



TESIS - IS185401

**PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI DAN
SKENARIO SISTEM DINAMIK UNTUK
PENINGKATAN KUALITAS HASIL PANEN PADI
DALAM RANGKA Mendukung KETAHANAN
PANGAN (STUDI KASUS: PROVINSI JAWA TIMUR)**

**MALA ROSA APRILLYA
05211750012013**

**Dosen Pembimbing
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197004272005012001**

**PROGRAM MAGISTER
DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020**



THESIS - IS185401

**DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL AND
SCENARIO SYSTEM DYNAMICS TO IMPROVE THE
QUALITY OF RICE HARVEST YIELD TO SUPPORT
FOOD SECURITY (CASE STUDY: EAST JAVA
PROVINCE)**

**MALA ROSA APRILLYA
05211750012013**

Supervisor
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197004272005012001

**MAGISTER PROGRAM
DEPARTEMEN OF INFORMATION SYSTEMS
FACULTY OF INTELLIGENT ELECTRICAL AND INFORMATICS TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Komputer (M.Kom)

di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MALA ROSA APRILLYA

NRP: 05211750012013

Tanggal Ujian: 13 Januari 2020

Periode Wisuda: Maret 2020

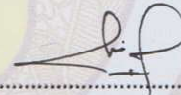
Disetujui oleh:
Pembimbing:

1. Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D
NIP: 197004272005012001

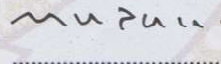


Penguji:

1. Mahendrawathi ER, S.T., M.Sc, Ph.D
NIP: 197610112006042001

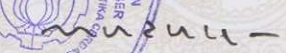


2. Dr. Mudjahidin, S.T., M.T
NIP: 197010102003121001



Kepala Departemen Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas




Dr. Mudjahidin, S.T., M.T
NIP: 197010102003121001

**PENGEMBANGAN MODEL DAN SKENARIO SISTEM
DINAMIK UNTUK PENINGKATAN KUALITAS HASIL
PANEN PADI DALAM RANGKA Mendukung
KETAHANAN PANGAN (STUDI KASUS: PROVINSI JAWA
TIMUR)**

Nama Mahasiswa : Mala Rosa Aprillya
NRP : 05211750012013
Dosen Pembimbing : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Kebijakan ketahanan pangan di Jawa Timur merupakan usaha dalam memastikan ketersediaan pangan dan kemudahan akses masyarakat terhadap pangan secara stabil. Seiring dengan meningkatnya populasi penduduk hal ini akan mempengaruhi pemenuhan kebutuhan pangan di masa mendatang. Selain itu hasil pertanian merupakan bahan yang mudah rusak sehingga ketidaktepatan dalam penanganan berpengaruh pada kualitas dan kuantitas yang merugikan pendapatan petani.

Penelitian ini memodelkan cara untuk meningkatkan kualitas hasil panen menggunakan sistem dinamik. Sistem dinamik digunakan untuk menggambarkan hubungan antar variabel yang satu dengan yang lainnya dan menganalisa manfaat peningkatan kualitas hasil panen untuk mendukung produksi padi dalam menjaga ketahanan pangan. Pendekatan sistem dinamik digunakan dalam penelitian ini karena mampu merepresentasikan dunia nyata dalam bentuk model yang terdiri dari diagram alir antar stok, dan informasi yang menentukan nilai dari aliran. Model sistem dinamik dalam penelitian ini menggambarkan hubungan kualitas hasil panen terhadap produksi padi dan ketahanan pangan.

Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa peningkatan kualitas hasil panen berperan penting dalam mendorong peningkatan produksi padi dalam mendukung upaya ketahanan pangan. Berdasarkan potensi, kendala dan peluang keberhasilan, maka skenario yang rasional yang dapat digunakan sebagai kebijakan dalam pengambilan keputusan oleh Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Jawa Timur untuk meningkatkan kualitas hasil panen dan mencapai ketahanan pangan secara mandiri pada tahun 2030 adalah skenario nomor 2 yaitu skenario optimis peningkatan rendemen padi. Skenario ini terpilih karena dapat mencapai produksi

beras sebesar 11.083.319 ton, hal ini dapat memenuhi rasio pemenuhan pangan sebesar 3,3 sehingga mampu mencapai tujuan ketersediaan beras surplus atau mampu memenuhi kebutuhan beras penduduk di Jawa Timur pada tahun 2030.

Kata Kunci : Padi, Beras, Kualitas Panen, Sistem Dinamik

DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL AND SCENARIO SYSTEM DYNAMICS TO IMPROVE THE QUALITY OF RICE HARVEST YIELD TO SUPPORT FOOD SECURITY (CASE STUDY: EAST JAVA PROVINCE)

By : Mala Rosa Aprillya
Student Identity Number : 05211750012013
Supervisor : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

The food security policy in East Java is an attempt to ensure food availability and ease of access to food to the community in a stable manner. The population will affect the fulfillment of food in the future. Besides agricultural products are perishable materials so that inaccuracy in handling affects the quality and quantity that is detrimental to farmers' incomes.

This research model a way to improve the quality of yields using a dynamic system. A dynamic system is used to describe the relationship between one variable and another and analyze the benefits of improving the quality of crop yields to support rice production in maintaining food security. The system dynamics approach is used in this study because it is able to represent the real world in the form of a model consisting of flow diagrams between stocks, and information that determines the value of flow. The dynamic system model in this study illustrates the relationship between yield quality and rice production and food security.

The simulation results can be concluded that improving the quality of rice yield is an important role in encouraging increased rice production in supporting food security efforts. Based on the potential, constraints and chances of success, a rational scenario that can be used as a policy in decision making by the Department of Agriculture and Food Security in East Java to improve crop quality and achieve food security independently in 2030 is scenario number 2, an optimistic scenario of improvement rendement of rice. This scenario was chosen because it can reach 11,083,319 tons of rice production, this can meet the food fulfillment ratio of 3.3 so that it can reach the goal of availability of surplus rice or be able to meet the needs of the population of rice in East Java in 2030.

Keywords: rice, harvest quality, and system dynamics

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. Yang telah memberikan ridho, rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis yang berjudul “Pengembangan Model Dan Skenario Sistem Dinamik Untuk Peningkatan Kualitas Hasil Panen Padi Dalam Rangka Mendukung Ketahanan Pangan (Studi Kasus: Provinsi Jawa Timur)” dapat disusun dengan baik. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada Program Magister Sistem Informasi Fakultas Teknologi Elektro Dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dalam proses penyelesaian tesis ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, baik bantual moral maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Orang tua dan adik penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan selama menyelesaikan studi dan tesis ini.
2. Ibu Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing dan Dosen Wali Akademik yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran, serta memberikan ilmu, dukungan, dan kesabaran selama membimbing penulis dari awal hingga tesis ini selesai.
3. Bapak dan Ibu dosen yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama Penulis menempuh pendidikan di Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Elektro Dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Segenap staf dan karyawan di Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang membantu penulis dalam pelaksanaan tesis ini
5. Para sahabat dan teman-teman keluarga besar S2 Sistem Informasi ITS yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan kebersamaan selama penulis menempuh pendidikan magister.

6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dan terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu penulis bersedia menerima kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki diri. Penulis berharap tesis ini dapat memberi manfaat bagi kemajuan dunia pendidikan di Indonesia.

Surabaya, Januari 2020

Mala Rosa Aprilly

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
LEMBAR PENGESAHAN	II
ABSTRAK	IV
ABSTRACT	VI
KATA PENGANTAR.....	VIII
DAFTAR ISI	X
DAFTAR GAMBAR.....	XIV
DAFTAR TABEL	XVI
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	5
1.4 Kontribusi Penelitian	5
1.4.1 Kontribusi di Bidang Keilmuan	5
1.4.2 Kontribusi Praktis.....	5
1.5 Batasan Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
2.1 Kualitas Panen Padi	7
2.2 Produktivitas Padi	9
2.3 Ketahanan Pangan.....	10
2.4 Sistem dan Model	11

2.5	Simulasi	12
2.6	Sistem Dinamik	14
2.7	Penelitian Terkait	18
2.7.1	Penelitian dengan judul “System Dynamics Model to Support Rice Production and Distribution for Food Security”	18
2.7.2	Penelitian dengan judul “Key indicators of rice production and consumption, correlation between them and supply-demand prediction”	19
2.7.3	Penelitian dengan judul “Effect of paddy harvesting methods on rice quality and head rice recovery”	20
2.7.4	Penelitian dengan judul “Modelling of food security in Malaysia”	21
2.7.5	Penelitian dengan judul “Evaluating sustainable adaptation strategies for vulnerable mega-deltas using system dynamics modelling : Rice agriculture in the Mekong Delta’s”	22
2.7.6	Penelitian dengan judul “Modelling of supply chain of rice in Bangladesh”	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1.	Perumusan Masalah.....	26
3.2.	Kajian Pustaka	26
3.3.	Pengumpulan Data	26
3.4.	Pengembangan Model	27
3.4.1	Boundary adequacy.....	27
3.4.2	Pengembangan Causal Loop Diagram.....	27
3.4.3	Structural Validation.....	27
3.5.	Formulasi Model	28
3.6.	Validasi Model	28
3.7.	Skenario model.....	29
3.8.	Analisis Interpretasi Hasil	30

3.9. Membuat Kesimpulan.....	30
3.10. Rencana Penelitian.....	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Identifikasi Rantai Pasok Padi	31
4.2 Pengumpulan Data	32
4.2.1. Data Luas Panen dan Produksi Padi.....	32
4.2.2. Data Produktivitas Padi.....	33
4.2.3. Data Luas Lahan Padi	34
4.2.4. Data Populasi.....	35
4.3 Pengembangan Model Penelitian.....	35
4.4. Problem Articulation.....	36
4.5. Dynamics Hypothesis	38
4.5.1 Subsystem Diagram	38
4.5.2 Model Boundary Chart.....	40
4.5.3 Causal Loop Diagram.....	42
4.6 Formulasi Model.....	44
4.6.1. Sub Model Luas Lahan Padi dan Luas Panen	44
4.6.2. Sub Model Produktivitas dan Produksi Padi.....	47
4.6.3. Sub Model Populasi dan Permintaan Beras	49
4.7 Validation and Model Testing	52
4.5.1. Structural Assessment	53
4.5.2. Behavioral Testing	55
4.8 Policy Formulation	61
4.6.1. Skenario Postharvest Losses	62
4.6.2. Skenario Peningkatan Rendemen.....	66

