor konversi yang dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Faktor konversi bahan pakan dari produk samping tanaman pangan

| No. | Tanaman pangan | Bahan pakan | Faktor konversi |
|-----|----------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Padi | Jerami padi segar (ton/th) | 1,35 x produksi gabah (ton/th) |
| 2 | Jagung | Jerami jagung (ton/th) | 20,4% x tanaman jagung (ton/th) |

Sumber : Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2015)

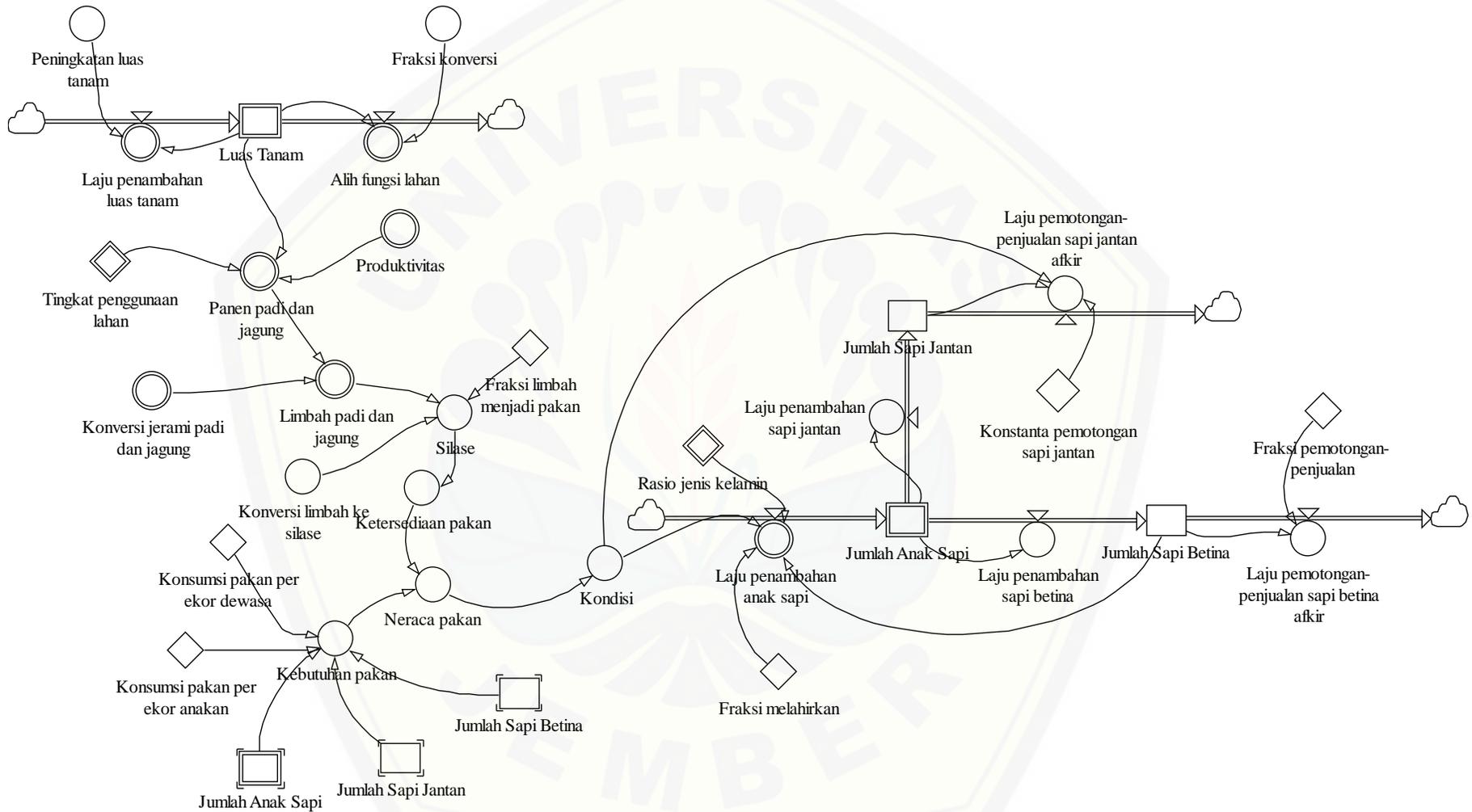
3. Persentase limbah tanaman pangan sebagai pakan 33,3% (Yusriani dkk, 2015)
4. Persentase konversi jerami ke silase adalah 45% (BPTP Jawa Barat, 2013)

4.4 Pemodelan Sistem Dinamis Penyediaan Pakan Ternak Sapi Potong di Pesisir Selatan Kabupaten Lumajang

Pemodelan sistem dinamis penyediaan pakan ternak sapi potong di pesisir Selatan Kabupaten Lumajang diterjemahkan kedalam diagram alir (*flow diagram*)

yang terdiri dari *stock-flow*, *auxiliary*, dan *constant*. Model simulasi yang dibuat disesuaikan dengan formulasi permasalahan untuk mempermudah keluaran yang dibutuhkan dalam pengambilan keputusan untuk penyediaan pakan ternak. Model dibuat berdasarkan pola penyediaan pakan ternak sapi potong di Pesisir Selatan Kabupaten Lumajang dimana setiap variabel telah dijabarkan dalam persamaan matematik dalam fungsi persamaan sistem dinamis. Model sistem dinamis penyediaan pakan ternak sapi potong di pesisir selatan kabupaten Lumajang dapat dilihat pada Gambar 4.3.





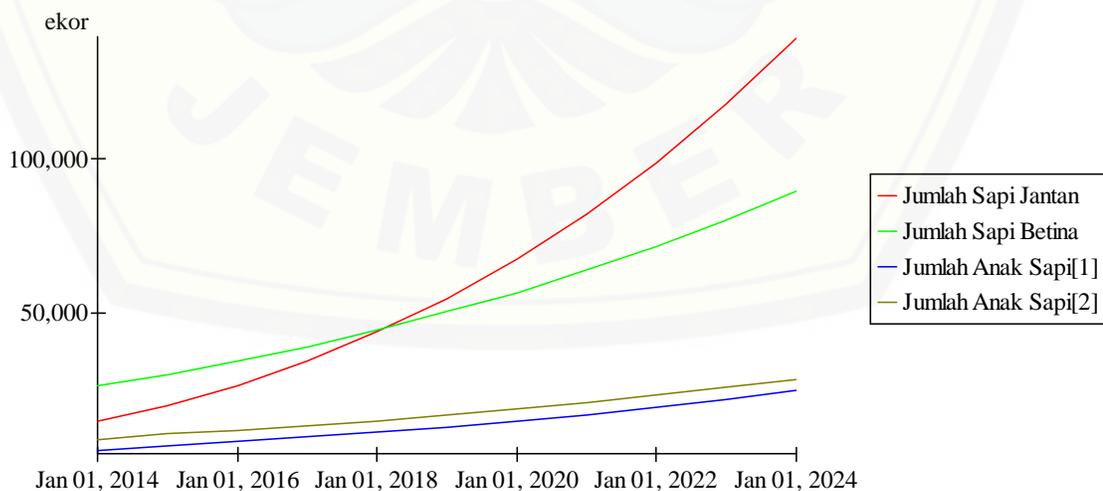
Gambar 4.3 Model sistem dinamis penyediaan pakan ternak sapi potong di pesisir selatan Kabupaten Lumajang

4.4.1 Jumlah populasi sapi potong

Jumlah populasi sapi potong terdiri dari jumlah sapi jantan dewasa, jumlah sapi betina dewasa, jumlah sapi anakan jantan dan jumlah sapi anakan betina. Data awal simulasi didapatkan dari data populasi sapi potong Dinas Peternakan kabupaten Lumajang tahun 2014. Selanjutnya disimulasi hingga 10 tahun kedepan sampai pada tahun 2024. Tabel dan grafik jumlah sapi potong dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.3 Jumlah populasi sapi potong

| (ekor) | | | |
|--------------|--------------------|--------------------|------------------------|
| Tahun | Jumlah Sapi Jantan | Jumlah Sapi Betina | Jumlah Anak Sapi |
| Jan 01, 2014 | 14,751.00 | 26,013.00 | {4,913.00, 8,675.00} |
| Jan 01, 2015 | 19,664.00 | 29,485.40 | {6,703.29, 10,465.29} |
| Jan 01, 2016 | 26,367.29 | 34,053.61 | {7,849.18, 11,611.18} |
| Jan 01, 2017 | 34,216.47 | 38,854.07 | {9,356.69, 13,118.69} |
| Jan 01, 2018 | 43,573.16 | 44,201.95 | {10,940.84, 14,702.84} |
| Jan 01, 2019 | 54,514.01 | 50,064.40 | {12,705.64, 16,467.64} |
| Jan 01, 2020 | 67,219.65 | 56,519.16 | {14,640.25, 18,402.25} |
| Jan 01, 2021 | 81,859.90 | 63,617.58 | {16,770.32, 20,532.32} |
| Jan 01, 2022 | 98,630.23 | 71,426.39 | {19,112.80, 22,874.80} |
| Jan 01, 2023 | 117,743.03 | 80,015.91 | {21,689.71, 25,451.71} |
| Jan 01, 2024 | 139,432.74 | 89,464.44 | {24,524.25, 28,286.25} |



Gambar 4.4 Grafik populasi sapi potong

Tabel 4.3 Menunjukkan pada awal simulasi jumlah sapi jantan dewasa adalah sebesar 14,751 ekor setelah dilakukan simulasi dalam kurun waktu 10 tahun jumlah sapi jantan dewasa jumlahnya meningkat menjadi 139,432 ekor. Jumlah sapi betina dewasa diawal simulasi sebesar 26,013 ekor setelah dilakukan simulasi jumlahnya meningkat menjadi 89,464 ekor dalam waktu 10 tahun. Jumlah anakan sapi jantan pada awal simulasi adalah 4,913 ekor selama 10 tahun meningkat menjadi 24,524 ekor. Jumlah anakan sapi betina pada awal simulasi berjumlah 8,675 ekor dalam waktu 10 tahun kedepan jumlahnya menjadi 28,286 ekor.

4.4.2 Jumlah limbah padi dan jagung

Limbah tanaman pangan diperoleh dari 2 komoditas tanaman pangan yaitu padi dan jagung. Bahan pakan yang akan digunakan adalah jerami padi dan jerami jagung. Jumlah limbah tanaman pangan dihitung dengan persamaan sebagai berikut dan nilainya dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.5.

$$\text{Limbah padi dan jagung} = \text{panen padi dan jagung} * \text{konversi jerami padi dan jagung}$$

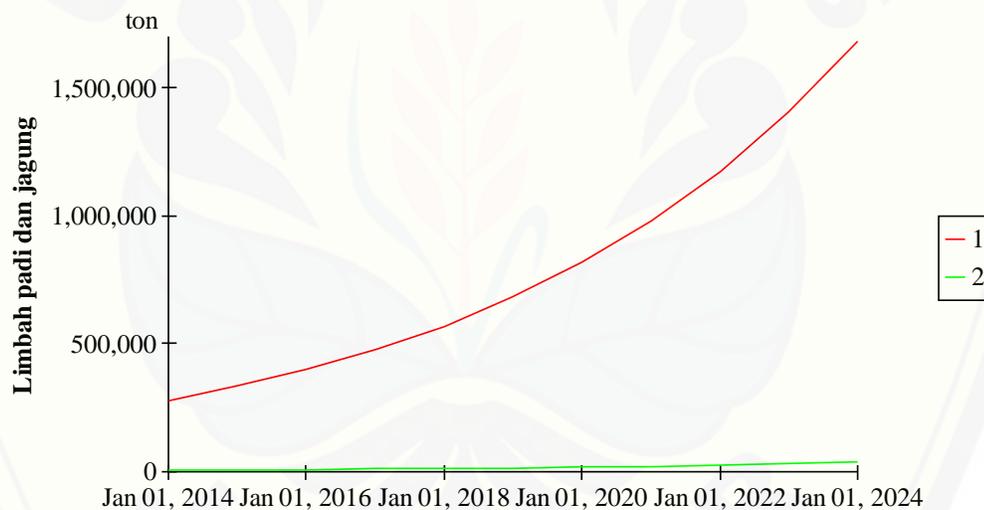
Dimana :

- Limbah padi dan jagung adalah hasil konversi dari tanaman pangan sesuai pada Tabel 2.
- Panen padi dan jagung adalah jumlah padi dan jagung yang diproduksi dalam kurun waktu 1 tahun dengan perbandingan
- Konversi limbah tanaman pangan adalah hasil kali faktor konversi dengan produksi tanaman pangan (ton)

Tabel 4.4 menunjukkan pada awal simulasi jumlah limbah jerami padi adalah 276,552 ton nilainya mengalami peningkatan setiap tahunnya hingga dalam kurun waktu 10 tahun kedepan nilainya mencapai 1,683,833 ton. Jumlah limbah jerami jagung pada awal simulasi jumlahnya adalah 5,791 ton dalam kurun waktu 10 tahun jumlahnya meningkat menjadi 35,263 ton.

Tabel 4.4 Jumlah limbah jerami padi dan jagung

| Tahun | Limbah padi dan jagung (ton) |
|--------------|------------------------------|
| Jan 01, 2014 | {276,522.74, 5,791.02} |
| Jan 01, 2015 | {331,274.24, 6,937.64} |
| Jan 01, 2016 | {396,866.54, 8,311.29} |
| Jan 01, 2017 | {475,446.12, 9,956.93} |
| Jan 01, 2018 | {569,584.45, 11,928.40} |
| Jan 01, 2019 | {682,362.17, 14,290.23} |
| Jan 01, 2020 | {817,469.88, 17,119.69} |
| Jan 01, 2021 | {979,328.92, 20,509.39} |
| Jan 01, 2022 | {1,173,236.05, 24,570.25} |
| Jan 01, 2023 | {1,405,536.78, 29,435.16} |
| Jan 01, 2024 | {1,683,833.07, 35,263.32} |



Gambar 4.5 Jumlah limbah jerami padi dan jagung

4.4.3 Jumlah silase

Silase diperoleh dari 2 jenis limbah tanaman pangan yaitu jerami padi dan jerami jagung. Jumlah silase jerami padi dan jagung didapatkan dari pengalihan limbah jerami padi dan jagung dengan nilai konversi jerami menjadi silase serta fraksi limbah menjadi pakan. Jumlah silase dihitung dengan persamaan sebagai berikut dan nilainya dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.6.