4.6.3. Skenario <i>Smart Agriculture</i>	72
4.9 Simpulan Hasil Skenario	77
4.10 Evaluation.....	78
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA	89
BIOGRAFI.....	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian.....	25
Gambar 4. 1 Rantai Pasok Pertanian	31
Gambar 4. 2 Tahapan Pemodelan (Sterman, 2000).....	36
Gambar 4. 3 Blok Diagram	37
Gambar 4. 4 Subsystem Diagram	39
Gambar 4. 5 Causal Loop Diagram	43
Gambar 4. 6 Sub Model Luas Lahan Padi dan Luas Panen	45
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Simulasi Luas Lahan Padi.....	46
Gambar 4. 8 Grafik Hasil Simulasi Luas Panen.....	47
Gambar 4. 9 Sub Model Produktivitas dan Produksi Padi	48
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Simulasi Produktivitas Padi.....	48
Gambar 4. 11 Grafik Produksi Padi	49
Gambar 4. 12 Sub Model Populasi dan Permintaan Beras.....	50
Gambar 4. 13 Grafik Sub Model Populasi	51
Gambar 4. 14 Grafik Food Ratio	52
Gambar 4. 15 Hasil Check Model	54
Gambar 4. 16 Hasil Check Units	55
Gambar 4. 17 Grafik Validasi Luas Lahan Padi.....	56
Gambar 4. 18 Grafik Validasi Luas Panen Padi.....	57
Gambar 4. 19 Grafik Validasi Produktivitas Padi	59
Gambar 4. 20 Grafik Validasi Produksi Padi	60
Gambar 4. 21 Grafik Validasi Populasi Penduduk.....	61
Gambar 4. 22 Skenario Pertama	63

Gambar 4. 23 Hasil Skenario Pertama Produksi Padi.....	64
Gambar 4. 24 Hasil Skenario Pertama Produksi Beras.....	65
Gambar 4. 25 Hasil Skenario Pertama Fulfillment Ratio	65
Gambar 4. 26 Skenario Kedua	67
Gambar 4. 27 Hasil Skenario Kedua Rendemen.....	68
Gambar 4. 28 Hasil Skenario Kedua Produksi Padi	69
Gambar 4. 29 Hasil Skenario Kedua Produksi Beras	70
Gambar 4. 30 Hasil Skenario Kedua Fulfillment Ratio	71
Gambar 4. 31 Skenario Ketiga.....	73
Gambar 4. 32 Hasil Skenario Ketiga Produksi Padi	75
Gambar 4. 33 Hasil Skenario Ketiga Produksi Beras	76
Gambar 4. 34 Hasil Skenario Ketiga Fulfillment Ratio.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Simbol Causal Loop Diagram	16
Tabel 2. 2 Simbol Stock and Flow	17
Tabel 4. 1 Data Luas Panen dan Produksi	33
Tabel 4. 2 Data Produktivitas Padi	33
Tabel 4. 3 Data Luas Lahan Padi.....	34
Tabel 4. 4 Data Populasi.....	35
Tabel 4. 5 Model Boundary Chart	41
Tabel 4. 6 Persamaan Sub Model Luas Lahan Padi dan Luas Panen.....	46
Tabel 4. 7 Persamaan Sub Model Populasi dan Permintaan Beras	50
Tabel 4. 8 Hasil Validasi Luas Lahan Padi	55
Tabel 4. 9 Hasil Validasi Luas Panen.....	57
Tabel 4. 10 Hasil Validasi Produktivitas Padi.....	58
Tabel 4. 11 Hasil Validasi Produksi Padi	59
Tabel 4. 12 Hasil Validasi Populasi.....	60
Tabel 4. 13 Hasil Skenario Pertama Produksi Padi	64
Tabel 4. 14 Hasil Skenario Pertama Produksi Beras	66
Tabel 4. 15 Hasil Skenario Kedua Rendemen.....	68
Tabel 4. 16 Hasil Skenario Kedua Produksi Padi.....	69
Tabel 4. 17 Hasil Skenario Kedua Produksi Beras.....	71
Tabel 4. 18 Tabel Profit Petani.....	72
Tabel 4. 19 Hasil Skenario Ketiga Produktivitas Padi	74
Tabel 4. 20 Hasil Skenario Ketiga Produksi Padi	75
Tabel 4. 21 Hasil Skenario Ketiga Produksi Beras	77

Tabel 4. 22 Hasil Skenario	77
----------------------------------	----

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada pendahuluan ini, akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, kontribusi penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

Beras adalah salah satu dari tiga tanaman biji-bijian terpenting di dunia, dan memiliki kontribusi besar untuk memenuhi kebutuhan pangan di seluruh dunia (Kraehmer, et al., 2017). Mayoritas beras dikonsumsi sebagai makanan pokok pada sebagian populasi di dunia terutama pada negara-negara yang sedang berkembang (Maclean, et al., 2013). Sebagian besar masyarakat di Indonesia memilih beras sebagai makanan pokok dan sumber utama karbohidrat (Suryani, et al., 2014) (Panuju, et al., 2013). Jumlah penduduk Indonesia yang pada tahun 2020 diproyeksikan akan mencapai 271,1 juta jiwa, membutuhkan jumlah penyediaan pangan yang cukup besar dengan kualitas yang lebih baik (Rusono, et al., 2015). Seiring dengan meningkatnya penambahan populasi, hal ini akan mempengaruhi kebutuhan pangan (Rohmah, et al., 2015). Tercatat laju pertumbuhan penduduk Jawa Timur selama 2010 sampai 2017 sebesar 0.64% (BPS, 2017) dengan konsumsi beras 213.783 Ton pada tahun 2018 (BPS, 2018). Oleh karena itu peningkatan kualitas hasil panen yang baik diperlukan untuk mendukung produksi beras dalam menjaga upaya ketahanan pangan.

Hasil pertanian merupakan bahan yang mudah rusak, sehingga membutuhkan penanganan yang cepat dan tepat. Penanganan yang tidak tepat menimbulkan tingginya tingkat kehilangan hasil (kualitas maupun kuantitas) yang tentunya merugikan petani (Hidayat, 2014). Begitu pun dengan produk pertanian beras yang termasuk dalam produk pertanian, yang mudah rusak; proses penanaman, tumbuh dan panen tergantung pada iklim dan musim (Rohmah, et al., 2015). Pentingnya dalam menjaga kualitas hasil panen padi akan membantu dalam peningkatan produksi padi dalam menjaga upaya ketahanan pangan. Berberapa hal

dilakukan untuk meningkatkan produksi padi di antaranya dengan meminimalisasi susut hasil yang terjadi saat panen atau pascapanen (Hasbullah & Indaryani, 2009).

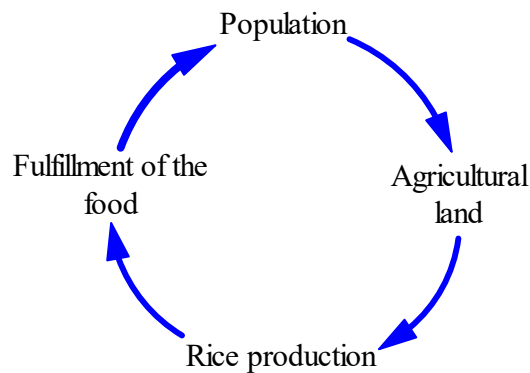
Penentuan saat panen dan penanganan pascapanen yang dilakukan dengan tidak tepat dapat mengakibatkan mutu gabah/beras yang rendah. Panen pada saat umur optimum sangat penting untuk memperoleh mutu beras. Sebelum menjadi beras, gabah mengalami tahap pascapanen. Kualitas hasil panen dapat ditentukan dari beberapa indikator seperti (1) keretakan butiran gabah, hal ini merupakan kerusakan akibat perontokan yang akan menghasilkan beras patah saat digiling dan lebih mudah dalam penyimpanan (Prabowo, 2006; Hasbullah & Dewi, 2009); (2) susut panen, hal ini dipengaruhi oleh penanganan pada saat panen dan pascapanen (Hasbullah & Dewi, 2009; Hasbullah & Indaryani, 2009). Proses perontokan beras memberikan kontribusi yang cukup besar, yaitu sama dengan 4,42 persen dalam keseluruhan kehilangan hasil beras (Tani, 2016); dan (3) rendemen gabah, hal ini dipengaruhi oleh kadar air gabah kering giling. Gabah dengan kadar air rendah akan lebih mudah mengalami kerusakan. Hal ini akan berpengaruh terhadap penurunan rendemen dan penurunan kualitas beras (Hasbullah & Dewi, 2009; Maulana, 2012).

Penelitian terkait juga dilakukan untuk meningkatkan produksi pertanian berkelanjutan dengan perbaikan irigasi (Olayide, et al., 2016). Adaptasi tindakan pengelolaan air dan pengenalan varietas padi dapat meningkatkan efisiensi dalam produksi beras (Pedroso, et al., 2018). Penggunaan varietas unggul dapat meningkatkan produksi beras (Stuart, et al., 2018). Adopsi pengelolaan hama serangga untuk mengurangi penggunaan insektisida dalam peningkatan produksi beras (Hong-xing, et al., 2017). Dalam penelitian-penelitian terkait lebih mempertimbangkan penanganan budidaya padi seperti peningkatan produktivitas dan penanganan hama namun tidak mempertimbangkan proses penanganan pascapanen dan peningkatan kualitas hasil panen.

Sistem ketahanan pangan adalah masalah yang sangat penting dan sensitif. Ketahanan pangan merupakan kemampuan suatu negara dalam menjamin ketersediaan pangan dan kemudahan akses masyarakat terhadap pangan tersebut secara stabil (Applanaidu, et al., 2014; Olayide, et al., 2016; Mahbubi, 2013). Program swasembada beras merupakan salah satu unsur dari ketahanan pangan

yang berorientasi pada pemenuhan produksi bahan pangan. Ukuran ketahanan pangan dari sisi swasembada (kemandirian) dapat dilihat dari ketergantungan ketersediaan pangan nasional pada produksi pangan dalam negeri (Mahbubi, 2013).

Pemenuhan kecukupan pangan terkait dengan penyediaan beras nasional yang merupakan suatu permasalahan sistem yang cukup kompleks dengan melibatkan berbagai komponen, elemen atau unsur di dalamnya yang saling terintegrasi (Soemantri, et al., 2016). Sistem pertanian terutama pada sektor sub tanaman pangan dipengaruhi oleh faktor-faktor yang saling berinteraksi, seperti perubahan iklim (Naylor, et al., 2007), pertumbuhan populasi (Stuart, et al., 2018; Oort, et al., 2015; Timsina, et al., 2018), bencana alam seperti kekeringan dan banjir (Bala, et al., 2017), penggunaan sumber daya yang berlebihan dan perubahan mode konsumsi (Melkonyan, et al., 2017). Masalah penggunaan lahan seperti konversi lahan pertanian dari sawah menjadi penggunaan lahan non-pertanian (Lovell, 2010), harga pangan (Arshad & Hameed, 2010) dan peningkatan impor secara langsung mempengaruhi sistem pertanian. Berikut merupakan gambaran umum hubungan keterkaitan antara factor-faktor tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Food demand-supply

Banyak tantangan yang dihadapi terkait sistem produksi pertanian. Sistem pertanian memiliki isu-isu multifungsi beragam yang melibatkan sejumlah pemangku kepentingan sehingga keberhasilan implementasi kebijakan yang membutuhkan pengetahuan dan keahlian yang luas (Walters, et al., 2016; Karl M. Rich, et al., 2018). Agar lebih siap terhadap ketidakpastian dan gangguan dimasa

depan maka pengembangan kebijakan yang efisien mengenai ketahanan pangan perlu dilakukan. Para pengguna sumber daya dan manajer perlu mengembangkan pengetahuan lebih lanjut tentang sistem pangan dan pertanian, dengan struktur dan kompleksitas umpan balik yang mendominasi, dan untuk menguji berbasis sistem yang kuat dan terintegrasi solusi (Kopainsky, et al., 2017). Pengembangan kebijakan yang efisien akan membutuhkan sebuah alat pendukung keputusan yang memungkinkan para pemangku kepentingan untuk bersama-sama mengembangkan strategi. Semua jenis faktor kontekstual ini berpotensi untuk dimodelkan melalui sebuah pendekatan model seperti pendekatan sistem dinamik.

Model sistem dinamik merupakan cara yang dapat digunakan untuk mewakili hubungan antara pertanian, driver makanan sistem dan konsekuensinya untuk keamanan pangan, lingkungan, dan mata pencaharian; untuk merepresentasikan hasil yang terkuantifikasi melalui beberapa skenario regional, dan untuk menunjukkan bagaimana kebijakan dan intervensi teknis dapat diimplementasikan ke sistem (Chapman & Darby, 2016; Bala, et al., 2017). Pendekatan sistem dinamik didasarkan pada konsep umpan balik yang memetakan arus, proses, dan hubungan antar pemangku kepentingan yang terdapat dalam sistem yang kompleks (Stermann, 2000). Pendekatan sistem dinamik sangat cocok, karena didasarkan pada umpan balik dalam suatu bagian sistem yang mempengaruhi bagian yang lain. Loop umpan balik menunjukkan "rantai tertutup dan sebab dan akibat yang menciptakan umpan balik" (Ford, 1999). Terdapat dua jenis loop umpan balik dalam model sistem dinamik yaitu umpan balik reinforcing (R) dan balancing (B).

Kualitas hasil panen yang bagus akan berpengaruh terhadap produksi padi yang dihasilkan. Sehingga pada penelitian ini akan mengembangkan model analisis menggunakan pendekatan sistem dinamik, model diharapkan dapat memberikan analisis yang rinci mengenai faktor-faktor yang dapat meningkatkan kualitas hasil panen padi dalam proses budidaya dan penanganan pascapanen. Hasil dari skenario model dapat digunakan sebagai alat bagi pemerintah maupun para pemangku kepentingan dalam pengembangan strategi pengambilan keputusan terkait

peningkatan kualitas hasil panen yang membantu meningkatkan produksi padi sebagai upaya dalam memastikan ketahanan pangan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan pada latar belakang, maka rumusan masalah dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Faktor apa saja yang mempengaruhi kualitas hasil panen padi dalam upaya mendukung ketahanan pangan dengan mempertimbangkan dinamika sistem yang dipengaruhi oleh internal dan eksternal?
2. Bagaimana meningkatkan kualitas hasil panen padi melalui skenario terhadap beberapa variabel pendukung?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan latar belakang penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan model kualitas hasil panen padi berdasarkan kondisi saat ini
2. Mengembangkan skenario model sistem dinamik untuk meningkatkan kualitas hasil panen padi dengan mempertimbangkan beberapa variabel pendukung

1.4 Kontribusi Penelitian

Terdapat beberapa kontribusi yang akan diberikan dari penelitian ini, antara lain :

1.4.1 Kontribusi di Bidang Keilmuan

1. Kontribusi teoritis dari penelitian ini adalah membangun model yang dapat meningkatkan kualitas hasil panen padi dengan mempertimbangkan faktor internal dan eksternal
2. Menghasilkan skenario model sistem dinamik untuk meningkatkan kualitas hasil panen padi

1.4.2 Kontribusi Praktis

1. Kontribusi praktis dari penelitian ini adalah pengembangan model untuk meningkatkan kualitas hasil panen padi sesuai dengan kondisi saat ini dan

pengembangan skenario untuk meningkatkan kualitas hasil panen padi yang dapat digunakan bagi pemerintah dalam memenuhi kebutuhan beras.

2. Hasil dari penelitian ini akan memberikan sumbangan pemikiran yang dapat digunakan sebagai referensi bagi pihak terkait dalam mengambil alternatif kebijakan dengan tujuan untuk meningkatkan nilai tambah produksi padi.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki ruang lingkup yang akan menjadi batasan dalam penelitian ini. Batasan penelitian ini antara lain:

1. Studi kasus penelitian ini di lakukan di wilayah Jawa Timur
2. Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data pada area Jawa Timur
3. Ketahanan pangan pada penelitian ini berfokus pada aspek ketersediaan pangan

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan proposal penelitian ini adalah sebagai berikut :

a) Bab 1 Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, kontribusi penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan.

b) Bab 2 Kajian Pustaka

Bab ini berisi tinjauan pustaka dan penelitian-penelitian yang telah ada mengenai kualitas panen padi, tahapan budidaya dan pascapanen padi serta serangkaian teori yang digunakan sebagai dasar dalam pemodelan sistem dinamik untuk topik penelitian.

c) Bab 3 Metodologi Penelitian

Bab ini mengulas tentang tahapan-tahapan sistematis yang digunakan untuk melakukan penelitian.

d) Daftar Pustaka

Berisi daftar referensi yang digunakan dalam penelitian ini, baik jurnal, buku maupun artikel.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan mengenai kajian pustaka dan teori yang digunakan dalam penyusunan tesis, di antaranya kajian pustaka mengenai kualitas panen padi, produktivitas padi, ketahanan pangan, dan teori mengenai metode pemodelan sistem dinamik dan simulasi.

2.1 Kualitas Panen Padi

Beras menyediakan sekitar 20 % total energi per kapita dan 13 % protein bagi penduduk dunia. Di Asia beras menyumbangkan 35 % energi dan 28 % protein, di Amerika Selatan 12 % energi dan 9 % protein (Prabowo, 2006). Padi (*Oryza Sativa*) merupakan tanaman pangan yang penting bagi penduduk di Indonesia. Tanaman penghasil beras ini akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya tingkat kelahiran manusia (Hasbullah & Indaryani, 2009). Sebelum menjadi beras, gabah mengalami beberapa proses sebelum diolah menjadi beberapa produk olahan kebutuhan pangan dan industri. Sebagian besar negara penghasil padi memberi perhatian lebih pada peningkatan kualitas beras. Kualitas beras meliputi sifat-sifat fisik yang mempengaruhi penampilan maupun sifat-sifat kimia yang menentukan kualitas jika dimasak.

Kualitas hasil panen dapat ditentukan dari beberapa indikator seperti (1) keretakan butiran gabah (Prabowo, 2006; Hasbullah & Dewi, 2009); (2) susut panen (Hasbullah & Dewi, 2009; Hasbullah & Indaryani, 2009), dan (3) rendemen gabah (Hasbullah & Dewi, 2009; Maulana, 2012). Peningkatan kualitas beras akan memberikan dampak keuntungan bagi produsen maupun konsumen beras. Namun, penanganan panen maupun pascapanen yang tidak tepat dapat menyebabkan penurunan kualitas. Proses produksi, pasca panen, penggilingan dan pemasaran mempengaruhi kualitas beras (Swastika, 2012). Proses panen dan pascapanen padi yang tidak tepat mengakibatkan kerugian yang sangat besar bagi petani. Selain terjadi kehilangan hasil yang menyebabkan rendahnya hasil panen juga menyebabkan rendahnya mutu gabah / beras yang dihasilkan, yaitu tingginya kadar kotoran dan gabah hampa serta butir mengapur yang mengakibatkan rendahnya

rendemen beras giling (Buletin Tani, 2014). Pengeringan beras dapat menurunkan aktivitas enzim yang dapat merusak beras selama penyimpanan seperti amilase, protease dan lipase (Prabowo, 2006). Pengeringan yang tidak tepat dapat menyebabkan rusaknya caryopsis sehingga akan menurunkan kuantitas beras dan meningkatkan persentase beras yang rusak (Prabowo, 2006) yang dapat menyebabkan penurunan kualitas dan nilai ekonomis. Susut atau kehilangan hasil merupakan gabah atau beras yang tercecer saat panen ataupun pascapanen yang dapat mengurangi produksi beras. Setiap proses pascapanen terdapat kemungkinan adanya susut. Susut perontokan adalah kehilangan hasil selama proses perontokan padi. Kehilangan hasil akibat ketidaktepatan dalam melakukan perontokan dapat mencapai lebih dari 5% (Hasbullah & Indaryani, 2009). Penggilingan padi merupakan tahapan akhir dalam proses produksi beras, penggilingan yang dilakukan secara tepat dan efisien dapat meningkatkan kualitas hasil panen padi yang berdampak pada kenaikan hasil produksi beras. Hal ini mengingat rendemen giling dari tahun ke tahun mengalami penurunan secara kuantitatif dari 70% pada akhir tahun 70-an menjadi 65% pada tahun 1985, 63.2% pada tahun 1999, dan pada tahun 2000 paling tinggi hanya 62%, bahkan kenyataan di lapang di bawah 60% (Tjahjohutomo, 2008). Untuk proses penggilingan, kehilangan dikarenakan gabah kering giling yang tercecer selama proses produksi sekitar 2,24 persen. Selain itu kehilangan hasil di penggilingan padi juga ada potensi berkurangnya hasil produksi beras karena rendahnya rendemen giling. Selain itu rendemen giling dipengaruhi oleh kualitas gabah, varietas padi, dan kinerja mesin-mesin yang dipakai dalam proses penggilingan (Hasbullah & Dewi, 2009). Permasalahan penanganan panen dan pascapanen untuk mendapatkan kualitas hasil panen yang baik merupakan permasalahan sistem yang sangat kompleks dengan melibatkan berbagai unsur dan elemen yang saling berpengaruh di dalamnya. Penanganan pascapanen bertujuan untuk menekan susut hasil, meningkatkan kualitas, daya simpan, daya guna komoditas pertanian, memperluas kesempatan kerja, dan meningkatkan nilai tambah produksi (Soemantri, et al., 2016). Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan strategi yang tepat dan dapat diaplikasikan secara berkelanjutan.