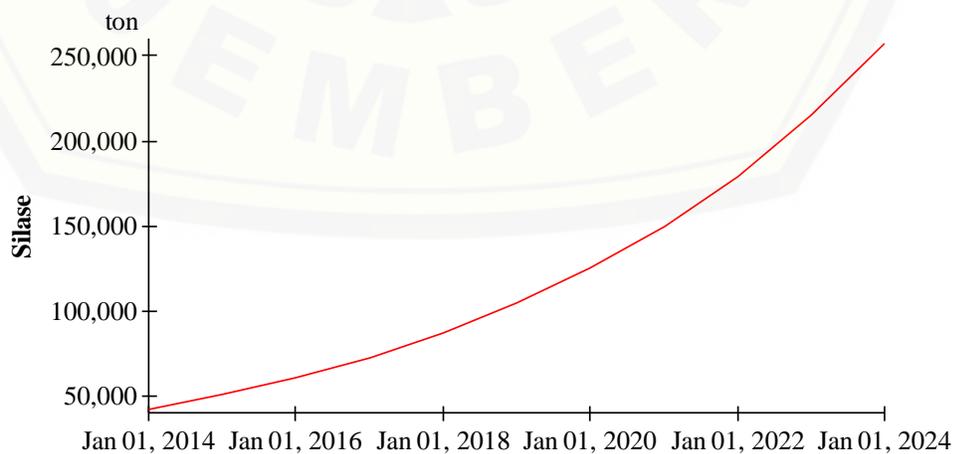
Jumlah silase = $(0.920+16.53) * (\text{'Limbah padi dan jagung'}[\text{INDEX}(1)] * \text{'Fraksi limbah menjadi pakan'} * \text{'Konversi limbah ke silase'} + \text{'Limbah padi dan jagung'}[\text{INDEX}(2)] * \text{'Fraksi limbah menjadi pakan'} * \text{'Konversi limbah ke silase'})$

Dimana :

- $(0.920+16.53)$ merupakan persamaan regresi linear antara konsumsi pakan dan produktivitas lahir. Persamaan regresinya adalah sebagai berikut $y = 0.920x+16.53$,dimana $x =$ konsumsi pakan; $y =$ produktivitas lahir
- Konversi jerami ke silase didapatkan dari literatur dengan nilai konstanta 0.45
- Fraksi limbah menjadi pakan didapatkan dari literatur dengan nilai konstanta 0.333

Tabel 4.5 Jumlah silase

| Tahun | Silase (ton) |
|--------------|--------------|
| Jan 01, 2014 | 42,304.72 |
| Jan 01, 2015 | 50,681.05 |
| Jan 01, 2016 | 60,715.90 |
| Jan 01, 2017 | 72,737.65 |
| Jan 01, 2018 | 87,139.70 |
| Jan 01, 2019 | 104,393.36 |
| Jan 01, 2020 | 125,063.25 |
| Jan 01, 2021 | 149,825.77 |
| Jan 01, 2022 | 179,491.27 |
| Jan 01, 2023 | 215,030.55 |
| Jan 01, 2024 | 257,606.59 |



Gambar 4.6 Grafik jumlah silase padi dan jagung

Tabel 4.5 menunjukkan pada awal simulasi jumlah silase jerami padi dan jagung adalah 42,304 ton. Setiap tahun jumlah silase jerami padi dan jagung mengalami peningkatan. Pada tahun ke-10 jumlah silase jerami padi dan jagung mencapai nilai 257,606 ton.

4.4.4 Ketersediaan pakan ternak

Ketersediaan pakan ternak merupakan pakan yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan pakan sapi potong dalam kurun waktu 1 tahun. Ketersediaan pakan ternak dihitung dengan persamaan sebagai berikut. Sedangkan nilainya dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.7

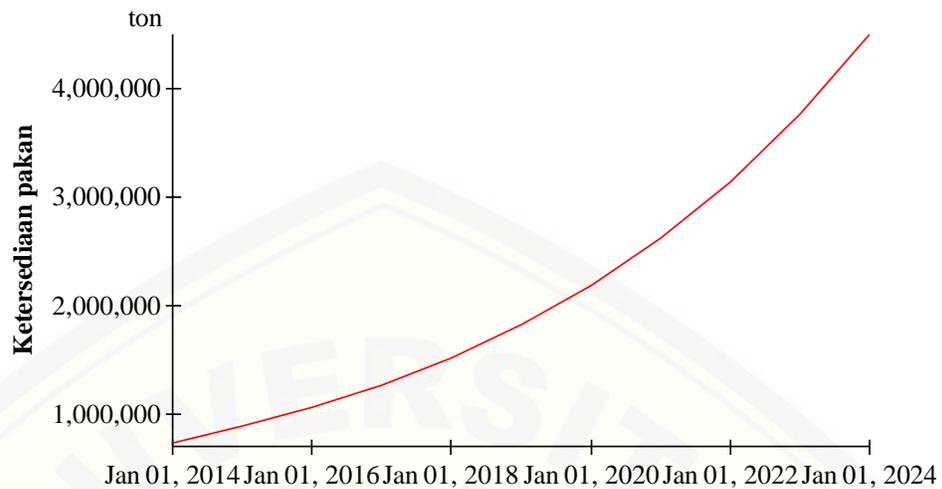
$$\text{Ketersediaan pakan ternak} = \text{Silase}$$

Dimana :

- Silase merupakan jumlah dari silase limbah jerami padi dan jerami jagung. Silase didapatkan dari pengalihan antara limbah jerami padi dan jagung dengan konversi jerami ke silase serta fraksi limbah menjadi pakan

Tabel 4.6 Ketersediaan pakan ternak

| Tahun | Ketersediaan pakan (ton) |
|--------------|--------------------------|
| Jan 01, 2014 | 738,217.31 |
| Jan 01, 2015 | 884,384.34 |
| Jan 01, 2016 | 1,059,492.44 |
| Jan 01, 2017 | 1,269,271.94 |
| Jan 01, 2018 | 1,520,587.79 |
| Jan 01, 2019 | 1,821,664.17 |
| Jan 01, 2020 | 2,182,353.67 |
| Jan 01, 2021 | 2,614,459.70 |
| Jan 01, 2022 | 3,132,122.72 |
| Jan 01, 2023 | 3,752,283.02 |
| Jan 01, 2024 | 4,495,235.06 |



Gambar 4.7 Grafik ketersediaan pakan ternak

Tabel 4.6 menunjukkan nilai ketersediaan pakan ternak pada awal simulasi nilainya sebesar 738,217 ton. Setiap tahun ketersediaan pakan ternak semakin meningkat. Pada tahun ke-10 ketersediaan pakan ternak mencapai nilai 4,495,235 ton.

4.4.5 Kebutuhan pakan ternak

Kebutuhan pakan ternak merupakan kebutuhan pakan dari sapi potong jantan dan betina dewasa serta sapi potong jantan dan betina anakan. Kebutuhan pakan ternak dihitung dengan persamaan sebagai berikut. Sedangkan nilainya dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.8.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan pakan ternak} = & \text{'Jumlah Anak Sapi'}[\text{INDEX}(1)] * 1 \ll 1/\text{ekor} \gg * \text{'Konsumsi pakan per ekor anak'} + \text{'Jumlah Anak Sapi'}[\text{INDEX}(2)] * 1 \ll 1/\text{ekor} \gg * \text{'Konsumsi pakan per ekor anak'} + \text{'Jumlah Sapi Betina'} * 1 \ll 1/\text{ekor} \gg * \text{'Konsumsi pakan per ekor dewasa'} + \text{'Jumlah Sapi Jantan'} * 1 \ll 1/\text{ekor} \gg * \text{'Konsumsi pakan per ekor dewasa'} \end{aligned}$$

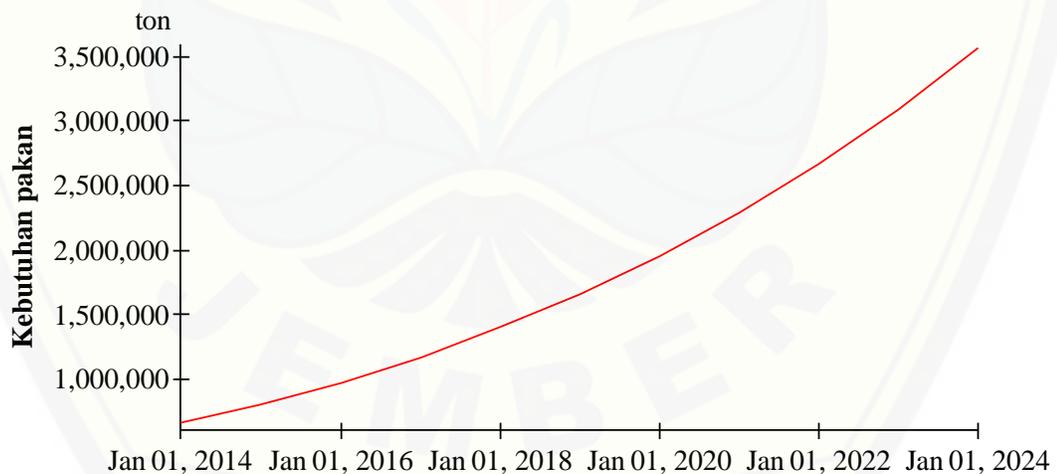
Dimana :

- Jumlah sapi jantan dan betina dewasa serta jumlah sapi anakan jantan dan betina nilainya didapatkan dari data Dinas Peternakan kabupaten Lumajang tahun 2014

- Konsumsi pakan sapi jantan dan betina dewasa serta konsumsi pakan sapi anakan jantan dan betina didapatkan dari hasil wawancara peternak di daerah pesisir selatan kabupaten Lumajang.

Tabel 4.7 Kebutuhan pakan ternak

| Tahun | Kebutuhan pakan (ton) |
|--------------|-----------------------|
| Jan 01, 2014 | 660,376.80 |
| Jan 01, 2015 | 800,932.96 |
| Jan 01, 2016 | 974,738.96 |
| Jan 01, 2017 | 1,172,453.99 |
| Jan 01, 2018 | 1,400,268.69 |
| Jan 01, 2019 | 1,660,053.10 |
| Jan 01, 2020 | 1,955,346.16 |
| Jan 01, 2021 | 2,289,596.16 |
| Jan 01, 2022 | 2,666,729.57 |
| Jan 01, 2023 | 3,091,025.49 |
| Jan 01, 2024 | 3,567,202.93 |



Gambar 4.8 Grafik kebutuhan pakan ternak

Tabel 4.7 menunjukkan nilai kebutuhan pakan ternak pada awal simulasi hingga tahun ke-10 mengalami peningkatan. Nilai awal simulasi kebutuhan pakan ternak adalah 660,376 ton naik menjadi 3,567,202 ton.

4.4.6 *Gap* atau selisih ketersediaan pakan ternak dan kebutuhan pakan ternak

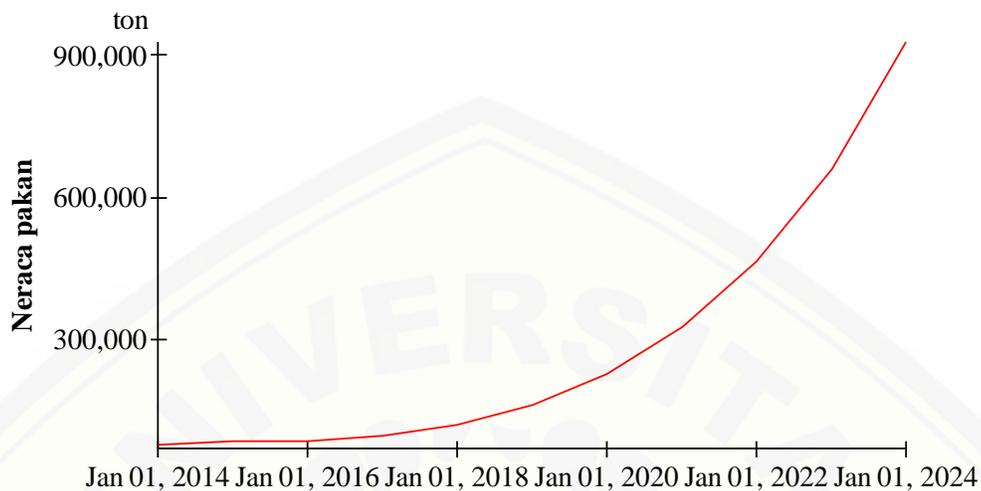
Gap pada model simulasi ini adalah selisih dari ketersediaan pakan ternak silase dan kebutuhan pakan ternak. Jika jumlah ketersediaan pakan ternak lebih besar dari kebutuhan pakan ternak maka *gap* akan memiliki nilai positif (+). Artinya pakan yang ada telah mencukupi kebutuhan pakan ternak. Sedangkan jika jumlah ketersediaan pakan ternak lebih kecil dari kebutuhan pakan ternak maka *gap* akan memiliki negatif (-). Artinya pakan yang ada belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan pakan ternak. *Gap* pada model ini diberi nama neraca pakan dan dihitung dengan persamaan sebagai berikut. Sedangkan nilainya dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.9.

$$\text{Neraca pakan} = \text{'Ketersediaan pakan'} - \text{'Kebutuhan pakan'}$$

Tabel 4.8 *Gap* atau selisih ketersediaan pakan ternak dan kebutuhan pakan ternak

| Tahun | Neraca pakan (ton) |
|--------------|--------------------|
| Jan 01, 2014 | 77,840.51 |
| Jan 01, 2015 | 83,451.38 |
| Jan 01, 2016 | 84,753.47 |
| Jan 01, 2017 | 96,817.95 |
| Jan 01, 2018 | 120,319.10 |
| Jan 01, 2019 | 161,611.07 |
| Jan 01, 2020 | 227,007.51 |
| Jan 01, 2021 | 324,863.54 |
| Jan 01, 2022 | 465,393.15 |
| Jan 01, 2023 | 661,257.53 |
| Jan 01, 2024 | 928,032.12 |

Pada Tabel 4.8 menunjukkan tahun pertama simulasi neraca pakan memiliki nilai 77,840 ton nilainya meningkat setiap tahun hingga tahun ke-10 menjadi 928,032 ton. Nilai neraca pakan tersebut menunjukkan nilai positif (+) yang berarti nilai ketersediaan pakan lebih besar dibandingkan nilai kebutuhan pakan ternak. Artinya ketersediaan pakan ternak telah mencukupi kebutuhan pakan ternak yang dibutuhkan hingga 10 tahun yang akan datang.



Gambar 4.9 *Gap* atau selisih ketersediaan pakan ternak dan kebutuhan pakan ternak

4.5 Verifikasi dan Validasi

4.5.1 Verifikasi model

Verifikasi model adalah pembuktian bahwa model komputer yang telah disusun pada tahap sebelumnya mampu melakukan simulasi dari model abstrak yang dikaji (Eriyatno, 1998). Proses verifikasi model dinamis penyediaan pakan ternak sapi potong di pesisir selatan Kabupaten Lumajang dilakukan dengan menggunakan tiga cara. Cara pertama adalah melakukan pengecekan hubungan antar variabel dan parameter sehingga terjadi hubungan konsistensi yang logis. Jika terdapat hubungan yang tidak logis antar variabel maupun antar parameter, maka *Powersim* akan secara otomatis menampilkan simbol “#” pada panah penghubung atau pada variabel (auxiliary, level dan konstanta). Simbol tersebut menunjukkan adanya ketidaksesuaian hubungan antar variabel atau antar parameter. Cara kedua adalah dengan melakukan pengecekan unit analisis variabel atau parameter agar memiliki hasil yang konsisten. Jika *Powersim* menampilkan simbol “?” artinya unit tersebut masih belum konsisten. Cara ketiga adalah pengecekan variabel kunci pada perilaku model sistem dinamis yang dibuat. Model sistem dinamis penyediaan pakan ternak sapi potong yang dibuat telah mampu untuk melakukan sebuah proses simulasi kajian

model dunia abstrak mengikuti perilaku realitas dunia nyata yang telah dikaji. Artinya verifikasi model sistem dinamis ini telah memenuhi standar prosedur verifikasi.

4.5.2 Validasi

Proses validasi dilakukan dengan membandingkan data hasil simulasi dengan data aktual dari beberapa variabel berdasarkan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Parameter utama yang diuji adalah jumlah sapi potong dan hasil panen selama 4 tahun yaitu tahun 2015 sampai 2018. Grafik dan tabel validasi jumlah sapi potong dan hasil panen tahun 2015-2018 dapat dilihat secara berurutan pada Gambar 4.10 dan Tabel 4.9 serta Gambar 4.11 dan Tabel 4.10.



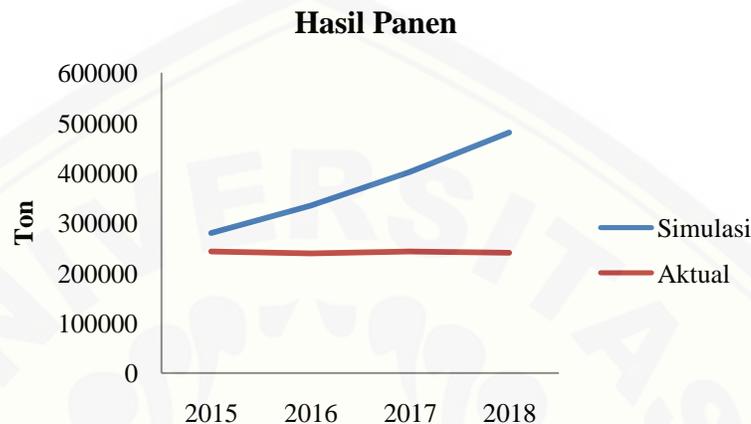
Gambar 4.10 Grafik validasi jumlah sapi potong

Tabel 4.9 Hasil validasi jumlah sapi potong tahun 2015-2018

| Tahun | Simulasi | Aktual | MAPE (%) |
|-------|----------|--------|----------|
| 2015 | 66317 | 65875 | 0.17 |
| 2016 | 79880 | 69854 | 3.59 |
| 2017 | 95544 | 76979 | 6.03 |
| 2018 | 113416 | 78915 | 10.93 |
| | | | 5.18 |

Berdasarkan hasil perhitungan nilai MAPE jumlah sapi potong memiliki nilai 5.18%. MAPE tersebut memiliki nilai <10%, hasil ini menunjukkan bahwa persentase selisih data aktual dan data simulasi masih dalam kisaran nilai yang diperkenankan

yaitu sebesar 10% (Muhammadi dkk, 2001). MAPE tersebut menunjukkan bahwa parameter jumlah sapi potong konsisten dan valid secara statistik berdasarkan perilaku yang dihasilkannya.



Gambar 4.11 Grafik validasi hasil panen

Tabel 4.10 Hasil validasi hasil panen tahun 2015-2018

| Tahun | Simulasi | Aktual | MAPE (%) |
|-------|----------|--------|----------|
| 2015 | 279396 | 243186 | 3.72 |
| 2016 | 334716 | 238858 | 10.03 |
| 2017 | 400990 | 242534 | 16.33 |
| 2018 | 480386 | 239638 | 25.12 |
| | | | 13.80 |

Hasil validasi MAPE hasil panen memiliki nilai 13.80%. MAPE tersebut memiliki nilai $>10\%$, hasil ini menunjukkan bahwa persentase selisih data aktual dan data simulasi melebihi kisaran nilai yang diperkenankan menurut Muhammadi dkk (2001) yaitu 10%. Hasil tersebut menunjukkan tingkat galat simulasi dan aktual sebesar 3.80% dari nilai yang diperkenankan. Namun, karena data yang digunakan bersifat probabilistik maka nilai tersebut masih dapat ditoleransi dan tidak berpengaruh signifikan terhadap kelangsungan pengintegrasian model secara keseluruhan.

4.6 Uji Sensitivitas

Uji sensitivitas pada dasarnya mengasumsikan kemungkinan-kemungkinan suatu kondisi yang terjadi di dunia nyata dan pilihan alternatif kebijakan yang

mungkin dilakukan oleh pengambil keputusan. Uji sensitivitas *gap* pakan (selisih antara ketersediaan pakan dan kebutuhan pakan) dilakukan dengan merubah parameter-parameter yang berpengaruh signifikan terhadap kerja sistem. Parameter-parameter tersebut adalah luas sawah, produktivitas panen dan konsumsi pakan. Hal tersebut dilakukan dengan cara merubah nilai dari parameter-parameter tersebut dengan perubahan yang cukup signifikan mulai dari skenario terbaik hingga yang terburuk. Pada penelitian ini, setiap parameter yang berpengaruh terhadap sistem nilainya dinaikkan atau diturunkan sebesar 00% dari kondisi awal, kemudian dilihat seberapa besar respon terhadap kinerja sistem.

Kondisi terbaik dapat terjadi apabila luas tanam dan produktivitas dinaikkan nilainya 5% dari kondisi awal, kondisi ini dapat meningkatkan nilai *gap* pakan karena ketersediaan pakan yang dihasilkan semakin tinggi. Parameter konsumsi pakan nilainya ditingkatkan 40% dari nilai awal. Semakin tinggi nilai konsumsi pakan maka kebutuhan pakan akan semakin meningkat dan ketersediaan pakan akan semakin berkurang, sehingga nilai *gap* pakan akan semakin kecil. Sedangkan pada kondisi terburuk dapat terjadi apabila luas tanam dan produktivitas panen secara berurutan diturunkan nilainya -5% dan -7% dari kondisi awal, sehingga ketersediaan pakan akan menurun dan nilai *gap* pakan akan semakin kecil. Parameter konsumsi pakan nilainya ditingkatkan 60% dari nilai awal. Kondisi tersebut menyebabkan kebutuhan pakan akan semakin meningkat dan ketersediaan pakan semakin sedikit, sehingga nilai *gap* pakan akan semakin kecil. Setelah beberapa skenario dijalankan pada model penyediaan pakan, terbukti bahwa parameter tersebut berpengaruh signifikan pada sistem yang telah dibuat. Hasil perubahan parameter sensitif yaitu luas tanam, produktivitas panen dan konsumsi pakan yang berpengaruh terhadap *gap* pakan dapat dilihat pada Gambar 4.12. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa perubahan nilai semua parameter sensitif berpengaruh secara signifikan terhadap hasil simulasi *gap* pakan baik menggunakan skenario terbaik, normal dan terburuk.



Gambar 4.12 Dinamika *gap* pakan akibat perubahan parameter sensitif

4.7 Simulasi Skenario Analisis Perilaku Dinamis

Analisis perilaku dinamis memungkinkan bagi pengguna model untuk merubah nilai parameter. Analisis pola perilaku dasar memiliki peran penting sebagai cerminan kondisi aktual di dunia nyata. Namun pada kenyataannya model yang telah dibuat harus mencerminkan kejadian-kejadian pada periode mendatang supaya bisa digunakan untuk merencanakan kebijakan berdasar *gap* pakan yang telah ada. Pada tahap ini parameter yang diuji adalah luas sawah, produktivitas panen dan konsumsi pakan. Parameter tersebut dipilih karena telah terbukti ketiga parameter tersebut berpengaruh signifikan terhadap sistem yang telah dibuat. Perubahan nilai parameter dibagi kedalam tiga skenario, yaitu skenario optimis (RS 1), moderat (RS 2) dan pesimis (RS 3). Kombinasi berbagai alternatif skenario dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.11 Kombinasi berbagai alternatif skenario

| Skenario | Luas sawah (Ha) | Produktivitas panen | Konsumsi pakan | Ket. |
|----------|-----------------|---------------------|----------------|------|
| Optimis | +5% | +5% | +40% | RS 1 |
| Moderat | +3% | +3% | +50% | RS 2 |
| Pesimis | -5% | -7% | +60% | RS 3 |

Keterangan :

-5% : mengalami penurunan sebesar 5% dari nilai awal

+5% : mengalami kenaikan sebesar 5% dari nilai awal

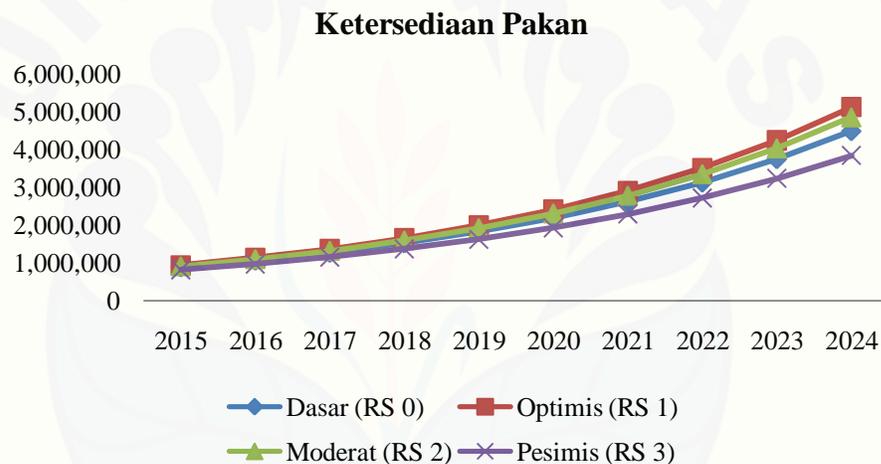
Tabel 4.12 dan Gambar 4.13 menunjukkan hasil simulasi berbagai skenario pada ketersediaan pakan. Hasil simulasi pada skenario optimis (RS 1), skenario moderat (RS 2) dan skenario pesimis (RS 3) secara berurutan adalah 25,286,639 ton, 24,238,853 ton dan 19,955,138 ton. Hasil tersebut menunjukkan bahwa skenario optimis (RS 1) memiliki total jumlah ketersediaan pakan paling tinggi jika dibandingkan dengan skenario dasar dan skenario yang lain. Pada skenario optimis luas tanam dan produktivitas panen dinaikkan nilainya 5% dari kondisi awal. Kenaikan luas tanam sebesar 5% didasarkan pada peningkatan luas tanam dari tahun 2018 ke tahun 2019. Luas tanam padi dan jagung di daerah pesisir Selatan Kabupaten Lumajang pada tahun 2018 sebesar 39,669 Ha meningkat menjadi 41,643 Ha pada tahun 2019. Kondisi ini dapat meningkatkan total jumlah ketersediaan pakan karena limbah tanaman yang akan diolah menjadi silase jumlahnya akan semakin tinggi. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Rauf (2013) yang menyatakan bahwa luas areal penanaman padi dan jagung yang besar akan menghasilkan limbah yang tinggi dan besarnya luas areal tersebut menyebabkan jerami padi dan jagung banyak digunakan oleh masyarakat sebagai sumber pakan ternak sapi potong. Parameter konsumsi pakan nilainya ditingkatkan 40% dari nilai awal. Semakin rendah nilai konsumsi pakan maka kebutuhan pakan semakin sedikit dan ketersediaan pakan akan semakin banyak.

Tabel 4.12 Total jumlah ketersediaan pakan pada berbagai skenario (2015-2024)

| Dasar (RS 0) | Optimis (RS 1) | Moderat (RS 2) | Pesimis (RS 3) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 22,731,850 ton | 25,286,639 ton | 24,238,853 ton | 19,955,138 ton |

Pada skenario moderat (RS 2) menunjukkan total jumlah ketersediaan pakan lebih tinggi dari skenario dasar (RS 0) dan skenario pesimis (RS 3) serta lebih rendah dari skenario optimis (RS 1) sehingga dapat dikatakan sebagai skenario sedang. Pada skenario moderat parameter luas tanam dan produktivitas panen nilainya ditingkatkan 3% dari kondisi awal. Semakin tinggi nilai luas tanam dan produktivitas panen yang

ditingkatkan maka total jumlah ketersediaan pakan yang dihasilkan akan semakin tinggi pula. Hal tersebut karena semakin tinggi luas tanam dan produktivitas panen akan menghasilkan limbah tanaman pangan semakin banyak, sehingga silase yang diolah akan semakin banyak. Pernyataan tersebut sesuai dengan penelitian Karyaningsih (2012) yang menyatakan bahwa produktivitas panen padi yang tinggi dapat meningkatkan produksi jerami padi di Kecamatan Weru Kabupaten Sukoharjo. Sedangkan parameter konsumsi pakan nilainya ditingkatkan menjadi 50% dari kondisi awal. Semakin tinggi nilai konsumsi pakan maka akan menyebabkan nilai ketersediaan pakan semakin rendah.