2.2 Produktivitas Padi

Produktivitas merupakan kemampuan tanah untuk menghasilkan produksi tanaman dalam keadaan dan pengolahan tanah tertentu (Nurmala, 2012). Produktivitas padi adalah produksi padi per satuan luas lahan yang digunakan dalam berusaha tani padi. Produktivitas diukur dalam satuan ton per hektar (ton/ha). Beberapa faktor yang mempengaruhi produktivitas padi di antaranya :

1. Luas lahan pertanian adalah keseluruhan wilayah yang menjadi tempat penanaman atau mengerjakan proses penanaman, luas lahan menjamin jumlah atau hasil yang akan diperoleh petani (Munbyarto, 1995). Luas lahan merupakan persentase dari total lahan yang dapat ditanami, digunakan untuk tanaman permanen, dan digunakan untuk area permanen merupakan penentu dari hasil produksi komoditas pertanian (Oort, et al., 2015)
2. Indeks Penanaman (IP)
Indeks penanaman pertanian merupakan cara tanam dan panen padi dalam satu tahun pada satu lahan yang sama. IP 400 berarti tanam dan panen empat kali dalam satu tahun pada satu lahan yang sama. Indeks penanaman bertujuan untuk stabilitas produksi beras untuk ketahanan pangan maksimal dengan efisiensi penggunaan lahan sawah, pelestarian produktivitas lahan sawah, pemanfaatan tenaga kerja secara operasional (Milovanovic & Smutka, 2018; Nie & Peng, 2017; Timsina, et al., 2018)
3. Varietas bibit merupakan penentuan varietas bibit yang akan ditanam sesuai dengan topologi lahan. Penentuan jenis bibit yang akan dipakai memiliki peranan yang sangat penting karena menentukan keunggulan dari suatu komoditas. Penentuan bibit yang unggul biasanya tahan terhadap penyakit dan perubahan iklim (Stuart, et al., 2018)
4. Pemupukan merupakan pemberian unsur hara dalam bentuk pupuk untuk memenuhi kekurangan hara yang dibutuhkan tanaman berdasarkan tingkat hasil yang ingin dicapai dan hara yang tersedia dalam tanah sehingga mampu berproduksi dengan baik. Penggunaan pupuk menjadi salah satu hal yang penting dalam budidaya padi (Banayo, et al., 2018; Berkhout, et al., 2015)

5. Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi (Olayide, et al., 2016)
6. Pestisida merupakan pengendalian hama dan penyakit merupakan sebuah cara bagaimana petani melakukan pengendalian hama dan penyakit agar tanaman padi tidak terserang oleh hama (Stuart, et al., 2018). Menerapkan batasan pada penggunaannya pestisida. Pengendalian hama dan penyakit terpadu (PHT) merupakan pendekatan pengendalian yang memperhitungkan faktor ekologi sehingga pengendalian dilakukan agar tidak terlalu mengganggu keseimbangan alami dan tidak menimbulkan kerugian besar (Mohamed, et al., 2016). Pengendalian Hama Terpadu merupakan paduan berbagai cara pengendalian hama dan penyakit, di antaranya melakukan pemantauan (monitoring) populasi hama dan kerusakan tanaman sehingga penggunaan teknologi pengendalian dapat lebih tepat (Hong-xing, et al., 2017)

2.3 Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan merupakan kemampuan suatu negara dalam menjamin ketersediaan pangan dan kemudahan akses masyarakat terhadap pangan tersebut secara stabil (Applanaidu, et al., 2014; Olayide, et al., 2016). Ketahanan pangan merupakan masalah yang sering dihadapi oleh negara berkembang. Tingginya produksi dan konsumsi beras di Indonesia menunjukkan bahwa komoditas beras tidak hanya menyangkut kepentingan produsen, tetapi juga kebutuhan konsumen (Mahbubi, 2013). Ketergantungan penduduk Indonesia terhadap beras menyebabkan pemerintah harus mengimpor beras untuk memenuhi permintaan domestik untuk beras (Suryani, et al., 2014). Ketersediaan beras di Indonesia harus diperhatikan untuk mencapai keamanan pangan. Kemandirian pangan akan terwujud jika swasembada pangan tercapai. Jika swasembada dan kemandirian pangan tercapai, maka ketahanan pangan akan kuat (Rusono, et al., 2015). Dalam upaya pemantapan ketahanan pangan nasional, pemerintah telah mengeluarkan berbagai kebijakan, seperti kebijakan mengenai sistem per-berasan nasional. Dalam kebijakan ini mencakup lima instrumen kebijakan yaitu peningkatan produksi, diversifikasi usaha, kebijakan harga, kebijakan impor, dan distribusi beras untuk

keluarga miskin (Suryana, 2005). Masalah lain yang timbul adalah ketersediaan beras masih tidak merata. Lebih jauh lagi pasokan padi dipengaruhi oleh bencana alam dan perubahan iklim yang tidak menentu seperti kekeringan dan banjir. Ketersediaan beras di Indonesia menghadapi tantangan di sisi produksi karena siklus produksi mengikuti siklus air sementara konsumsi tetap relatif tidak berubah oleh waktu (Rizkarmen, et al., 2015). Selain itu tingkat konversi lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian menjadi fenomena umum yang terjadi dengan cepat di Jawa.

2.4 Sistem dan Model

Sistem merupakan kumpulan entitas yang bertindak dan berinteraksi bersama untuk mencapai beberapa tujuan (Schmidt & Taylor, 1970). Sistem dikategorikan menjadi dua jenis di antaranya sistem diskrit dan kontinu (Law & Kelton, 1991). Sistem diskrit merupakan sistem yang variabelnya berubah secara instan pada titik yang terpisah dalam waktu. Sistem kontinu merupakan sistem yang status variabelnya berubah secara dinamis menerus sehubungan dengan waktu. Dalam suatu sistem, untuk bereksperimen langsung dengan sistem secara fisik dan kemudian membiarkannya beroperasi dalam kondisi baru yang diinginkan sering menimbulkan beberapa masalah.

Percobaan langsung pada sistem nyata sering kali terlalu mahal atau terlalu mengganggu sistem. Untuk alasan ini, biasanya perlu untuk membangun sebuah model sebagai alat representasi dari sistem dan mempelajarinya sebagai pengganti untuk sistem yang sebenarnya (Law & Kelton, 1991). Dalam membangun suatu model perlu melakukan validitas model untuk mengetahui keakuratan model tersebut dalam mencerminkan suatu sistem. Sebagian besar model matematika mewakili hubungan sistem dalam hal hubungan logis dan kuantitatif yang kemudian dimanipulasi dan diubah untuk melihat bagaimana model bereaksi, dengan demikian dapat diketahui bagaimana suatu sistem akan bereaksi apabila model matematika tersebut valid (Law & Kelton, 1991).

Pengembangan model dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa aturan yaitu elaborasi, analogi dan dinamis (Suryani, 2005). Prinsip pengembangan model dengan elaborasi dimulai dari yang paling sederhana kemudian secara

bertahap dielaborasikan menjadi model yang representatif. Penyederhanaan permasalahan dapat dilakukan dengan menggunakan asumsi-asumsi yang diperlukan sesuai dengan tujuan pembuatan model. Pengembangan model dengan analogi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa prinsip dan teori yang sudah dikenal luas. Pengembangan model dengan dinamis bukanlah suatu proses mekanis dan linier, sehingga dalam pengembangan model ini mungkin saja terdapat proses pengulangan (Suryani, 2005).

Setelah membangun model matematika, model tersebut kemudian diperiksa untuk melihat bagaimana model dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan mengenai tentang sistem yang representasikan. Apabila model tersebut cukup sederhana, dimungkinkan untuk bekerja dengan hubungan dan kuantitasnya untuk membuat solusi analitis yang tepat. Ini adalah solusi bentuk tertutup, tetapi beberapa solusi analitis dapat menjadi sangat kompleks, membutuhkan komputasi yang luas dan sumber daya. Kegunaan model sebagai alat prediksi terletak pada ketepatan dan ketelitian hasil prediksinya.

2.5 Simulasi

Sebagian besar sistem dunia nyata terlalu rumit untuk memungkinkan model realistis untuk dievaluasi secara analitis, dan model ini harus dipelajari melalui simulasi. Simulasi dengan menggunakan bantuan komputer untuk mengevaluasi suatu model secara numerik, dan data dikumpulkan untuk memperkirakan karakteristik sebenarnya dari model tersebut (Law & Kelton, 1991). Berikut merupakan beberapa definisi dari simulasi menurut (Suryani, 2005)

a. Emshoff dan Simon (1970)

Simulasi didefinisikan sebagai suatu model sistem dimana komponennya direpresentasikan oleh proses-proses aritmatika dan logika yang dijalankan komputer untuk memperkirakan sifat-sifat dinamis sistem tersebut.

b. Shannon (1975)

Simulasi merupakan proses perancangan model dari sistem nyata yang dilanjutkan dengan pelaksanaan eksperimen terhadap model untuk mempelajari perilaku sistem atau evaluasi strategi.

c. **Banks dan Carson (1984)**

Simulasi adalah tiruan dari sistem nyata yang dikerjakan secara manual atau komputer, yang kemudian diobservasi dan disimpulkan untuk mempelajari karakterisasi sistem.

d. **Hoover dan Perry (1990)**

Simulasi merupakan proses perancangan model matematis atau logis dari sistem nyata, melakukan eksperimen terhadap model dengan menggunakan komputer untuk menggambarkan, menjelaskan, dan memprediksi perilaku sistem.

e. **Law dan Kelton (1991)**

Simulasi didefinisikan sebagai sekumpulan metode dan aplikasi untuk menirukan atau merepresentasikan perilaku dari suatu sistem nyata, yang biasanya dilakukan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak tertentu.

f. **Khosnevis (1994)**

Simulasi merupakan proses aplikasi membangun model dari sistem nyata atau usulan sistem, melakukan eksperimen dengan model tersebut untuk menjelaskan perilaku sistem, mempelajari kinerja sistem, atau untuk membangun sistem baru sesuai dengan kinerja yang diinginkan.

Menurut (Law & Kelton, 1991) klasifikasi model simulasi dibedakan berdasarkan perbedaan waktu, derajat ketidakpastian dan perubahan status variabel. Macam-macam model simulasi berdasarkan perbedaan waktu. Model simulasi dibedakan menjadi dua yaitu model simulasi statis dan dinamis. Model simulasi statis merupakan sebuah representasi suatu sistem pada waktu tertentu, atau yang dapat digunakan untuk mewakili sistem di mana waktu tidak memainkan peran (Law & Kelton, 1991). Sedangkan model simulasi dinamis mewakili suatu sistem yang berkembang seiring waktu. Simulasi diskrit menyangkut pemodelan sistem yang berkembang dari waktu ke waktu dengan representasi di mana variabel keadaan berubah secara instan pada titik-titik terpisah dalam waktu di mana suatu peristiwa didefinisikan sebagai kejadian sesaat yang dapat mengubah keadaan sistem. Simulasi diskrit secara konseptual dapat dilakukan dengan perhitungan

manual, akan tetapi jumlah data yang harus disimpan dan dimanipulasi untuk sebagian besar sistem dunia nyata menentukan bahwa simulasi kejadian diskrit dapat dilakukan pada komputer digital. Model simulasi berdasarkan derajat ketidakpastian dibedakan menjadi simulasi deterministik dan simulasi stokastik. Simulasi deterministik merupakan model yang hasilnya bisa ditentukan secara pasti, sedangkan simulasi stokastik yaitu model yang tidak bisa ditentukan secara pasti atau mengandung ketidakpastian (Suryani, 2005).

Model simulasi sangat efektif digunakan untuk sistem yang relatif kompleks untuk pemecahan analitis dari model tersebut. Penggunaan simulasi akan memberikan wawasan yang lebih luas pada pihak manajemen dalam menyelesaikan suatu masalah (Suryani, 2005). Penerapan simulasi sangat banyak dan beragam, menurut (Law & Kelton, 1991) simulasi dapat digunakan dalam merancang dan menganalisis sistem manufaktur, mengevaluasi persyaratan perangkat keras dan perangkat lunak untuk sistem komputer, dan mengevaluasi desain untuk organisasi pelayanan seperti rumah sakit dan lainnya. Selain itu, sebuah studi simulasi bukan proses berurutan sederhana. Sebagai satu hasil dengan studi dan pemahaman yang lebih baik dari sistem yang diperoleh, sering diinginkan untuk kembali atau mengulang ke langkah sebelumnya. Sebagai contoh, wawasan baru tentang sistem yang diperoleh selama studi mungkin memerlukan reformulating masalah untuk dipecahkan.