Gambar 4.13 Hasil simulasi berbagai skenario pada ketersediaan pakan (2015-2024)

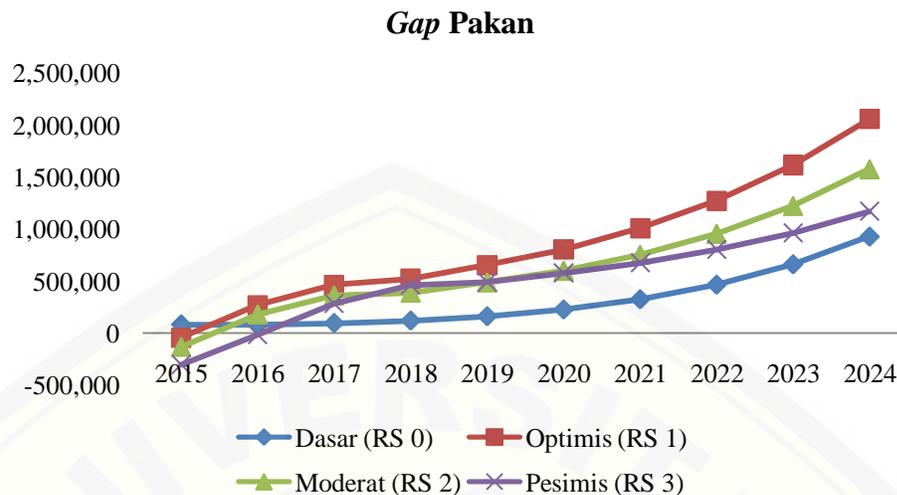
Pada skenario pesimis (RS 3) menunjukkan total jumlah ketersediaan pakan nilainya paling rendah jika dibandingkan dengan skenario yang lain. Pada skenario pesimis parameter luas tanam dan produktivitas panen secara berurutan nilainya diturunkan 5% dan 7% dari kondisi awal. Penurunan produktivitas panen sebesar 7% didasarkan pada penurunan produktivitas panen padi dan jagung di pesisir Selatan Kabupaten Lumajang dari tahun 2018 ke tahun 2019. Produktivitas panen padi dan jagung menurun dari 6.07 ton/Ha menjadi 5.67 ton/Ha. Apabila parameter luas tanam dan produktivitas panen nilainya diturunkan maka total jumlah ketersediaan pakan akan semakin sedikit, karena limbah tanaman yang diolah menjadi silase untuk

penyediaan pakan jumlahnya juga akan berkurang. Sedangkan parameter konsumsi pakan nilainya ditingkatkan menjadi 60% dari kondisi awal. Peningkatan nilai konsumsi pakan tersebut didasarkan pada nilai konsumsi pakan sesuai wawancara kepada peternak sapi potong di pesisir Selatan Kabupaten Lumajang sebesar 14.2 ton/tahun dibandingkan dengan nilai konsumsi pakan sesuai literatur sebesar 25.2 ton/tahun. Konsumsi pakan sesuai literatur memiliki nilai 60% lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsumsi pakan sesuai wawancara kepada peternak. Semakin tinggi nilai konsumsi pakan maka akan menyebabkan nilai ketersediaan pakan semakin rendah. Menurut Adijaya dan Yasa (2012) jumlah pakan yang diberikan petani kepada ternak dipengaruhi oleh ketersediaan pakan.

Tabel 4.13 dan Gambar 4.14 menunjukkan hasil simulasi berbagai skenario pada *gap* pakan. Hasil simulasi pada skenario optimis (RS 1), skenario moderat (RS 2) dan skenario optimis (RS 3) secara berurutan adalah 8,633,886ton, 6,396,616ton dan 5,111,830 ton. Hasil tersebut menunjukkan bahwa skenario optimis (RS 1) memiliki total jumlah *gap* pakan paling tinggi jika dibandingkan dengan skenario dasar dan skenario lainnya. Total jumlah *gap* pakan skenario optimis (RS 1) memiliki nilai 2 kali lipat jika dibandingkan dengan nilai skenario dasar. Pada skenario optimis parameter luas tanam dan produktivitas panen nilainya ditingkatkan 5% dari kondisi awal. Kondisi tersebut menyebabkan ketersediaan pakan meningkat. Semakin tinggi ketersediaan pakan maka *gap* pakan juga akan semakin tinggi. Sedangkan parameter konsumsi pakan nilainya ditingkatkan 40% dari kondisi awal. Semakin rendah nilai konsumsi pakan maka kebutuhan pakan semakin berkurang dan ketersediaan pakan akan semakin meningkat, sehingga *gap* pakan nilainya juga akan semakin tinggi.

Tabel 4.13 Total jumlah *gap* pakan pada berbagai skenario (2015-2024)

| Dasar (RS 0) | Optimis (RS 1) | Moderat (RS 2) | Pesimis (RS 3) |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 3,153,503 ton | 8,633,886 ton | 6,396,616 ton | 5,111,830 ton |



Gambar 4.14 Hasil simulasi berbagai skenario pada *gap* pakan

Pada skenario moderat (RS 2) menunjukkan total jumlah *gap* pakan dengan nilai sedang karena lebih rendah dari skenario optimis (RS 1) dan lebih tinggi dari nilai skenario dasar dan pesimis (RS 3). Total jumlah *gap* pakan skenario moderat (RS 2) memiliki nilai 2 kali lipat jika dibandingkan dengan nilai skenario dasar. Pada skenario moderat parameter luas tanam dan produktivitas panen nilainya ditingkatkan 3% dari kondisi awal. Semakin tinggi luas tanam dan produktivitas panen akan menghasilkan limbah tanaman pangan semakin banyak, sehingga silase yang diolah akan semakin banyak dan akan meningkatkan jumlah ketersediaan pakan sehingga *gap* pakan yang dihasilkan akan semakin tinggi pula. Sedangkan parameter konsumsi pakan nilainya ditingkatkan menjadi 50% dari kondisi awal. Semakin tinggi nilai konsumsi pakan maka akan menyebabkan nilai ketersediaan pakan semakin rendah, sehingga *gap* pakan akan memiliki nilai semakin kecil.

Pada skenario pesimis (RS 3) menunjukkan total jumlah *gap* pakan nilainya paling rendah jika dibandingkan dengan skenario dasar dan skenario yang lain. Pada skenario pesimis parameter luas tanam dan produktivitas panen secara berurutan nilainya diturunkan 5% dan 7% dari kondisi awal. Apabila parameter luas tanam dan produktivitas panen nilainya diturunkan maka total jumlah ketersediaan pakan akan semakin sedikit, sehingga akan berpengaruh terhadap berkurangnya total jumlah *gap*

pakan. Sedangkan parameter konsumsi pakan nilainya ditingkatkan menjadi 60% dari kondisi awal. Semakin tinggi nilai konsumsi pakan maka akan menyebabkan nilai ketersediaan pakan semakin rendah yang akan mengakibatkan total jumlah *gap* pakan akan semakin menurun.

Berdasarkan perbandingan dari hasil simulasi berbagai skenario, dapat diketahui bahwa skenario optimis (RS 1) memiliki pengaruh terbaik terhadap parameter ketersediaan pakan dan *gap* pakan. Hal tersebut karena skenario optimis (RS 1) memiliki nilai paling tinggi jika dibandingkan dengan skenario yang lain. Total jumlah *gap* pakan skenario optimis (RS 1) nilainya 2 kali lipat jika dibandingkan dengan skenario dasar. Jika nilai total jumlah *gap* pakan terlalu tinggi maka sisa pakan yang masih tersedia juga akan semakin banyak dan berakibat kelebihan pakan. Sebaliknya jika nilai total jumlah *gap* pakan terlalu kecil maka akan mengakibatkan kekurangan pakan.

4.8 Rekomendasi Kebijakan

Berdasarkan hasil dari simulasi pola skenario dinamis, skenario optimis merupakan skenario yang dapat dijadikan alternatif kebijakan penyediaan pakan ternak di pesisir selatan Kabupaten Lumajang. Skenario optimis dipilih karena mampu menghasilkan total jumlah ketersediaan pakan 25,286,639 ton dan total jumlah *gap* pakan 2 kali lipat dari skenario dasar yaitu 8,633,886 ton. Hal tersebut menunjukkan bahwa skenario optimis memiliki nilai paling tinggi jika dibandingkan dengan skenario yang lain. Artinya nilai tersebut sudah dapat memenuhi kebutuhan pakan dan tidak terjadi kelebihan pakan yang terlalu tinggi. Rekomendasi kebijakandan tindakan terbaik yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi alih fungsi lahan pertanian merupakan salah satu rekomendasi kebijakan yang dapat dilakukan. Tidak menggunakan lahan pertanian yang subur sebagai perumahan dan pertokoan merupakan tindakan yang dapat dilakukan karena tidak akan mengurangi luas tanam tanaman pangan. Jika luas tanam tanaman pangan berkurang maka limbah tanaman yang akan dijadikan pakan

ternak akan semakin sedikit dan berakibat ketersediaan pakan akan semakin berkurang.

2. Meningkatkan produktivitas panen merupakan rekomendasi kebijakan yang dapat dilakukan dengan cara :
 - a) Melakukan pengolahan tanah yang tepat, baik itu sebelum penanaman hingga setelah panen
 - b) Melakukan pengairan dengan teratur dan merata
 - c) Memilih varietas benih unggul untuk menurunkan resiko gagal panen
 - d) Rutin melakukan pemupukan
 - e) Melakukan pemberantasan hama dan virus yang mungkin menyerang tanaman
3. Hasil *gap* pakan skenario optimis menunjukkan nilainya 2 kali lipat lebih tinggi jika dibandingkan dengan skenario dasar. Artinya skenario optimis tersebut masih memiliki kelebihan pakan yang dapat digunakan sebagai pakan untuk sapi potong yang lain. Untuk mengatasi kelebihan pakan tersebut maka rekomendasi kebijakan yang tepat adalah dengan cara meningkatkan populasi sapi potong dengan cara :
 - a) Penurunan peluang kematian ternak sapi
 - b) Peningkatan inseminasi buatan
 - c) Penurunan pemotongan sapi betina produktif

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pesisir Selatan Kabupaten Lumajang merupakan daerah potensial untuk pengembangan sapi potong karena populasi sapi potongnya cukup tinggi mencapai 37,9% dari seluruh populasi sapi potong di Kabupaten Lumajang. Selain itu potensi limbah mencapai 246 ribu ton (2 komoditas tanaman pangan).
2. *Gap* ketersediaan pakan ternak dan kebutuhan pakan ternak memiliki nilai positif (+). Artinya ketersediaan pakan ternak telah mencukupi kebutuhan pakan ternak yang dibutuhkan hingga 10 tahun yang akan datang.
3. Hasil validasi jumlah sapi potong dan hasil panen menunjukkan nilai MAPE secara berurutan adalah 5.18% dan 13.80%.
4. Berdasarkan perbandingan dari hasil simulasi berbagai skenario, dapat diketahui bahwa skenario optimis (RS 1) memiliki pengaruh terbaik terhadap parameter ketersediaan pakan dan *gap* pakan.
5. Rekomendasi kebijakan yang dapat diajukan untuk memenuhi ketersediaan pakan ternak adalah sebagai berikut :
 - a. mengurangi alih fungsi lahan pertanian
 - b. meningkatkan produktivitas tanaman pangan
 - c. meningkatkan populasi sapi potong

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penambahan komoditas tanaman pangan sebagai sumber pakan ternak perlu ditambahkan untuk menambah produksi pakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 2002. *Penggemukan Sapi Potong*. Jakarta: PT. Agro Media Pustaka.
- Adijaya, I. N. dan Yasa I. M. R. 2012. Hubungan Konsumsi Pakan dengan Potensi Limbah pada Sapi Bali untuk Pupuk Organik Padat dan Cair. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bali.
- Ananta, A., Hafid, H., Sani, L.O.A. 2015. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Usaha Ternak Sapi Bali Pada Peternak Transmigran dan Non Transmigran di Pulau Kabaena Kabupaten Bombana. *JITRO Vol 1 No. 4 September 2015*.
- Anonim. 2016. Syarat Bahan Pakan Ternak. <http://www.ilmuternak.com/2016/08/syarat-bahan-pakan-ternak.html/>. [di akses pada 25 Juli 2018].
- Asyiwati, Y. 2002. Pendekatan Sistem Dinamik Dalam Penataan Ruang Wilayah Pesisir [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2015. *Daya Dukung Produk Samping Tanaman Pangan sebagai Pakan Ternak Ruminansia di Daerah Sentra Ternak Berbasis Faktor Konversi*. Jakarta : IAARD Press.
- Badan Pusat Statistik Jawa Timur. 2018. *Populasi sapi Potong Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur Tahun 2009-2016 (ekor)*. Surabaya : Badan Pusat Statistik.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat. 2010. *Jenis dan Komposisi Pakan Berdasarkan Kondisi Fisiologis Ternak*. Lembang : BPTP Jawa Barat.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Selatan. 2010. *Budidaya Sapi Potong*. Banjarbaru : BPTP Kalimantan Selatan.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah. 2012. *Teknologi Pembuatan Silase Komplek*. Palangkaraya : BPTP Kalimantan Tengah.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat. *Fermentasi Jerami*. Lembang : BPTP Jawa Barat.
- Cuzin, N. and Labat M. 1992. *Reduction Of Cyanide Levels During Anaerobic Digestion Of Cassava*. Intern. Food Science and Technology 27: 329-336.
- Dinas Paertanian Provinsi Jawa Timur. 2016. *Produksi Padi menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur Tahun 2007-2016 (Ton)*. Surabaya : Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur.
- Eriyatno. 1998. *Ilmu Sistem : Meningkatkan Mutu dan Efektifitas Manajemen*. Bogor:IPB Press.
- Harmini, Asmarantaka, R.W., dan Atmakusuma, J. 2011. Model Dinamis Ketersediaan Daging Sapi Nasional. *Jurnal Ekonomi Pembangunan Volume 12 Nomor 1 halaman 128-146*.