2.6 Sistem Dinamik

Sistem Dinamik adalah metodologi simulasi diperkenalkan oleh Jay Forrester. Sistem dinamik merupakan metode untuk meningkatkan pemahaman dalam sistem yang kompleks (Sterman, 2000). Sistem dinamik merupakan metode untuk memahami, visualisasi dan menganalisis sistem kompleks dengan umpan balik dinamis (Shahmohammadi, et al., 2015). Pendekatan dengan menggunakan sistem dinamik dapat memodelkan perilaku non linier serta interaksi dinamis (umpan-balik) antar faktor yang saling berhubungan dapat ditangani dengan mudah dengan melakukan skenario tindakan atau perubahan sistem (Chapman & Darby, 2016; Xu, et al., 2015; Walters, et al., 2016).



Dalam sebuah sistem terjadi interaksi antar komponen sistem, interaksi umpan balik tersebut dibagi menjadi dua tipe umpan balik positif dan umpan balik negatif (Sterman, 2000). Umpan balik positif menunjukkan sebuah proses *self-reinforcing*, hal ini menciptakan proses pertumbuhan, di mana suatu kejadian dapat menimbulkan akibat yang akan memperbesar kejadian berikutnya secara terus menerus. Umpan balik ini dapat menyebabkan ketidakstabilan, ketidakseimbangan, serta pertumbuhan secara *continue* (Suryani, 2005). Umpan balik negatif menunjukkan sebuah proses *self-correcting*. Jenis umpan balik ini berusaha menciptakan keseimbangan dengan memberikan koreksi agar tujuan dapat dicapai (Suryani, 2005). Hasil dari pendekatan Sistem Dinamik dapat digunakan untuk membantu manajer dan pengambil keputusan dalam rangka untuk menemukan kebijakan dan keputusan yang menguntungkan dan dapat diterapkan dengan baik dalam jangka waktu tertentu (Hasan, et al., 2015).

Berdasarkan (Sterman, 2000), terdapat 5 tahapan yang dilakukan dalam mengembangkan di antaranya : (1) Problem articulation, tahapan ini akan mendefinisikan masalah apa yang akan ditambahkan. Pada tahapan ini seorang pembuat model mengembangkan karakterisasi awal masalah melalui diskusi dengan tim klien, dilengkapi dengan penelitian arsip, pengumpulan data, wawancara, dan observasi atau partisipasi langsung. Pemilihan tema meliputi apa masalah dan mengapa hal itu menjadi sebuah masalah. Setelah menentukan tema, selanjutnya mendefinisikan variabel kunci. Metode yang dapat digunakan dalam mengumpulkan informasi yang dibutuhkan dalam mendefinisikan masalah dinamika di antaranya membangun model dari referensi dan pengaturan waktu secara jelas. (2) Formulating a dynamics hypothesis, tahapan ini dimulai dari perumusan hipotesis awal yang berisi mengenai teori terkini tentang perilaku bermasalah yang bersifat sementara untuk membentuk proses pemodelan. Fokus endogen merumuskan hipotesis dinamika yang menjelaskan dinamika dan konsekuensi endogen dari struktur umpan balik (*feedback*). Pemetaan struktur sebab-akibat berdasarkan hipotesis awal, variabel kunci, mode referensi, dan data lain yang tersedia, menggunakan Boundary Adequacy, Causal Loop Diagram dan Stock Flow Diagram.

Model boundary diagram merangkum cakupan model dengan mendaftar variabel kunci yang dimasukkan secara endogen, yang endogen, dan yang di luar dari model sedangkan Causal Loop Diagram digunakan untuk merepresentasikan struktur umpan balik sistem. Causal Loop Diagram sangat baik untuk menangkap hipotesis tentang penyebab dinamika secara cepat, memunculkan dan menangkap model individu atau tim dan mengomunikasikan umpan balik (*feedback*) penting yang bertanggung jawab atas suatu masalah (Sterman, 2000). Diagram sebab akibat terdiri dari variabel-variabel yang dihubungkan dengan panah yang menunjukkan pengaruh kausal di antara variabel-variabel tersebut. Umpan balik (*feedback*) penting juga diidentifikasi dalam diagram.

Variabel direalisasikan oleh tautan sebab akibat, ditunjukkan oleh panah. Setiap tautan sebab akibat diberi polaritas, baik positif (+) atau negatif (-) untuk menunjukkan bagaimana variabel dependen berubah ketika variabel independen berubah. Polaritas positif apabila perubahan variabel pada awal aliran menyebabkan bertambahnya nilai variabel pada aliran akhir. Sebaliknya disebut negatif bila perubahan variabel pada aliran awal menyebabkan berkurangnya nilai variabel pada aliran akhir (Suryani, 2005). Pada Tabel 2.1 menjelaskan mengenai simbol dalam Causal Loop Diagram.

Tabel 2. 1 Simbol Causal Loop Diagram

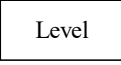
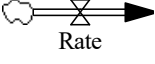

No	Simbol	Keterangan
1		Link positif semua lainnya sama, jika X bertambah (menurun), maka Y naik (turunkan) di atas (di bawah) dalam hal akumulasi X menambah Y
2		Link negatif semua yang lain sama, jika x bertambah (menurun), maka Y turun (meningkat) di atas (di bawah) dalam hal akumulasi X kurangi dari Y

Sumber: (Sterman, 2000)

Stock and Flow menggambarkan struktur aliran secara rinci sehingga dapat digunakan untuk menyusun model matematis. Diagram alir (simulasi) menggambarkan hubungan antar variabel dan sudah dinyatakan dalam bentuk

simbol-simbol. Pada Tabel 2.2 akan menjelaskan simbol dari stock and flow diagram pada sistem dinamik.

Tabel 2. 2 Simbol Stock and Flow

No	Simbol	Keterangan
1		Variabel level merupakan akumulasi aliran dari waktu ke waktu. Level dipengaruhi oleh aliran masuk (input rate) dan aliran keluar (output rate). Level digambarkan sebagai persegi Panjang. Simbol variabel level dapat dilihat pada gambar di samping.
2		Variabel rate merupakan laju yang menentukan aliran masuk atau keluar. Rate merupakan aliran yang berpengaruh terhadap perubahan per satuan waktu dalam variabel level. Simbol variabel rate dapat dilihat pada gambar di samping.
3		Variabel auxiliary merupakan variabel bantu untuk menyederhanakan hubungan antar variabel. Simbol auxiliary dapat di lihat pada gambar di samping.

Tahapan selanjutnya adalah (3) Formulating a Simulation Model, tahapan ini akan menguji *dynamics hypothesis* dari Causal Loop Diagram untuk model formal yang ditentukan sepenuhnya, lengkap dengan persamaan, parameter, dan kondisi awal (Sterman, 2000). (4) Testing, tahapan ini dilakukan pengujian dimulai setelah melengkapi persamaan dan parameter pada setiap bagian. Pengujian bertujuan untuk membandingkan perilaku yang di simulasikan dari model dengan perilaku aktual dari sistem yang sebenarnya. Setiap persamaan harus diperiksa untuk konsistensi dimensi. Tingkat sensitif perilaku model dan rekomendasi kebijakan harus dinilai berdasarkan ketidakpastian dalam asumsi maupun struktural (Sterman, 2000). (5) Policy design and evaluation, pada tahap desain kebijakan lebih dari sekadar mengubah nilai parameter. Desain kebijakan mencakup

pembuatan strategi, struktur, dan aturan keputusan yang sepenuhnya baru. Dalam struktur umpan balik dari suatu sistem menentukan dinamika, sebagian besar waktu kebijakan akan melibatkan umpan balik dominan dengan mendesain ulang struktur stok dan aliran, menghilangkan penundaan waktu, menyalurkan aliran dan kualitas informasi yang tersedia di titik keputusan utama, atau secara fundamental menciptakan kembali proses pengambilan keputusan aktor dalam sistem (Sterman, 2000).

2.7 Penelitian Terkait

Dalam penelitian ini terdapat beberapa penelitian terdahulu terkait dengan pendekatan sistem dinamik yang berguna sebagai referensi dalam penyusunan penelitian ini.

2.7.1 Penelitian dengan judul “System Dynamics Model to Support Rice Production and Distribution for Food Security”

Penelitian yang berjudul “System Dynamics Model to Support Rice Production and Distribution for Food Security” (Suryani, et al., 2014). Dalam penelitian ini ketahanan pangan merupakan isu nasional sebagai dampak kerawanan pangan di beberapa daerah di Indonesia. Dalam penelitian ini Sistem Dinamik digunakan untuk meningkatkan ketahanan pangan dengan mempertimbangkan kondisi perubahan regional untuk mengevaluasi beberapa kebijakan untuk pengambilan keputusan strategis; dan membantu pemerintah meningkatkan makanan keamanan melalui beberapa skenario pengembangan kebijakan. Causal Loop Diagram merupakan hipotesis awal yang digunakan dalam mengembangkan model. Beberapa variabel diidentifikasi mempunyai dampak yang signifikan untuk model output di antaranya:

- a. Luas lahan merupakan total dari semua divisi sub-regional adalah kombinasi dari luas tanah di masing-masing divisi sub-regional. Luas tanah masing-masing divisi sub-regional memiliki kecenderungan untuk menurun dari waktu ke waktu akibat dari perubahan pemanfaatan tanah, seperti pembangunan perumahan, industri, dan fasilitas lainnya.
- b. Produktivitas lahan bergantung pada suhu, kelembaban, sinar matahari, ketinggian permukaan tanah, curah hujan, pupuk, varietas benih, dan

ketersediaan irigasi. Produktivitas tanah juga dipengaruhi oleh kondisi geografis.

- c. Persediaan beras dipengaruhi oleh distribusi beras. Tujuan distribusi ini adalah untuk menyediakan beras untuk memenuhi permintaan dan untuk meningkatkan ketahanan pangan.

Skenario pengembangan untuk meningkatkan ketahanan pangan dengan mempertimbangkan tiga indikator ketahanan pangan seperti ketersediaan makanan, akses makanan, dan kepuasan rasio. Skenario dilakukan dengan meningkatkan produktivitas tanah untuk meningkatkan produksi dan pemenuhan rasio. Subdivre yang memiliki surplus mungkin memberikan beras untuk subdivre yang memiliki defisit stok beras. Hasil dari penelitian ini untuk meningkatkan ketahanan pangan melalui beberapa skenario seperti intensifikasi lahan, perluasan lahan, distribusi dari kabupaten lain, dan impor.