- Hartrisari. 2007. *Sistem Dinamik: Konsep Sistem dan Pemodelan untuk Industri dan Lingkungan*. SAMEO BIOTROP. Bogor.
- Haryanto, B dan Winugroho, M. 2000. *Meningkatkan Kualitas Silase Jerami Padi*. *Warta Litbang Pertanian*. 22(3): 18–19.
- Indraningsih, Widiastuti, R., dan Sani Y. 2006. *Limbah Pertanian dan Perkebunan sebagai Pakan Ternak : Kendala dan Prospeknya*. *Lokakarya Nasional Ketersediaan IPTEK dalam Pengendalian Penyakit Strategis pada Ternak Ruminansia Besar*.
- Irianto, I. K. 2015. *Pengelolaan Limbah Pertanian*. Fakultas Pertanian-Universitas Warmadewa.
- Karyaningsih, Sri. 2012. *Pemanfaatan Limbah Pertanian untuk Mendukung Peningkatan Kualitas lahan dan Produktivitas Padi sawah*. *Buana Sains Vol 12 No 2:45-52, 2012*.
- Makridakis, Wheelwright, McGee. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Suminto H, penerjemah. Jakarta: Binarupa Aksara. Terjemahan dari: *Forecasting: Methods and Application, Second Edition*.
- Matondang, R.H. dan Fadwiwati A.Y. 2005. *Pemanfaatan jerami jagung fermentasi pada sapi dara Bali (Sistem Integrasi Jagung Sapi)*. *Pros. Lokakarya Nasional Tanaman Pakan Ternak*. Puslitbang Peternakan. Pp: 104–108.
- Muhammadi, Aminullah E. & Soesilo B. 2001. *Analisis Sistem Dinamis (Lingkungan Hidup, Sosisal, Ekonomi, Manajemen)*. Jakarta : UMJ Press.
- Murtidjo, B. A. 1990. *Beternak Sapi Potong*. Yogyakarta : Kanisius.
- Nurhatu, A., dan Sariubang, M. 2015. *Pemanfaatan Limbah Sayuran sebagai Substitusi Hijauan pada Pakan Sapi Bali di Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan*. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2015*.
- Oktaviani, S., dan Suryani E. 2014. *Simulasi dan Pemodelan Sistem Persediaan pada Perusahaan Retail dengan Metode Sistem Dinamik (Studi Kasus : Distribution Center Hypermart Surabaya)*. *Jurnal Teknik Pomits Vol. 1 No. 1 2014*.
- Pomolango, L., Kaunang, Ch.L., Elly, F.H. *Analisis Produksi Limbah Tanaman Pangan sebagai Pakan Ternak Sapi di Kabupaten Bolaang Mongondrow Utara*. *Jurnal Zootek Vol. 36 No. 2 : 302 – 311*.
- Purnomo, H. 2005. *Teori Sistem Kompleks, Pemodelan dan Simulasi Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Bahan ajar. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rangkuti, M. and Djajanegara A.. 1983. *The utilization of agricultural by-products and wastes in Indonesia*. *Proc. of the Workshop on Organic Residues in Rural Communities Bali*. 11-12 Dec. 1979. ed. C. A. Shacklady. UNUP, Tokyo. pp: 23–27.
- Rauf, Juliawati. 2013. *Potensi Limbah Tanaman Pangan sebagai Sumber Pakan dalam Pengembangan Ternak Sapi Potong (Studi kasus : Kabupaten Polewali mandar Provinsi Sulawesi Barat)*. *Tesis*. Universitas Hasanuddin –Makassar.

- Retnani, Y., Furqaanida N., Pratas R. G., Rofiq M. N. 2012. *Pemanfaatan Klobot Jagung sebagai Wafer Ransum Komplit untuk Domba*. Fakultas Peternakan-IPB.
- Richana, Nur. 2013. *Mengenai Potensi Ubi Kayu & Ubi Jalar*. Bandung : Nuansa Cendikia.
- Richardson, G.P. and Pugh A.L. 1986. *Introduction to Sistem Dynamics Modelling with Dynamo*. The MIT Press, Cambridge, Massachusete, and London, England.
- Ridla. 2014. *Pengenalan Bahan Makanan Ternak*. Bogor : IPB Press.
- Salim, E. 2011. *Pemanfaatan Kulit Singkong Menjadi Tepung Mocaf sebagai Alternatif Pengganti Terigu*. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Sargent RG. 1998. Validation and Verification of Simulation Models. Dalam : Mdeiros DJ, Watson EF, Carson JF, Manivannan MS, editor. *Proceeding Soft the 1998 Winter Simulation Conference*; Washington, 13-16 Dec 1998. San Diego : IEEE, ACM, Soc Comp Sim Int. hlm 121-130.
- Sterman, J. D. 2000. *Bussines Dynamic*. USA: Massachussets Institute of Technologies.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta.
- Sukandar, Dwi, C.S. U., Handayani, M., Harsimdhi, C.J., Maulana, A. W., Supriyadi, Bahroni, A. 2016. *Profil Desa Pesisir Provinsi Jawa Timur Volume II (Selatan Jawa Timur)*. Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur.
- Syamsu, J.A., Sofyan, L.A., Mudikdjo, K., dan Sa'id, E.G. 2003. Daya Dukung Limbah Pertanian Sebagai Sumber Pakan Ternak Ruminansia di Indonesia. *WARTAZOA Vol. 13 No. 1 Tahun 2003*.
- Udin. 2015. Menjadi Kaya dengan Usaha Ternak Sapi Potong. <http://jualansapi.com/ternak-sapi-menjadi-kaya-dengan-beternak-sapi-potong/>. [diakses 8 Agustus 2018].
- Umiyasih, U dan Anggraeny Y. 2007. *Petunjuk Teknis Ransum Seimbang, Strategi Pakan pada Sapi Potong*. Pasuruan : Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.
- Yusriani, Y., Elviwirda, Sabri, M. Kajian Pemanfaatan Limbah Jerami sebagai Pakan Ternak Sapi di Provinsi Aceh. *Jurnal Peternakan Indonesia Vol. 17 (2) ISSN 1970-1760*.

LAMPIRAN

Lampiran A. Populasi sapi potong Kabupaten Lumajang tahun 2014-2018

Tabel A.1 Populasi sapi potong Kabupaten Lumajang tahun 2014

| No. | Kecamatan | Populasi (ekor) |
|---------------|--------------|-----------------|
| 1. | Tempursari | 605 |
| 2. | Pronojiwo | 2,322 |
| 3. | Candipuro | 5,287 |
| 4. | Pasirian | 13,633 |
| 5. | Tempeh | 11,869 |
| 6. | Lumajang | 2,316 |
| 7. | Sumbersuko | 2,475 |
| 8. | Tekung | 8,387 |
| 9. | Kunir | 14,717 |
| 10. | Yosowilangun | 13,528 |
| 11. | Rowokangkung | 7,415 |
| 12. | Jatiroto | 5,099 |
| 13. | Randuagung | 10,685 |
| 14. | Sukodono | 3,642 |
| 15. | Padang | 10,044 |
| 16. | Pasrujambe | 3,023 |
| 17. | Senduro | 4,889 |
| 18. | Gucialit | 7,139 |
| 19. | Kedungjajang | 14,424 |
| 20. | Klakah | 12,898 |
| 21. | Ranuyoso | 18,432 |
| Jumlah | | 172,920 |

Tabel A.2 Populasi sapi potong Kabupaten Lumajang tahun 2015

| No. | Kecamatan | Populasi | | Total |
|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| | | Jantan | Betina | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | Tempursari | 389 | 701 | 1,090 |
| 2 | Pronojiwo | 1,088 | 772 | 1,860 |
| 3 | Candipuro | 1,861 | 3,677 | 5,538 |
| 4 | Pasirian | 6,840 | 10,633 | 17,473 |
| 5 | Tempoh | 5,132 | 9,829 | 14,961 |
| 6 | Lumajang | 563 | 1,382 | 1,945 |
| 7 | Sumbersuko | 1,086 | 3,065 | 4,151 |
| 8 | Tekung | 1,344 | 3,678 | 5,022 |
| 9 | Kunir | 6,014 | 11,098 | 17,112 |
| 10 | Yosowilangun | 4,475 | 10,765 | 15,240 |
| 11 | Jatiroto | 935 | 2,922 | 3,857 |
| 12 | Rowokangkung | 1,343 | 6,327 | 7,670 |
| 13 | Randuagung | 2,327 | 10,726 | 13,053 |
| 14 | Sukodono | 840 | 2,396 | 3,236 |
| 15 | Padang | 2,297 | 6,566 | 8,863 |
| 16 | Senduro | 1,067 | 1,546 | 2,613 |
| 17 | Pasrujambe | 1,095 | 2,177 | 3,272 |
| 18 | Gucialit | 1,932 | 4,332 | 6,264 |
| 19 | Klakah | 5,166 | 8,531 | 13,697 |
| 20 | Kedungjajang | 3,749 | 10,181 | 13,930 |
| 21 | Ranuyoso | 9,098 | 13,048 | 22,146 |
| Total | | 58,641 | 124,352 | 182,993 |

Tabel A.3 Populasi sapi potong Kabupaten Lumajang tahun 2016

| No. (1) | Kecamatan (2) | Populasi | | Total (5) |
|--------------|------------------|---------------|----------------|----------------|
| | | Jantan (3) | Betina (4) | |
| 1 | Tempursari | 412 | 743 | 1,155 |
| 2 | Pronojiwo | 1,154 | 818 | 1,972 |
| 3 | Candipuro | 1,974 | 3,899 | 5,873 |
| 4 | Pasirian | 7,253 | 11,276 | 18,529 |
| 5 | Tempeh | 5,442 | 10,423 | 15,865 |
| 6 | Lumajang | 597 | 1,466 | 2,063 |
| 7 | Sumbersuko | 1,151 | 3,251 | 4,402 |
| 8 | Tekung | 1,425 | 3,900 | 5,325 |
| 9 | Kunir | 6,377 | 11,768 | 18,145 |
| 10 | Yosowilangun | 4,745 | 11,415 | 16,160 |
| 11 | Jatiroto | 992 | 3,099 | 4,091 |
| 12 | Rowokangkung | 1,424 | 6,709 | 8,133 |
| 13 | Randuagung | 2,468 | 11,374 | 13,842 |
| 14 | Sukodono | 891 | 2,541 | 3,432 |
| 15 | Padang | 2,436 | 6,963 | 9,399 |
| 16 | Senduro | 1,132 | 1,640 | 2,772 |
| 17 | Pasrujambe | 1,161 | 2,308 | 3,469 |
| 18 | Gucialit | 2,049 | 4,593 | 6,642 |
| 19 | Klakah | 5,478 | 9,047 | 14,525 |
| 20 | Kedungjajang | 3,975 | 10,796 | 14,771 |
| 21 | Ranuyoso | 9,647 | 13,837 | 23,484 |
| Total | | 62,183 | 131,866 | 194,049 |

Tabel A.4 Populasi sapi potong Kabupaten Lumajang tahun 2017

| No. | Kecamatan | Populasi | | Total |
|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| | | Jantan | Betina | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | Tempursari | 405 | 805 | 1,210 |
| 2 | Pronojiwo | 825 | 1,156 | 1,981 |
| 3 | Candipuro | 2,287 | 4,366 | 6,653 |
| 4 | Pasirian | 6,525 | 12,750 | 19,275 |
| 5 | Tempeh | 3,986 | 11,568 | 15,554 |
| 6 | Lumajang | 264 | 452 | 716 |
| 7 | Sumbersuko | 2,850 | 3,256 | 6,106 |
| 8 | Tekung | 1,112 | 3,356 | 4,468 |
| 9 | Kunir | 10,025 | 12,560 | 22,585 |
| 10 | Yosowilangun | 6,125 | 12,230 | 18,355 |
| 11 | Jatiroto | 1,158 | 3,568 | 4,726 |
| 12 | Rowokangkung | 1,940 | 6,287 | 8,227 |
| 13 | Randuagung | 1,921 | 10,587 | 12,508 |
| 14 | Sukodono | 621 | 805 | 1,426 |
| 15 | Padang | 2,687 | 7,580 | 10,267 |
| 16 | Senduro | 1,235 | 1,720 | 2,955 |
| 17 | Pasrujambe | 800 | 1,685 | 2,485 |
| 18 | Gucialit | 2,257 | 4,852 | 7,109 |
| 19 | Klakah | 5,325 | 12,687 | 18,012 |
| 20 | Kedungjajang | 3,326 | 10,250 | 13,576 |
| 21 | Ranuyoso | 9,985 | 14,865 | 24,850 |
| Total | | 65,659 | 137,385 | 203,044 |

Tabel A.5 Populasi sapi potong Kabupaten Lumajang tahun 2018

| No. | Kecamatan | Populasi | | | | | | Total |
|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| | | Jantan | | | Betina | | | |
| | | Anak | Muda | Dewasa | Anak | Muda | Dewasa | |
| 1 | Tempursari | 100 | 80 | 219 | 190 | 152 | 417 | 1,157 |
| 2 | Pronojiwo | 248 | 198 | 545 | 270 | 216 | 594 | 2,071 |
| 3 | Candipuro | 570 | 456 | 1,254 | 1,078 | 862 | 2,372 | 6,592 |
| 4 | Pasirian | 1,615 | 1,292 | 3,552 | 3,221 | 2,577 | 7,086 | 19,343 |
| 5 | Tempeh | 1,021 | 817 | 2,246 | 2,875 | 2,300 | 6,324 | 15,581 |
| 6 | Lumajang | 66 | 53 | 145 | 167 | 133 | 367 | 930 |
| 7 | Sumbersuko | 889 | 711 | 1,955 | 954 | 763 | 2,099 | 7,371 |
| 8 | Tekung | 286 | 229 | 630 | 1,049 | 839 | 2,307 | 5,340 |
| 9 | Kunir | 2,698 | 2,159 | 5,936 | 3,356 | 2,685 | 7,383 | 24,216 |
| 10 | Yosowilangun | 1,704 | 1,363 | 3,748 | 2,951 | 2,361 | 6,492 | 18,618 |
| 11 | Jatiroto | 280 | 224 | 616 | 991 | 793 | 2,180 | 5,083 |
| 12 | Rowokangkung | 523 | 418 | 1,150 | 1,653 | 1,322 | 3,636 | 8,700 |
| 13 | Randuagung | 421 | 337 | 927 | 2,667 | 2,133 | 5,866 | 12,351 |
| 14 | Sukodono | 198 | 159 | 436 | 275 | 220 | 604 | 1,891 |
| 15 | Padang | 723 | 578 | 1,590 | 1,912 | 1,530 | 4,207 | 10,539 |
| 16 | Senduro | 346 | 277 | 762 | 485 | 388 | 1,068 | 3,326 |
| 17 | Pasrujambe | 208 | 166 | 457 | 347 | 278 | 763 | 2,218 |
| 18 | Gucialit | 684 | 547 | 1,505 | 1,369 | 1,095 | 3,011 | 8,211 |
| 19 | Klakah | 1,407 | 1,126 | 3,096 | 3,282 | 2,626 | 7,220 | 18,757 |
| 20 | Kedungjajang | 873 | 699 | 1,921 | 2,644 | 2,115 | 5,817 | 14,070 |
| 21 | Ranuyoso | 1,533 | 1,227 | 3,373 | 3,936 | 3,149 | 8,659 | 21,877 |
| Total | | 16,392 | 13,113 | 36,061 | 35,669 | 28,535 | 78,472 | 208,242 |

Lampiran B. Luas dan produksi pertanian rakyat padi tahun 2014-2018**Tabel B.1** Luas dan produksi pertanian rakyat padi (irigasi) tahun 2014

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|------------------|--------------|
| Sub Regency | | Harvest Area | Production | Rate |
| | | (Ha.) | (Kw) | (Kw/Ha) |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | 3,299 | 240,827 | 73.00 |
| 020 | Pronojiwo | 1,357 | 89,074 | 65.64 |
| 030 | Candipuro | 11,296 | 675,959 | 59.84 |
| 040 | Pasirian | 8,481 | 490,614 | 57.85 |
| 050 | Tempeh | 4,880 | 288,284 | 59.07 |
| 060 | Lumajang | 4,309 | 271,860 | 63.09 |
| 061 | Sumbersuko | 2,759 | 168,580 | 61.10 |
| 070 | Tekung | 2,948 | 175,520 | 59.54 |
| 080 | Kunir | 2,481 | 145,427 | 58.62 |
| 090 | Yosowilangun | 5,645 | 364,437 | 64.56 |
| 100 | Rowokangkung | 3,495 | 235,690 | 67.44 |
| 110 | Jatiroto | 3,025 | 197,704 | 65.36 |
| 120 | Randuagung | 4,828 | 284,025 | 58.83 |
| 130 | Sukodono | 4,877 | 365,545 | 74.95 |
| 140 | Padang | 1,344 | 76,622 | 57.01 |
| 150 | Pasrujambe | 2,409 | 152,509 | 63.31 |
| 160 | Senduro | 739 | 42,061 | 56.92 |
| 170 | Gucialit | - | - | - |
| 180 | Kedungjajang | 967 | 56,013 | 57.92 |
| 190 | Klakah | 1,083 | 72,678 | 67.11 |
| 200 | Ranuyoso | 7 | 366 | 52.30 |
| Total | | 70,229 | 4,393,795 | 62.56 |

Tabel B.2 Luas dan produksi pertanian rakyat padi (non irigasi) tahun 2014

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | - | - | - |
| 020 | Pronojiwo | - | - | - |
| 030 | Candipuro | - | - | - |
| 040 | Pasirian | - | - | - |
| 050 | Tempeh | - | - | - |
| 060 | Lumajang | - | - | - |
| 061 | Sumbersuko | 10 | 380 | 38.00 |
| 070 | Tekung | 38 | 1,558 | 41.00 |
| 080 | Kunir | 108 | 5,832 | 54.00 |
| 090 | Yosowilangun | 5 | 300 | 60.00 |
| 100 | Rowokangkung | - | - | - |
| 110 | Jatiroto | - | - | - |
| 120 | Randuagung | 334 | 15,698 | 47.00 |
| 130 | Sukodono | - | - | - |
| 140 | Padang | 218 | 7,744 | 35.52 |
| 150 | Pasrujambe | - | - | - |
| 160 | Senduro | 138 | 5,777 | 41.86 |
| 170 | Gucialit | 74 | 2,581 | 34.88 |
| 180 | Kedungjajang | 1,271 | 48,043 | 37.80 |
| 190 | Klakah | 840 | 30,240 | 36.00 |
| 200 | Ranuyoso | 2,270 | 91,373 | 40.25 |
| Total | | 5,306 | 209,526 | 39.49 |

Tabel B.3 Luas dan produksi pertanian rakyat padi (irigasi) tahun 2015

| KECAMATAN / Sub Regency | | LUAS AREAL Harvest Area (Ha.) | PRODUKSI Production (Kw) | PROVITAS Rate (Kw/Ha) |
|----------------------------|--------------|--|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 010 | Tempursari | 3,127 | 208,278 | 66.61 |
| 020 | Pronojiwo | 1,337 | 84,946 | 63.53 |
| 030 | Candipuro | 11,352 | 735,486 | 64.79 |
| 040 | Pasirian | 8,698 | 522,074 | 60.02 |
| 050 | Tempeh | 5,568 | 327,469 | 58.81 |
| 060 | Lumajang | 4,384 | 279,347 | 63.72 |
| 061 | Sumbersuko | 2,453 | 148,958 | 60.72 |
| 070 | Tekung | 3,808 | 227,182 | 59.66 |
| 080 | Kunir | 2,702 | 158,282 | 58.58 |
| 090 | Yosowilangun | 6,582 | 403,677 | 61.33 |
| 100 | Rowokangkung | 3,666 | 251,091 | 68.49 |
| 110 | Jatiroto | 3,098 | 204,344 | 65.96 |
| 120 | Randuagung | 5,253 | 317,404 | 60.42 |
| 130 | Sukodono | 4,894 | 358,133 | 73.18 |
| 140 | Padang | 1,308 | 74,572 | 57.01 |
| 150 | Pasrujambe | 2,518 | 161,304 | 64.06 |
| 160 | Senduro | 724 | 41,749 | 57.66 |
| 170 | Gucialit | - | - | - |
| 180 | Kedungjajang | 923 | 52,360 | 56.73 |
| 190 | Klakah | 1,718 | 104,208 | 60.66 |
| 200 | Ranuyoso | 7 | 350 | 50.00 |
| Total | | 74,120 | 4,661,214 | 62.89 |

Tabel B.4 Luas dan produksi pertanian rakyat padi (non irigasi) tahun 2015

| KECAMATAN / Sub Regency | | LUAS AREAL Harvest Area (Ha.) | PRODUKSI Production (Kw) | PROVITAS Rate (Kw/Ha) |
|----------------------------|--------------|--|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 010 | Tempursari | - | - | - |
| 020 | Pronojiwo | - | - | - |
| 030 | Candipuro | - | - | - |
| 040 | Pasirian | - | - | - |
| 050 | Tempeh | - | - | - |
| 060 | Lumajang | - | - | - |
| 061 | Sumbersuko | - | - | - |
| 070 | Tekung | 15 | 896 | 59.70 |
| 080 | Kunir | 112 | 6,160 | 55.00 |
| 090 | Yosowilangun | 10 | 610 | 61.00 |
| 100 | Rowokangkung | - | - | - |
| 110 | Jatiroto | - | - | - |
| 120 | Randuagung | 306 | 14,324 | 46.81 |
| 130 | Sukodono | - | - | - |
| 140 | Padang | 189 | 5,697 | 30.14 |
| 150 | Pasrujambe | - | - | - |
| 160 | Senduro | 40 | 1,602 | 40.06 |
| 170 | Gucialit | 43 | 1,188 | 27.63 |
| 180 | Kedungjajang | 1,219 | 42,832 | 35.14 |
| 190 | Klakah | 765 | 26,071 | 34.08 |
| 200 | Ranuyoso | 2,080 | 83,678 | 40.23 |
| Total | | 4,779 | 183,058 | 38.30 |

Tabel B.5 Luas dan produksi pertanian rakyat padi (irigasi) tahun 2016

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|------------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | 3,153 | 204,537 | 64.87 |
| 020 | Pronojiwo | 1,600 | 102,193 | 63.87 |
| 030 | Candipuro | 12,227 | 789,331 | 64.56 |
| 040 | Pasirian | 10,481 | 612,011 | 58.39 |
| 050 | Tempeh | 5,145 | 303,022 | 58.90 |
| 060 | Lumajang | 5,053 | 321,411 | 63.61 |
| 061 | Sumbersuko | 2,848 | 172,468 | 60.56 |
| 070 | Tekung | 4,571 | 272,557 | 59.63 |
| 080 | Kunir | 2,451 | 144,273 | 58.86 |
| 090 | Yosowilangun | 6,861 | 446,886 | 65.13 |
| 100 | Rowokangkung | 4,227 | 291,663 | 69.00 |
| 110 | Jatiroto | 3,835 | 255,538 | 66.63 |
| 120 | Randuagung | 5,535 | 338,794 | 61.21 |
| 130 | Sukodono | 5,126 | 374,756 | 73.11 |
| 140 | Padang | 1,352 | 77,794 | 57.54 |
| 150 | Pasrujambe | 2,803 | 182,067 | 64.95 |
| 160 | Senduro | 639 | 37,104 | 58.07 |
| 170 | Gucialit | - | - | - |
| 180 | Kedungjajang | 920 | 52,480 | 57.04 |
| 190 | Klakah | 1,715 | 108,286 | 63.14 |
| 200 | Ranuyoso | - | - | - |
| Total | | 80,542 | 5,087,171 | 63.16 |

Tabel B.6 Luas dan produksi pertanian rakyat padi (non irigasi) tahun 2016

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|-------------|--------------|--------------|------------|----------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | - | - | - |
| 020 | Pronojiwo | - | - | - |
| 030 | Candipuro | - | - | - |
| 040 | Pasirian | - | - | - |
| 050 | Tempeh | - | - | - |
| 060 | Lumajang | - | - | - |
| 061 | Sumbersuko | - | - | - |
| 070 | Tekung | 296 | 17,629 | 59.56 |
| 080 | Kunir | 251 | 10,542 | 42.00 |
| 090 | Yosowilangun | - | - | - |
| 100 | Rowokangkung | 695 | 44,285 | 63.72 |
| 110 | Jatiroto | - | - | - |
| 120 | Randuagung | 51 | 2,616 | 51.29 |
| 130 | Sukodono | - | - | - |
| 140 | Padang | 189 | 9,904 | 52.40 |
| 150 | Pasrujambe | - | - | - |
| 160 | Senduro | 54 | 2,160 | 40.00 |
| 170 | Gucialit | 26 | 806 | 31.00 |
| 180 | Kedungjajang | 754 | 26,013 | 34.50 |
| 190 | Klakah | 489 | 19,560 | 40.00 |
| 200 | Ranuyoso | 2,087 | 83,958 | 40.23 |
| Total | | 4,892 | 217,474 | 44.45 |

Tabel B.7 Luas dan produksi pertanian rakyat padi (irigasi) tahun 2017

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|------------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | 3,030 | 195,111 | 64.39 |
| 020 | Pronojiwo | 1,542 | 97,845 | 63.45 |
| 030 | Candipuro | 12,224 | 760,461 | 62.21 |
| 040 | Pasirian | 10,471 | 613,935 | 58.63 |
| 050 | Tempeh | 5,633 | 329,419 | 58.48 |
| 060 | Lumajang | 4,262 | 265,964 | 62.40 |
| 061 | Sumbersuko | 2,546 | 153,584 | 60.32 |
| 070 | Tekung | 3,645 | 217,232 | 59.60 |
| 080 | Kunir | 2,882 | 169,504 | 58.81 |
| 090 | Yosowilangun | 6,902 | 411,125 | 59.57 |
| 100 | Rowokangkung | 4,042 | 278,898 | 69.00 |
| 110 | Jatiroto | 3,612 | 238,774 | 66.11 |
| 120 | Randuagung | 5,233 | 315,518 | 60.29 |
| 130 | Sukodono | 4,639 | 334,317 | 72.07 |
| 140 | Padang | 1,418 | 80,448 | 56.73 |
| 150 | Pasrujambe | 3,290 | 213,778 | 64.98 |
| 160 | Senduro | 690 | 40,266 | 58.36 |
| 170 | Gucialit | - | - | - |
| 180 | Kedungjajang | 946 | 53,521 | 56.58 |
| 190 | Klakah | 2,043 | 102,986 | 50.41 |
| 200 | Ranuyoso | - | - | - |
| Total | | 79,050 | 4,872,685 | 61.64 |

Tabel B.8 Luas dan produksi pertanian rakyat padi (non irigasi) tahun 2017

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | - | - | - |
| 020 | Pronojiwo | - | - | - |
| 030 | Candipuro | - | - | - |
| 040 | Pasirian | - | - | - |
| 050 | Tempeh | - | - | - |
| 060 | Lumajang | - | - | - |
| 061 | Sumbersuko | - | - | - |
| 070 | Tekung | - | - | - |
| 080 | Kunir | - | - | - |
| 090 | Yosowilangun | - | - | - |
| 100 | Rowokangkung | - | - | - |
| 110 | Jatiroto | - | - | - |
| 120 | Randuagung | 5 | 225 | 45.00 |
| 130 | Sukodono | - | - | - |
| 140 | Padang | 332 | 16,400 | 49.40 |
| 150 | Pasrujambe | - | - | - |
| 160 | Senduro | - | - | - |
| 170 | Gucialit | 41 | 1,652 | 40.30 |
| 180 | Kedungjajang | 820 | 27,911 | 34.04 |
| 190 | Klakah | 297 | 12,177 | 41.00 |
| 200 | Ranuyoso | 1,871 | 75,270 | 40.23 |
| Total | | 3,366 | 133,635 | 39.70 |