2.7.2 Penelitian dengan judul “Key indicators of rice production and consumption, correlation between them and supply-demand prediction”

Penelitian yang berjudul “Key indicators of rice production and consumption, correlation between them and supply-demand prediction” (Patil, 2015). Tujuan penelitian ini untuk memperkirakan persediaan dan permintaan beras di India. Hasil panen adalah elemen penting untuk pembangunan pedesaan dan juga merupakan indikator untuk ketahanan pangan nasional. Memprakirakan hasil panen beberapa bulan sebelum panen sangat penting untuk memulai perdagangan pangan secara tepat waktu, memenuhi permintaan nasional dan mengatur transportasi makanan di dalam negeri secara tepat waktu. Penelitian menyelidiki korelasi di antara set variabel input produksi dan set variabel input konsumsi. Hasil analisis korelasi digunakan sebagai dasar untuk merancang aturan dasar untuk sistem inferensi fuzzy untuk memperkirakan produksi dan konsumsi beras. Teknik peramalan ini akan membantu dalam menyusun kebijakan terkait dengan penyimpanan, distribusi, pemotongan biaya rantai pasokan, peningkatan penggunaan agrokimia, keamanan dan keamanan pangan. Hasil analisis korelasi ini secara sistematis digunakan untuk merancang aturan. Untuk produksi beras, lima variabel yang berpengaruh yaitu. tingkat pertumbuhan, pekerja pertanian, area

panen, hasil per hektar dan area yang mendapatkan saluran irigasi. Dalam konsumsi penelitian ini memasukkan variabel harga beras dan rasio kemiskinan karena memiliki efek yang potensial terhadap konsumsi.

2.7.3 Penelitian dengan judul “Effect of paddy harvesting methods on rice quality and head rice recovery”

Penelitian dengan judul “Effect of paddy harvesting methods on rice quality and head rice recovery” (Mahmood & Ali, 2016). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh metode panen yang berlaku dan tingkat kematangan tanaman yang berbeda terhadap kualitas penggilingan padi jenis Super Basmati. Faktor yang mempengaruhi efisiensi penggilingan, adalah penanganan produksi dan pascaproduksi, seperti panen, pengeringan, penyimpanan dan karakteristik varietas. Kehilangan penggilingan padi dapat bersifat kualitatif atau kuantitatif. Kehilangan kuantitatif atau fisik dimanifestasikan oleh pemulihan penggilingan yang rendah, sedangkan persentase tinggi kernel yang rusak mencerminkan kerugian kualitatif pada biji-bijian beras. Pemotongan beras yang belum sepenuhnya matang dapat menyebabkannya kerugian serius dalam kualitas produk. Hubungan antara kelembaban butir saat panen, total beras giling dan kepala beras menunjukkan bahwa tidak ada efek yang dari kelembaban gabah saat panen terhadap jumlah total beras yang digiling. Namun, pemulihan gabah meningkat dengan meningkatnya kelembaban gabah pada waktu panen. Ketika beras mengandung persentase kelembaban yang tinggi maka beras akan mudah rusak. Dalam penelitian ini, dilakukan pengumpulan dan analisis data penelitian pada varietas padi Super Basmati. Tiga metode pemanenan dan perontokan digunakan dalam penelitian ini. Pertama pemanenan dan perontokan dengan cara manual, kedua gabungan *conventional combine harvester* dan ketiga dengan pengeringan padi dengan bantuan sinar matahari. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh metode panen secara statistik signifikan pada tingkat probabilitas 5% pada hasil penggilingan. Nilai rata-rata head rice recovery (49,5%) dari metode pemanenan manual dan perontokan lebih tinggi daripada pemanenan dengan kombinasi konvensional (44,9%) dan pemanenan kombinasi *head-feeding* (46,5%). Karena kurangnya tenaga kerja manual untuk memanen beras, metode pemanenan

gabungan *head-feeding* disarankan untuk memanen beras Super Basmati di Pakistan.

2.7.4 Penelitian dengan judul “Modelling of food security in Malaysia”

Penelitian dengan judul “Modelling of food security in Malaysia” (Bala, et al., 2014). Dalam penelitian ini kebijakan keamanan pangan di Malaysia sebagian besar tentang memastikan ketersediaan, aksesibilitas, dan pemanfaatan beras bagi masyarakat. Penelitian ini berupaya untuk memperbaiki situasi yang rumit dan bermasalah ini dengan mengusulkan perlunya lebih banyak penelitian dan pengembangan untuk varietas unggul, penerapan pupuk hayati dan pendekatan penyuluhan baru (melalui sekolah lapang petani). Pendekatan sistem dinamik diadopsi untuk mengatasi masalah dan pilihan kebijakan untuk keamanan pangan berkelanjutan di Malaysia. Pendekatan ini paling efektif karena model dinamika sistem dapat memberikan perkiraan yang lebih baik daripada model statistik dan karenanya, menghasilkan keputusan yang lebih baik.

Terdapat beberapa skenario yang akan dilakukan dalam penelitian ini diantaranya model disimulasikan untuk menganalisis isu-isu kebijakan subsidi input, penarikan subsidi input, transisi bertahap ke bio-fertilizer, R&D untuk meningkatkan produktivitas, layanan penyuluhan melalui Farmer Field School (FFS) dan peningkatan intensitas tanam untuk mengatasi bagaimana berperilaku di jangka panjang untuk mencapai tingkat swasembada dalam produksi beras di Malaysia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transisi bertahap ke pupuk hayati, R&D memiliki dampak positif yang lebih tinggi untuk mencapai swasembada beras untuk memberikan perhatian prioritas untuk pengembangan varietas hibrida dengan hasil produksi yang tinggi dan meningkatkan intensitas tanam lebih disarankan untuk peningkatan produktivitas. Promosi layanan pelatihan dan penyuluhan dengan menggunakan pendekatan partisipatif belajar sambil bekerja atau sekolah petani diinginkan untuk mengurangi kesenjangan produktivitas.

2.7.5 Penelitian dengan judul “Evaluating sustainable adaptation strategies for vulnerable mega-deltas using system dynamics modelling : Rice agriculture in the Mekong Delta’s”

Penelitian yang berjudul “Evaluating sustainable adaptation strategies for vulnerable mega-deltas using system dynamics modelling : Rice agriculture in the Mekong Delta’s” (Chapman & Darby, 2016). Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi perubahan dalam dinamika sistem sosial ekonomi. Menentukan efektivitas dari kebijakan alternatif produksi beras yang akan diusulkan dan diimplementasikan. Untuk menganalisis perbedaan penerapan kebijakan antar petani. Delta Mekong merupakan sebuah wilayah kunci dalam hal kontribusinya untuk ketahanan pangan global, populasi yang besar, dan intensitas perubahan lingkungan dan tekanan pembangunan. Pemodelan sistem dinamik digunakan sebagai metode dalam perumusan serta evaluasi strategi adaptasi di Delta Mekong. Perumusan kebijakan digunakan untuk mengatasi isu seperti urbanisasi, intensifikasi pertanian dan pertumbuhan penduduk karena hal tersebut merupakan sistem yang kompleks maka memerlukan sistem yang mengerti dari interaksi sosial, ekonomi, dan komponen fisik sistem Delta.

Penelitian ini menggunakan model untuk mengeksplorasi berbagai strategi alternatif penanaman padi. Tiga dari skenario simulasi sistem tanam padi yang beroperasi di daerah tersebut: (1) triple-cropping sistem (business-as-usual); (2) sistem tanam ganda (tradisional sistem); dan (3) 3-3-2 rotasi cropping yang telah dilaksanakan di beberapa kabupaten untuk mengurangi dampak negatif dari sistem triple-cropping. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beralih ke triple-cropping menawarkan peningkatan dalam pendapatan jangka pendek, dalam hal ini risiko signifikan yang dihadapi petani adalah penurunan produktivitas dan profitabilitas kemudian. Manfaat triple-cropping sangat banyak di skala ekonomi makro seperti keuntungan untuk total produksi beras, melalui pendapatan ekspor pemerintah ini, menghasilkan dan dalam keuntungan finansial untuk mengatasi guncangan di harga pupuk.

2.7.6 Penelitian dengan judul “Modelling of supply chain of rice in Bangladesh”

Penelitian yang berjudul “Modelling of supply chain of rice in Bangladesh Rantai pasokan beras di Bangladesh (Bala, et al., 2017). Tujuan penelitian ini adalah Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dinamika sistem yang didorong oleh rantai pasokan sistem penggilingan padi di Bangladesh untuk menyelidiki dampak dari variabel-variabel penting pada kinerja rantai pasokan dan menganalisis opsi kebijakan yang berbeda untuk pembangunan berkelanjutan dengan cara yang hemat biaya. Penelitian ini menggunakan metodologi sistem dinamik untuk memodelkan dan menganalisis kinerja rantai pasokan di Bangladesh. Causal Loop Diagram merupakan hipotesis awal yang digunakan dalam mengembangkan model. Beberapa variabel diidentifikasi mempunyai dampak yang signifikan yang mempengaruhi rantai pasokan beras adalah persediaan beras, pesanan beras, biaya rantai pasok dan harga penggilingan, sektor grosir dan eceran.

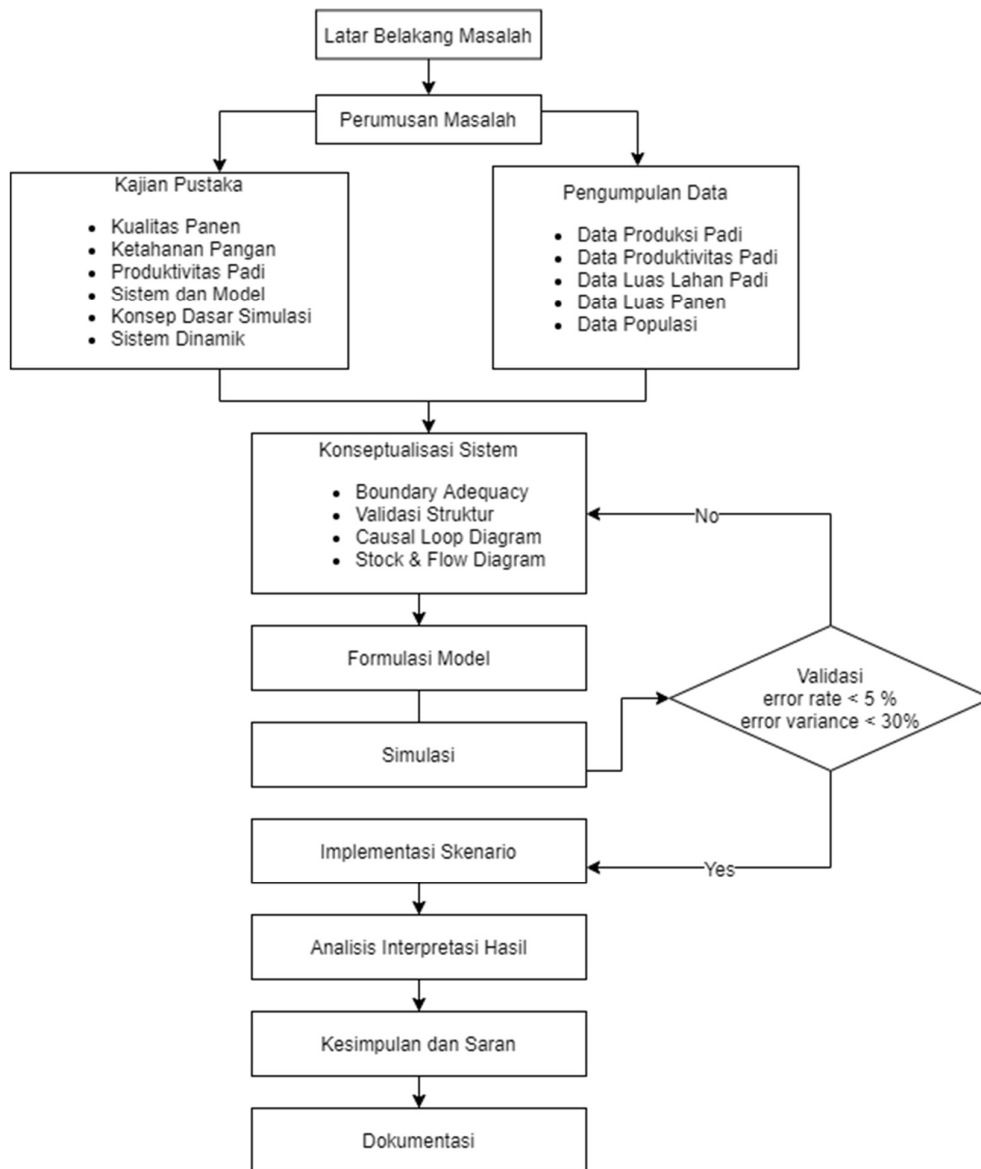
Hasil penelitian menunjukkan bahwa dampak perubahan produktivitas dari produksi musiman beras, pengurangan produktivitas produksi beras nasional menyebabkan perubahan dalam inventaris penggilingan, inventaris grosir dan total biaya rantai pasokan tetapi persediaan ritel tetap konstan selama persediaan grosir tidak kosong. Perubahan waktu tunggu dan variabilitas rata-rata permintaan pada kinerja rantai pasokan memiliki pengaruh positif pada tingkat inventaris yang terkait langsung dan perubahan tersebut lebih jelas dalam inventori penggilingan dan grosir. Kebijakan ini dianggap sebagai pilihan terbaik yang tersedia untuk pengelolaan rantai pasokan beras berkelanjutan di Bangladesh dan model ini memfasilitasi identifikasi dan studi tentang komponen-komponen penting dari keseluruhan rantai pasokan, memungkinkan terciptanya jaringan rantai pasokan yang efisien dan berkelanjutan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengembangan model sebagai alat yang digunakan dalam melakukan simulasi peningkatan kualitas hasil panen padi digambarkan pada Gambar 3.1 berikut



Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian

3.1. Perumusan Masalah

Tahapan ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan memahami kondisi mengenai sistem pertanian dan tantangan terkait peningkatan kualitas hasil panen padi khususnya di Jawa Timur dalam upaya peningkatan produksi padi dalam mendukung ketahanan pangan. Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap masalah baik dari sisi faktor internal maupun faktor eksternal yang mempengaruhi kualitas hasil panen padi.

3.2. Kajian Pustaka

Pada tahapan ini kajian pustaka digunakan untuk memperkuat dasar teori untuk mendukung penelitian. Beberapa literatur yang mendukung penelitian ini diambil dari sumber yang berkaitan, seperti yang terdapat pada artikel jurnal yang relevan atau penelitian terdahulu yang membahas mengenai peningkatan kualitas hasil panen padi di sektor pertanian, khususnya di provinsi Jawa Timur.

3.3. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini pengumpulan data yang dilakukan menjadi tahapan yang cukup penting, karena data yang diperoleh akan dianalisis untuk mengembangkan dan mendiskusikan dynamics hypothesis. Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa cara seperti penggalian informasi dari berbagai sumber yang berkaitan seperti artikel atau jurnal, penelitian sebelumnya, situs bank data, pengamatan langsung, dan diskusi mengenai pendapat para pakar mengenai masalah dan tantangan yang dihadapi dalam kualitas produksi pertanian padi di Jawa Timur.

Data dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yaitu, data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini meliputi data produksi padi (ton), produktivitas padi (ton/ha), luas lahan padi (ha), luas area panen (ha) dan data lainnya yang terkait dengan tanaman beras yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur, Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur, dan Kementerian Pertanian. Data primer digunakan untuk keperluan pemodelan sistem, dimana data primer digunakan sebagai instrumen validasi dan membandingkan komponen dalam model dengan sistem yang sebenarnya. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi penelitian-penelitian terdahulu terkait dengan penerapan sistem dinamik dan kualitas hasil panen padi

serta peningkatan produksi padi. Data-data tersebut digunakan sebagai bahan untuk pembuatan model dan untuk keperluan referensi penelitian.

3.4. Pengembangan Model

Dalam tahapan pengembangan model sistem dinamik terdapat empat tahapan yang akan dilakukan yaitu problem articulation,

3.4.1 Boundary adequacy

Tahapan ini digunakan untuk membantu dalam mendefinisikan batasan model penelitian. Tahapan boundary adequacy test dilakukan dalam pemodelan untuk memastikan bahwa model sesuai untuk tujuan yang ditetapkan. Hal ini digunakan untuk membantu dalam mendefinisikan batasan model penelitian dengan mendaftar variabel apa saja yang perlu untuk dimasukkan dan dihilangkan dari model, diantaranya variabel yang masuk dalam faktor endogen, eksogen yang saling berpengaruh dan excluded. Jika struktur tambahan memiliki dampak yang signifikan pada perilaku model maka harus disertakan. Jika variabel tidak memiliki dampak dapat dihilangkan dari model (excluded), sehingga model mejadi lebih kecil dan lebih mudah untuk menjelaskan model (Stermann, 2000).

3.4.2 Pengembangan Causal Loop Diagram

Pada tahapan ini, setelah didapatkan variabel dan komponen terkait peningkatan kualitas hasil panen padi atau produksi padi, maka selanjutnya adalah melakukan pengembangan model. Dari model yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah peningkatan kualitas hasil panen padi.

3.4.3 Structural Validation

Dalam hal ini *structural validation* digunakan untuk memastikan model yang telah dibuat konsisten dan realistis serta dapat merepresentasikan sistem nyata atau belum. Untuk melakukan *structural validation* terdapat dua langkah yaitu melakukan pengembangan model berdasarkan variabel hasil studi literatur seperti pada Tabel 3.1. Langkah kedua dengan melakukan pengecekan terhadap sistem

nyata apakah sudah dapat terwakili oleh model yang telah dibuat dengan bantuan pendapat ahli dalam bidang pertanian.

3.5. Formulasi Model

Pada tahapan ini akan dilakukan formulasi model dari Causal Loop Diagram yang sudah dibuat, selanjutnya model tersebut akan digambarkan melalui diagram stock dan flow (flow diagram). Diagram tersebut bertujuan untuk memudahkan dalam merancang skenario yang akan dijalankan pada model tersebut serta melakukan analisis dari hasil output model. Dalam pembuatan flow diagram ini terdapat beberapa komponen diantaranya level, rate, auxiliary, source dan sink.

Selanjutnya dari tiap-tiap variabel pada model, dilakukan dengan cara memahami dan menguji konsistensi model apakah sudah sesuai dengan tujuan dan batasan sistem yang dibuat. Setelah model dibuat selanjutnya dilakukan tahap validasi dan model testing.

3.6. Validasi Model

Hasil dari model flow diagram yang sudah dibuat selanjutnya akan dilakukan proses Verifikasi dan Validasi. Verifikasi adalah proses pemeriksaan model simulasi konseptual ke dalam bahasa pemrograman secara benar (Law & Kelton, 2000). Verifikasi dilakukan dengan cara memeriksa formulasi yang sudah dibuat sudah sesuai hubungan variabel dengan variabel lain dan memeriksa satuan satuan variabel dalam model. Jika tidak terdapat kesalahan pada model, maka model telah terverifikasi. Selanjutnya dilakukan proses Validasi untuk menguji apakah model yang dibangun sudah sesuai dengan sistem nyata yang disimulasikan (Barlas, 1989). Pada penelitian ini *behavior validity test* digunakan dalam validasi model untuk menguji substansi model sesuai dengan tujuan model yang ingin dicapai. Menurut Barlas (Barlas, 1989) proses validasi dilakukan dengan dua cara pengujian yaitu validasi model dengan uji perbandingan rata-rata (mean comparison) atau dengan validasi model dengan uji perbandingan variasi amplitudo (% error variance). Model dikatakan valid apabila dalam uji perbandingan rata-rata (mean comparison) $E1 \leq 5 \%$ dan dalam uji perbandingan variasi amplitudo (% error variance) apabila $E2 \leq 30 \%$.

1. Uji Perbandingan Rata-rata (Mean Comparison)

$$E_1 = \left| \frac{\bar{S} - \bar{A}}{\bar{A}} \right| \quad (1)$$

Keterangan:

\bar{S} = Nilai rata-rata hasil simulasi

\bar{A} = Nilai rata-rata data

2. Uji Perbandingan Variasi Amplitudo (% Error Variance)

$$E_2 = \left| \frac{S_s - S_a}{S_a} \right| \quad (2)$$

Keterangan:

S_s = Standar Deviasi Model

S_a = Standar Deviasi Data

3.7. Skenario model

Pada tahapan ini, model yang telah dibuat diberi beberapa perlakuan dengan membuat skenario (eksperimen) pada pengolahan panen dan pascapanen padi untuk mendapatkan kualitas hasil panen yang baik. Pada tahap ini akan dilakukan simulasi untuk mengetahui proses yang akan dihasilkan, simulasi ini dilakukan dengan membandingkan beberapa kebijakan yang ingin diambil dan memastikan kebijakan mana yang memiliki skenario terbaik. Dua alternatif skenario yang bisa digunakan dalam sistem dinamik yaitu skenario parameter dan skenario struktur (Suryani, 2005)

1. Skenario Parameter

Skenario ini dilakukan dengan cara melakukan perubahan pada nilai parameter dari model yang sudah dibuat untuk mendapatkan hasil yang paling optimal atau sesuai dengan kebutuhan.

2. Skenario Struktur

Skenario ini dilakukan dengan cara melakukan perubahan sehingga di dapat struktur model yang baru dengan tujuan untuk mendapatkan peningkatan kinerja sistem dibandingkan sistem yang lama. Skenario jenis ini

memerlukan pengetahuan yang cukup tentang sistem supaya struktur baru yang terbentuk dapat memperbaiki kinerja sistem.

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka model yang dibangun akan dilakukan skenario pada pengolahan panen dan pascapanen padi untuk mendapatkan kualitas hasil panen yang baik.

3.8. Analisis Interpretasi Hasil

Hasil dari skenario model kemudian di analisa untuk menentukan variabel yang berpengaruh secara signifikan pada hasil yang diinginkan. Pada tahapan ini dapat diputuskan kebijakan yang terbaik dalam meningkatkan kualitas hasil panen padi khususnya di Jawa Timur dalam upaya peningkatan produksi padi dalam mendukung ketahanan pangan.

3.9. Membuat Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan selanjutnya akan dilakukan kesimpulan hasil yang diperoleh dan kemudian memberikan saran-saran yang berkaitan dengan penelitian selanjutnya.