Tabel B.9 Luas dan produksi pertanian rakyat padi (irigasi) tahun 2018

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|------------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | 3,117 | 199,488 | 64.00 |
| 020 | Pronojiwo | 1,399 | 87,680 | 62.67 |
| 030 | Candipuro | 12,568 | 797,998 | 63.49 |
| 040 | Pasirian | 10,387 | 613,415 | 59.06 |
| 050 | Tempeh | 5,611 | 326,278 | 58.15 |
| 060 | Lumajang | 3,782 | 233,902 | 61.85 |
| 061 | Sumbersuko | 2,378 | 143,454 | 60.33 |
| 070 | Tekung | 3,816 | 227,454 | 59.61 |
| 080 | Kunir | 3,175 | 191,568 | 60.34 |
| 090 | Yosowilangun | 6,312 | 389,834 | 61.76 |
| 100 | Rowokangkung | 4,441 | 302,509 | 68.12 |
| 110 | Jatiroto | 3,728 | 246,660 | 66.16 |
| 120 | Randuagung | 4,883 | 293,970 | 60.20 |
| 130 | Sukodono | 4,637 | 331,913 | 71.58 |
| 140 | Padang | 1,375 | 78,727 | 57.26 |
| 150 | Pasrujambe | 2,880 | 187,104 | 64.97 |
| 160 | Senduro | 735 | 42,600 | 57.96 |
| 170 | Gucialit | - | - | - |
| 180 | Kedungjajang | 853 | 49,040 | 57.49 |
| 190 | Klakah | 2,099 | 104,950 | 50.00 |
| 200 | Ranuyoso | - | - | - |
| Total | | 78,176 | 4,848,543 | 62.02 |

Tabel B.10 Luas dan produksi pertanian rakyat padi (non irigasi) tahun 2018

| KECAMATAN / Sub Regency | | LUAS AREAL Harvest Area (Ha.) | PRODUKSI Production (Kw) | PROVITAS Rate (Kw/Ha) |
|----------------------------|--------------|--|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | - | - | - |
| 020 | Pronojiwo | - | - | - |
| 030 | Candipuro | - | - | - |
| 040 | Pasirian | - | - | - |
| 050 | Tempeh | - | - | - |
| 060 | Lumajang | - | - | - |
| 061 | Sumbersuko | - | - | - |
| 070 | Tekung | 17 | 765 | 45.00 |
| 080 | Kunir | - | - | - |
| 090 | Yosowilangun | - | - | - |
| 100 | Rowokangkung | - | - | - |
| 110 | Jatiroto | - | - | - |
| 120 | Randuagung | 240 | 10,800 | 45.00 |
| 130 | Sukodono | - | - | - |
| 140 | Padang | 118 | 5,828 | 49.39 |
| 150 | Pasrujambe | - | - | - |
| 160 | Senduro | - | - | - |
| 170 | Gucialit | - | - | - |
| 180 | Kedungjajang | 820 | 27,777 | 33.87 |
| 190 | Klakah | 240 | 9,840 | 41.00 |
| 200 | Ranuyoso | 2,015 | 80,633 | 40.02 |
| Total | | 3,450 | 135,643 | 39.32 |

Lampiran C. Luas dan produksi pertanian rakyat jagung tahun 2014-2018**Tabel C.1** Luas dan produksi pertanian rakyat jagung (irigasi) tahun 2014

| KECAMATAN / Sub Regency | | LUAS AREAL Harvest Area (Ha.) | PRODUKSI Production (Kw) | PROVITAS Rate (Kw/Ha) |
|----------------------------|--------------|--|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 010 | Tempursari | 14 | 760 | 54.29 |
| 020 | Pronojiwo | 5 | 280 | 56.00 |
| 030 | Candipuro | 11 | 418 | 38.00 |
| 040 | Pasirian | 2,409 | 132,238 | 54.89 |
| 050 | Tempeh | 3,265 | 219,925 | 67.36 |
| 060 | Lumajang | 180 | 8,984 | 49.91 |
| 061 | Sumbersuko | 90 | 4,641 | 51.57 |
| 070 | Tekung | 1,402 | 81,445 | 58.09 |
| 080 | Kunir | 1,704 | 99,606 | 58.45 |
| 090 | Yosowilangun | 1,549 | 105,494 | 68.10 |
| 100 | Rowokangkung | 1,300 | 71,500 | 55.00 |
| 110 | Jatiroto | 254 | 14,798 | 58.26 |
| 120 | Randuagung | 832 | 38,198 | 45.91 |
| 130 | Sukodono | 102 | 4,142 | 40.61 |
| 140 | Padang | 19 | 876 | 46.11 |
| 150 | Pasrujambe | 306 | 13,657 | 44.63 |
| 160 | Senduro | 117 | 4,685 | 40.04 |
| 170 | Gucialit | - | - | - |
| 180 | Kedungjajang | 67 | 3,163 | 47.21 |
| 190 | Klakah | 378 | 22,318 | 59.04 |
| 200 | Ranuyoso | 7 | 251 | 35.81 |
| Total | | 14,011 | 827,378 | 59.05 |

Tabel C.2 Luas dan produksi pertanian rakyat jagung (non irigasi) tahun 2014

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | - | - | - |
| 020 | Pronojiwo | 200 | 7,869 | 39.34 |
| 030 | Candipuro | 482 | 16,358 | 33.94 |
| 040 | Pasirian | 1,759 | 92,760 | 52.73 |
| 050 | Tempeh | 887 | 57,897 | 65.27 |
| 060 | Lumajang | - | - | - |
| 061 | Sumbersuko | 281 | 11,053 | 39.33 |
| 070 | Tekung | 79 | 3,482 | 44.08 |
| 080 | Kunir | 1,665 | 83,986 | 50.44 |
| 090 | Yosowilangun | 1,012 | 58,959 | 58.26 |
| 100 | Rowokangkung | - | - | - |
| 110 | Jatiroto | - | - | - |
| 120 | Randuagung | 160 | 4,800 | 30.00 |
| 130 | Sukodono | - | - | - |
| 140 | Padang | 105 | 3,520 | 33.52 |
| 150 | Pasrujambe | 597 | 25,219 | 42.24 |
| 160 | Senduro | 117 | 4,605 | 39.36 |
| 170 | Gucialit | 117 | 5,031 | 43.00 |
| 180 | Kedungjajang | 1,153 | 42,350 | 36.73 |
| 190 | Klakah | 460 | 14,926 | 32.45 |
| 200 | Ranuyoso | 7,208 | 258,118 | 35.81 |
| Total | | 16,282 | 690,932 | 42.44 |

Tabel C.3 Luas dan produksi pertanian rakyat jagung (irigasi) tahun 2015

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | 27 | 1,443 | 53.44 |
| 020 | Pronojiwo | 3 | 125 | 41.67 |
| 030 | Candipuro | - | - | - |
| 040 | Pasirian | 1,973 | 113,311 | 57.43 |
| 050 | Tempeh | 3,437 | 227,200 | 66.10 |
| 060 | Lumajang | 401 | 22,708 | 56.63 |
| 061 | Sumbersuko | 119 | 6,412 | 53.88 |
| 070 | Tekung | 1,390 | 78,957 | 56.80 |
| 080 | Kunir | 1,687 | 98,193 | 58.21 |
| 090 | Yosowilangun | 1,342 | 100,518 | 74.90 |
| 100 | Rowokangkung | 1,313 | 75,156 | 57.24 |
| 110 | Jatiroto | 205 | 11,925 | 58.17 |
| 120 | Randuagung | 1,439 | 83,828 | 58.25 |
| 130 | Sukodono | 80 | 4,853 | 60.67 |
| 140 | Padang | 38 | 1,729 | 45.50 |
| 150 | Pasrujambe | 256 | 11,520 | 45.00 |
| 160 | Senduro | 142 | 5,705 | 40.18 |
| 170 | Gucialit | - | - | - |
| 180 | Kedungjajang | 47 | 2,085 | 44.36 |
| 190 | Klakah | 942 | 78,045 | 82.85 |
| 200 | Ranuyoso | - | - | - |
| Total | | 14,841 | 923,713 | 62.24 |

Tabel C.4 Luas dan produksi pertanian rakyat jagung (non irigasi) tahun 2015

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | 7 | 364 | 52.00 |
| 020 | Pronojiwo | 180 | 7,257 | 40.32 |
| 030 | Candipuro | 297 | 10,301 | 34.68 |
| 040 | Pasirian | 1,135 | 61,448 | 54.14 |
| 050 | Tempeh | 888 | 57,982 | 65.29 |
| 060 | Lumajang | - | - | - |
| 061 | Sumbersuko | 166 | 6,308 | 38.00 |
| 070 | Tekung | 270 | 15,225 | 56.39 |
| 080 | Kunir | 1,699 | 91,397 | 53.79 |
| 090 | Yosowilangun | 936 | 53,457 | 57.11 |
| 100 | Rowokangkung | 95 | 5,320 | 56.00 |
| 110 | Jatiroto | - | - | - |
| 120 | Randuagung | 1,010 | 31,742 | 31.43 |
| 130 | Sukodono | - | - | - |
| 140 | Padang | 178 | 6,508 | 36.56 |
| 150 | Pasrujambe | 460 | 20,128 | 43.76 |
| 160 | Senduro | 158 | 6,282 | 39.76 |
| 170 | Gucialit | 108 | 4,530 | 41.94 |
| 180 | Kedungjajang | 1,366 | 48,089 | 35.20 |
| 190 | Klakah | 1,245 | 48,830 | 39.22 |
| 200 | Ranuyoso | 6,484 | 232,192 | 35.81 |
| Total | | 16,682 | 707,359 | 42.40 |

Tabel C.5 Luas dan produksi pertanian rakyat jagung (irigasi) tahun 2016

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | 8 | 406 | 50.75 |
| 020 | Pronojiwo | 21 | 840 | 40.00 |
| 030 | Candipuro | 18 | 631 | 35.06 |
| 040 | Pasirian | 1,307 | 73,869 | 56.52 |
| 050 | Tempeh | 3,489 | 227,924 | 65.33 |
| 060 | Lumajang | 237 | 11,753 | 49.59 |
| 061 | Sumbersuko | 121 | 6,234 | 51.52 |
| 070 | Tekung | 1,455 | 84,554 | 58.11 |
| 080 | Kunir | 1,707 | 99,499 | 58.29 |
| 090 | Yosowilangun | 477 | 36,830 | 77.21 |
| 100 | Rowokangkung | 1,313 | 75,773 | 57.71 |
| 110 | Jatiroto | 140 | 7,977 | 56.98 |
| 120 | Randuagung | 1,178 | 69,502 | 59.00 |
| 130 | Sukodono | 10 | 597 | 59.73 |
| 140 | Padang | 56 | 2,625 | 46.88 |
| 150 | Pasrujambe | 309 | 13,596 | 44.00 |
| 160 | Senduro | 228 | 9,395 | 41.21 |
| 170 | Gucialit | - | - | - |
| 180 | Kedungjajang | 32 | 1,295 | 40.47 |
| 190 | Klakah | 1,035 | 78,216 | 75.57 |
| 200 | Ranuyoso | - | - | - |
| Total | | 13,141 | 801,516 | 60.99 |

Tabel C.6 Luas dan produksi pertanian rakyat jagung (non irigasi) tahun 2016

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | 17 | 884 | 52.00 |
| 020 | Pronojiwo | 81 | 3,168 | 39.11 |
| 030 | Candipuro | 261 | 9,237 | 35.39 |
| 040 | Pasirian | 926 | 49,178 | 53.11 |
| 050 | Tempeh | 629 | 34,330 | 54.58 |
| 060 | Lumajang | - | - | - |
| 061 | Sumbersuko | 70 | 3,021 | 43.16 |
| 070 | Tekung | 134 | 7,772 | 58.00 |
| 080 | Kunir | 1,314 | 72,088 | 54.86 |
| 090 | Yosowilangun | 1,180 | 83,300 | 70.59 |
| 100 | Rowokangkung | 94 | 5,264 | 56.00 |
| 110 | Jatiroto | - | - | - |
| 120 | Randuagung | 1,249 | 42,002 | 33.63 |
| 130 | Sukodono | 30 | 1,823 | 60.78 |
| 140 | Padang | 227 | 9,881 | 43.53 |
| 150 | Pasrujambe | 613 | 26,361 | 43.00 |
| 160 | Senduro | 168 | 6,731 | 40.07 |
| 170 | Gucialit | 83 | 3,788 | 45.64 |
| 180 | Kedungjajang | 937 | 32,817 | 35.02 |
| 190 | Klakah | 1,078 | 47,081 | 43.67 |
| 200 | Ranuyoso | 4,265 | 152,730 | 35.81 |
| Total | | 13,356 | 591,45 | 44.28 |

Tabel C.7 Luas dan produksi pertanian rakyat jagung (irigasi) tahun 2017

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | 22 | 1,102 | 50.09 |
| 020 | Pronojiwo | - | - | - |
| 030 | Candipuro | 53 | 1,897 | 35.79 |
| 040 | Pasirian | 1,153 | 65,105 | 56.47 |
| 050 | Tempeh | 3,458 | 220,599 | 63.79 |
| 060 | Lumajang | 451 | 22,744 | 50.43 |
| 061 | Sumbersuko | 124 | 6,370 | 51.37 |
| 070 | Tekung | 1,754 | 101,926 | 58.11 |
| 080 | Kunir | 2,120 | 123,011 | 58.02 |
| 090 | Yosowilangun | 1,900 | 140,447 | 73.92 |
| 100 | Rowokangkung | 1,342 | 75,152 | 56.00 |
| 110 | Jatiroto | 127 | 7,366 | 58.00 |
| 120 | Randuagung | 1,538 | 90,742 | 59.00 |
| 130 | Sukodono | 31 | 1,817 | 58.62 |
| 140 | Padang | 45 | 2,102 | 46.70 |
| 150 | Pasrujambe | 491 | 21,497 | 43.78 |
| 160 | Senduro | 136 | 5,535 | 40.70 |
| 170 | Gucialit | - | - | - |
| 180 | Kedungjajang | 26 | 1,050 | 40.40 |
| 190 | Klakah | 682 | 56,335 | 82.60 |
| 200 | Ranuyoso | - | - | - |
| Total | | 15,453 | 944,796 | 61.14 |

Tabel C.8 Luas dan produksi pertanian rakyat jagung (non irigasi) tahun 2017

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | | |
| | | Harvest Area | Production | Rate |
| | | (Ha.) | (Kw) | (Kw/Ha) |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | - | - | - |
| 020 | Pronojiwo | 176 | 6,555 | 37.24 |
| 030 | Candipuro | 215 | 7,717 | 35.89 |
| 040 | Pasirian | 1,450 | 80,542 | 55.55 |
| 050 | Tempeh | 399 | 26,055 | 65.30 |
| 060 | Lumajang | - | - | - |
| 061 | Sumbersuko | 33 | 1,250 | 37.88 |
| 070 | Tekung | 39 | 2,262 | 58.00 |
| 080 | Kunir | 108 | 5,838 | 54.06 |
| 090 | Yosowilangun | 597 | 43,549 | 72.95 |
| 100 | Rowokangkung | 195 | 10,530 | 54.00 |
| 110 | Jatiroto | - | - | - |
| 120 | Randuagung | 577 | 19,808 | 34.33 |
| 130 | Sukodono | 62 | 3,906 | 63.00 |
| 140 | Padang | 590 | 25,356 | 42.98 |
| 150 | Pasrujambe | 506 | 21,820 | 43.12 |
| 160 | Senduro | 68 | 2,707 | 39.81 |
| 170 | Gucialit | 55 | 2,505 | 45.54 |
| 180 | Kedungjajang | 1,185 | 43,720 | 36.89 |
| 190 | Klakah | 520 | 23,360 | 44.92 |
| 200 | Ranuyoso | 4,802 | 167,105 | 34.80 |
| Total | | 11,577 | 494,586 | 42.72 |

Tabel C.9 Luas dan produksi pertanian rakyat jagung (irigasi) tahun 2018

| KECAMATAN / Sub Regency | | LUAS AREAL Harvest Area (Ha.) | PRODUKSI Production (Kw) | PROVITAS Rate (Kw/Ha) |
|----------------------------|--------------|--|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 010 | Tempursari | 21 | 1,024 | 48.76 |
| 020 | Pronojiwo | - | - | - |
| 030 | Candipuro | 88 | 3,159 | 35.90 |
| 040 | Pasirian | 1,262 | 70,736 | 56.05 |
| 050 | Tempeh | 3,791 | 227,904 | 60.12 |
| 060 | Lumajang | 678 | 34,182 | 50.42 |
| 061 | Sumbersuko | 90 | 4,918 | 54.64 |
| 070 | Tekung | 1,515 | 87,960 | 58.06 |
| 080 | Kunir | 2,032 | 120,693 | 59.40 |
| 090 | Yosowilangun | 1,586 | 113,435 | 71.52 |
| 100 | Rowokangkung | 1,448 | 81,088 | 56.00 |
| 110 | Jatiroto | 29 | 1,751 | 60.39 |
| 120 | Randuagung | 923 | 54,457 | 59.00 |
| 130 | Sukodono | - | - | - |
| 140 | Padang | 47 | 2,116 | 45.03 |
| 150 | Pasrujambe | 452 | 19,888 | 44.00 |
| 160 | Senduro | 85 | 3,368 | 39.62 |
| 170 | Gucialit | - | - | - |
| 180 | Kedungjajang | 59 | 2,933 | 49.71 |
| 190 | Klakah | 725 | 58,776 | 81.07 |
| 200 | Ranuyoso | - | - | - |
| Total | | 14,831 | 888,388 | 59.90 |

Tabel C.10 Luas dan produksi pertanian rakyat jagung (non irigasi) tahun 2018

| KECAMATAN / | | LUAS | PRODUKSI | PROVITAS |
|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| Sub Regency | | AREAL | Production | Rate |
| | | Harvest Area | (Kw) | (Kw/Ha) |
| | | (Ha.) | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 |
| 010 | Tempursari | - | - | - |
| 020 | Pronojiwo | 177 | 6,755 | 38.16 |
| 030 | Candipuro | 31 | 1,114 | 35.94 |
| 040 | Pasirian | 1,165 | 64,619 | 55.47 |
| 050 | Tempeh | 196 | 12,740 | 65.00 |
| 060 | Lumajang | - | - | - |
| 061 | Sumbersuko | 33 | 1,252 | 37.94 |
| 070 | Tekung | 14 | 812 | 58.00 |
| 080 | Kunir | 463 | 25,928 | 56.00 |
| 090 | Yosowilangun | 551 | 38,715 | 70.26 |
| 100 | Rowokangkung | 251 | 13,554 | 54.00 |
| 110 | Jatiroto | - | - | - |
| 120 | Randuagung | 699 | 23,920 | 34.22 |
| 130 | Sukodono | 5 | 315 | 63.00 |
| 140 | Padang | 545 | 23,308 | 42.77 |
| 150 | Pasrujambe | 468 | 20,124 | 43.00 |
| 160 | Senduro | 240 | 9,243 | 38.51 |
| 170 | Gucialit | 55 | 2,505 | 45.54 |
| 180 | Kedungjajang | 916 | 31,311 | 34.18 |
| 190 | Klakah | 679 | 29,879 | 44.00 |
| 200 | Ranuyoso | 3,849 | 132,978 | 34.55 |
| Total | | 10,337 | 439,072 | 42.48 |

Lampiran D. Identifikasi parameter

| Komponen | Variabel atau parameter |
|--|--|
|  <p>LEVEL</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Luas tanam 2. Jumlah anak sapi 3. Jumlah sapi jantan 4. Jumlah sapi betina |
|  <p>RATE</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Laju penambahan luas tanam 2. Alih fungsi lahan 3. Laju penambahan anak sapi 4. Laju penambahan sapi jantan 5. Laju penambahan sapi betina 6. Laju penjualan-pemotongan sapi jantan afkir 7. Laju penjualan-pemotongan sapi betina afkir |
|  <p>AUXILIARY</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Peningkatan luas tanam 2. Fraksi konversi alih fungsi lahan 3. Produktivitas 4. Konversi jerami padi dan jagung |
|  <p>KONSTAN</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tingkat penggunaan lahan 2. Fraksi limbah menjadi pakan 3. Konsumsi pakan per ekor dewasa 4. Konsumsi pakan per ekor anakan 5. Fraksi melahirkan 6. Rasio jenis kelamin 7. Konstanta pemotongan sapi jantan 8. Fraksi pemotongan-penjualan sapi betina afkir |

Lampiran E. Formulasi variabel sistem

| No. | Nama | Unit | Tipe | Syntax |
|-----|---------------------------------|--------|-----------|--|
| 1. | Luas tanam | ha | Level | {153572,85163}<<ha>> |
| 2. | Peningkatan luas tanam | | Auxiliary | 0.2 |
| 3. | Laju penambahan luas tanam | ha/yr | Rate | 'Luas Tanam'*'Peningkatan luas tanam'*1<<1/yr>> |
| 4. | Alih fungsi lahan | ha/yr | Rate | 'Luas Tanam'*'Fraksi konversi'*1<<1/yr>> |
| 5. | Fraksi konversi | | Auxiliary | 0.002 |
| 6. | Tingkat penggunaan lahan | | Konstan | {2,1} |
| 7. | Panen padi dan jagung | ton | Auxiliary | 'Luas Tanam'*'Produktivitas'*'Tingkat penggunaan lahan' |
| 8. | Produktivitas | ton/ha | Auxiliary | {6.17,5.97}<<ton/ha>> |
| 9. | Konversi jerami padi dan jagung | | Auxiliary | {1.35,0.204} |
| 10. | Limbah padi dan jagung | ton | Auxiliary | 'Panen padi dan jagung'*'Konversi jerami padi dan jagung' |
| 11. | Fraksi limbah menjadi pakan | | Konstan | 0.333 |
| 12. | Konversi limbah ke silase | | Auxiliary | 0.45 |
| 13. | Silase | | Auxiliary | (0.920+16.53)*('Limbah padi dan jagung'[INDEX(1)]*'Fraksi limbah menjadi pakan'*'Konversi limbah ke silase'+ 'Limbah padi dan jagung'[INDEX(2)]*'Fraksi limbah menjadi pakan'*'Konversi limbah ke silase') |
| 14. | Ketersediaan pakan | ton | Auxiliary | Silase |
| 15. | Jumlah anak sapi | ekor | Level | {4913,8675}<<ekor>> |
| 16. | Jumlah sapi jantan | ekor | Level | 14751<<ekor>> |
| 17. | Jumlah sapi betina | ekor | Level | 26013<<ekor>> |
| 18. | Konsumsi pakan per ekor dewasa | ton | Konstan | 14.2<<ton>> |
| 19. | Konsumsi pakan per ekor anakan | ton | Konstan | 6<<ton>> |
| 20. | Kebutuhan pakan | ton | Auxiliary | 'Jumlah Anak Sapi'[INDEX(1)]*1<<1/ekor>>*'Konsumsi pakan per ekor anakan'+ 'Jumlah Anak Sapi'[INDEX(2)]*1<<1/ekor>>*'Kon |

| | | | | |
|-----|---|---------|-----------|---|
| | | | | sumsi pakan per ekor anakan'+Jumlah Sapi |
| | | | | Betina'*1<<1/ekor>>*'Konsumsi |
| | | | | pakan per ekor dewasa'+Jumlah Sapi |
| | | | | Jantan'*1<<1/ekor>>*'Konsumsi |
| | | | | pakan per ekor dewasa' |
| 21. | Neraca pakan | ton | Auxiliary | 'Ketersediaan pakan'- 'Kebutuhan pakan' |
| 22. | Kondisi | | Auxiliary | IF('Neraca pakan'<=0<<ton>>,0.25,0.75) |
| 23. | Fraksi melahirkan | | Konstan | 0.88 |
| 24. | Rasio jenis kelamin | | Konstan | {0.4,0.6} |
| 25. | Laju penambahan anak sapi | ekor/yr | Rate | 'Jumlah Sapi Betina'*'Fraksi melahirkan'*Kondisi*'Rasio jenis kelamin'*1<<1/yr>> |
| 26. | Laju penambahan sapi jantan | ekor/yr | Rate | 'Jumlah Sapi'[INDEX(1)]*1<<1/yr>> |
| 27. | Laju penambahan sapi betina | ekor/yr | Rate | 'Jumlah Sapi'[INDEX(2)]*1<<1/yr>> |
| 28. | Laju pemotongan-penjualan sapi jantan afkir | ekor/yr | Rate | 'Jumlah Jantan'*Kondisi*'Konstanta pemotongan sapi jantan'*1<<1/yr>> //IF(MONTH())>= 18,'Jumlah Sapi Jantan'*Kondisi,0<<ekor>>)*1<<1/yr>> |
| 29. | Laju pemotongan-penjualan sapi betina afkir | ekor/yr | Rate | 'Fraksi pemotongan-penjualan Sapi Betina'*'Jumlah Sapi'*1<<1/yr>> |
| 30. | Konstanta pemotongan sapi jantan | | Konstan | 0.5 |
| 31. | Fraksi pemotongan-penjualan | | Konstan | 0.2 |

Lampiran F. Hasil validasi**Tabel F.1** Hasil validasi jumlah sapi potong

| Tahun | Simulasi (Ft) | Aktual (Xt) | Xt-Ft | Xt-Ft/Xt | MAPE (%) |
|--------------|----------------------|--------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| 2015 | 66317 | 65,875 | 442 | 0.00671 | 0.17 |
| 2016 | 79880 | 69,854 | 10026 | 0.143528 | 3.59 |
| 2017 | 95544 | 76,979 | 18565 | 0.24117 | 6.03 |
| 2018 | 113416 | 78,915 | 34501 | 0.437192 | 10.93 |
| | | | | | 5.18 |

Tabel F.2 Hasil validasi jumlah hasil panen

| Tahun | Simulasi (Ft) | Aktual (Xt) | Xt-Ft | Xt-Ft/Xt | MAPE (%) |
|--------------|----------------------|--------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| 2015 | 279396 | 243186 | 36210 | 0.148898 | 3.72 |
| 2016 | 334716 | 238858 | 95858 | 0.401318 | 10.03 |
| 2017 | 400990 | 242534 | 158456 | 0.653335 | 16.33 |
| 2018 | 480386 | 239638 | 240748 | 1.004632 | 25.12 |
| | | | | | 13.80 |

Lampiran G. Hasil uji sensitifitas gap pakan

| Tahun | Terbaik | Normal | Terburuk |
|--------------|----------------|---------------|-----------------|
| 2015 | 135,212 | 11,973 | -313,980 |
| 2016 | 329,974 | 181,356 | -65,244 |
| 2017 | 377,329 | 180,635 | 187,067 |
| 2018 | 510,001 | 257,375 | 317,650 |

Lampiran H. Perhitungan berbagai alternatif skenario**Tabel H.1** Perhitungan berbagai alternatif skenario pada ketersediaan pakan

| Tahun | Dasar (RS 0) | Optimis (RS 1) | Moderat (RS 2) | Pesimis (RS 3) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2015 | 884,384 | 936,354 | 915,478 | 815,612 |
| 2016 | 1,059,492 | 1,131,116 | 1,102,235 | 968,947 |
| 2017 | 1,269,271 | 1,366,388 | 1,327,091 | 1,151,109 |
| 2018 | 1,520,587 | 1,650,597 | 1,597,818 | 1,367,517 |
| 2019 | 1,821,664 | 1,993,922 | 1,923,773 | 1,624,610 |
| 2020 | 2,182,353 | 2,408,657 | 2,316,223 | 1,930,037 |
| 2021 | 2,614,459 | 2,909,658 | 2,788,732 | 2,292,884 |
| 2022 | 3,132,122 | 3,514,867 | 3,357,633 | 2,723,947 |
| 2023 | 3,752,283 | 4,245,960 | 4,042,591 | 3,236,049 |
| 2024 | 4,495,235 | 5,129,120 | 4,867,279 | 3,844,426 |
| Total | 22,731,850 | 25,286,639 | 24,238,853 | 19,955,138 |

Tabel H.2 Perhitungan berbagai alternatif skenario pada *gap* pakan

| Tahun | Dasar (RS 0) | Optimis (RS 1) | Moderat (RS 2) | Pesimis (RS 3) |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2015 | 83,451 | -40,735 | -131,404 | -301,062 |
| 2016 | 84,753 | 271,260 | 180,961 | -13,745 |
| 2017 | 96,817 | 466,596 | 363,028 | 284,149 |
| 2018 | 120,319 | 522,931 | 389,604 | 460,673 |
| 2019 | 161,611 | 653,576 | 487,688 | 489,766 |
| 2020 | 227,007 | 805,769 | 598,842 | 579,972 |
| 2021 | 324,863 | 1,009,349 | 752,686 | 675,744 |
| 2022 | 465,393 | 1,272,781 | 955,398 | 802,464 |
| 2023 | 661,257 | 1,615,102 | 1,223,815 | 963,299 |
| 2024 | 928,032 | 2,057,257 | 1,575,998 | 1,170,570 |
| Total | 3,153,503 | 8,633,886 | 6,396,616 | 5,111,830 |