3.10. Rencana Penelitian

Aktivitas penelitian ini direncanakan berlangsung selama kurang lebih sembilan bulan dengan jadwal pelaksanaan seperti pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3. 1 Rencana Penelitian

Kegiatan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agus	Sep	Okt
Pengumpulan Data	■	■							
Membuat Kausatik Model			■	■					
Pengembangan Stock & Flow Diagram				■	■				
Validasi Model			■	■	■	■			
Skenario Model							■	■	
Analisis Hasil Simulasi									■
Dokumentasi	■	■	■	■	■	■	■	■	■

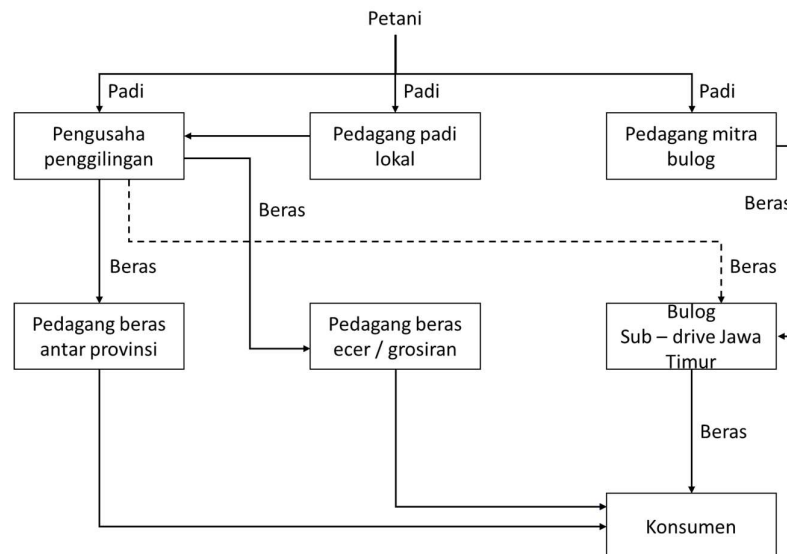
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai pengembangan model peningkatan kualitas hasil panen padi di Jawa Timur. Dalam penelitian ini pengembangan model dilakukan dengan menganalisis kondisi saat ini dan mengumpulkan data terkait variable yang signifikan.

4.1 Identifikasi Rantai Pasok Padi

Rantai pasok adalah serangkaian proses bisnis dalam suatu rantai pasokan yang terlibat, melalui hulu dan hilir, dalam proses yang berbeda dan kegiatan yang menghasilkan nilai dalam bentuk produk dan jasa di tangan pelanggan utama atau konsumen (Nee, Hui 2015). Jaringan terdiri dari organisasi terhubung dan saling bergantung. Hulu berkaitan dengan hubungan antara organisasi dan para pemasok. Hilir berkaitan dengan hubungan antara organisasi dan pelanggannya. Rantai pasokan keberhasilan disebabkan oleh prioritas memberikan kualitas, harga, pengiriman tepat waktu dan hubungan dengan pemasok. Berikut merupakan gambaran rantai pasok padi di Jawa Timur ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Rantai Pasok Pertanian

Berdasarkan pengumpulan data yang dilakukan melalui beberapa cara seperti wawancara untuk mendapatkan informasi mengenai sistem rantai pasok beras di Jawa Timur teridentifikasi memiliki pelaku-pelaku usaha, yang terdiri atas: petani, pedagang gabah (tingkat desa, kabupaten, dan provinsi), pengusaha penggilingan, pedagang beras (grosir, eceran, dan provinsi), BULOG, dan konsumen. Hasil panen padi petani dalam bentuk gabah kering panen (GKP) dibeli pedagang gabah lokal (tingkat desa/kabupaten/provinsi), hasil pembelian gabah kering panen dijual kepada unit penggilingan padi. Proses pengeringan gabah kering panen (GKP) menjadi Gabah Kering Giling (GKG) pada umumnya dilakukan oleh penggilingan padi karena mempunyai lantai jemur yang cukup luas dan gudang penyimpanan gabah yang cukup besar. Selanjutnya gabah kering giling (GKG) digiling sehingga menghasilkan beras, setelah itu beras dijual dalam pasar melalui pedagang beras (grosir, eceran, dan provinsi). Sebagian besar pedagang beras grosiran menjual kepada supermarket. Sedangkan kebanyakan konsumen membeli beras dari pedagang beras eceran. Peranan BULOG dalam rantai pasok ini adalah menyimpan beras hasil pembelian dari usaha penggilingan padi sebagai Cadangan Beras Nasional.

4.2 Pengumpulan Data

Selain itu data historis yang digunakan dalam pengembangan model ini antara tahun 2007 sampai 2018 meliputi data produksi padi (ton), produktivitas padi (ton/ha), luas panen (ha), rendemen padi (persen), dan populasi penduduk Jawa Timur yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur.

4.2.1. Data Luas Panen dan Produksi Padi

Data historis mengenai luas panen dan produksi padi dari tahun 2007 sampai 2018 mengalami perubahan naik turun, di mana rata-rata luas panen dalam kurun waktu tersebut sebesar 2.009.788 Ha dan produksi sebesar 11.722.109 Ton. Data mengenai luas panen dan produksi padi dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Data Luas Panen dan Produksi

Tahun	Luas Panen (Hektar)	Produksi (Ton)
2007	1.736.048	9.402.029
2008	1.774.884	10.474.773
2009	1.904.830	11.259.085
2010	1.963.983	11.643.773
2011	1.926.796	10.576.543
2012	1.975.719	12.198.707
2013	2.037.021	12.049.342
2014	2.072.630	12.397.049
2015	2.152.070	13.154.967
2016	2.278.460	12.726.463
2017	2.285.232	13.060.464
2018	2.275.884	12.917.622

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur

4.2.2. Data Produktivitas Padi

Data historis mengenai produktivitas padi dari tahun 2007 sampai 2018 mengalami perubahan naik turun. Di mana produktivitas padi merupakan produksi padi per satuan luas lahan panen dan diukur dalam satuan ton/ha. Selama kurun waktu tersebut rata-rata produktivitas padi sebesar 5.8 ton/ha. Data mengenai produktivitas padi dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Data Produktivitas Padi

Tahun	Produktivitas
2007	5.42
2008	5.90
2009	5.91

2010	5.93
2011	5.49
2012	6.17
2013	5.92
2014	5.98
2015	6.11
2016	5.59
2017	5.72
2018	5.68

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur

4.2.3. Data Luas Lahan Padi

Data historis mengenai luas lahan padi dari tahun 2007 sampai 2018 mengalami penurunan di setiap tahun. Di mana luas padi merupakan total lahan yang dapat ditanami padi. Data mengenai luas lahan padi dengan satuan hektar dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Data Luas Lahan Padi

Tahun	Luas Lahan
2007	1.096.605
2008	1.108.578
2009	1.100.517
2010	1.107.276
2011	1.106.449
2012	1.105.550
2013	1.102.921
2014	1.101.765
2015	1.091.752
2016	1.089.834

2017	1.087.919
2018	1.067.484

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur

4.2.4. Data Populasi

Data historis mengenai populasi dari tahun 2007 sampai 2018 mengalami peningkatan di setiap tahun. Di mana pada tahun 2010 sampai 2018 laju pertumbuhan penduduk sebesar 0.64% dan pada tahun 2016 sampai 2017 sebesar 0.56%. Data mengenai populasi penduduk di Jawa Timur dilihat pada Tabel 4.4.

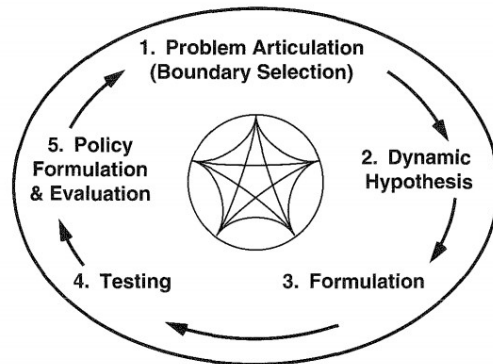
Tabel 4. 4 Data Populasi

Tahun	Populasi
2007	36.506.003
2008	37.100.570
2009	37.310.619
2010	37.565.706
2011	37.840.657
2012	38.106.590
2013	38.363.195
2014	38.610.202
2015	38.847.561
2016	39.075.152
2017	39.292.972
2018	39.629.368

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur

4.3 Pengembangan Model Penelitian

Pengembangan model penelitian ini terdiri dari 5 tahapan (Stermann, 2000) diantaranya problem articulation, dynamics hypothesis, formulating a simulation model, testing, dan policy design and evaluation. Berikut merupakan tahapan pemodelan berdasarkan Stermann (Stermann, 2000) pada gambar 4.2.



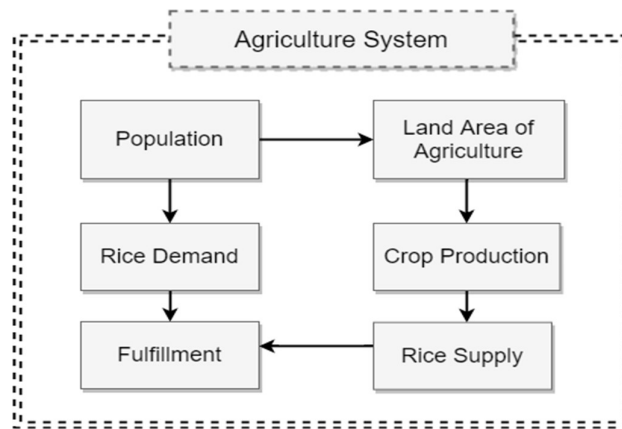
Gambar 4. 2 Tahapan Pemodelan (Sternan, 2000)

Langkah pertama problem articulation untuk mendefinisikan permasalahan dalam sistem pertanian padi di Jawa Timur. Langkah kedua formulating a dynamics hyphotesis untuk merumuskan hipotesis awal untuk membentuk proses pemodelan meliputi pembuatan subsystem diagram pertanian, model boundary chart pertanian, causal loop diagram, dan stock and flow. Langkah ketiga formulating a simulation model untuk menguji hypothesis dari causal loop diagram dengan persamaan, parameter dan kondisi existing pada sistem pertanian di Jawa Timur. Langkah keempat testing meliputi pengujian membandingkan model simulasi dengan sistem sebenarnya. Langkah kelima adalah policy design and evaluation mencakup pembuatan strategi, struktur, dan aturan keputusan yang sepenuhnya baru.

4.4. Problem Articulation

Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu penyangga pangan nasional yang mampu mencukupi ketersediaan di wilayahnya sendiri dan mampu berkontribusi kepada wilayah lain. Tercatat provinsi Jawa Timur mampu memasok lebih dari 17 persen beras nasional dan menyuplai kebutuhan beras di 15 provinsi lain melalui move nasional Bulog (BPS, 2012). Beberapa tantangan di hadapi oleh pertanian di Jawa Timur diantaranya konversi lahan pertanian di Jawa Timur semakin meningkat setiap tahunnya. Beberapa lahan sawah dikonversi terus menerus untuk pembangunan non pertanian maupun pertanian lain. Seiring dengan pertambahan penduduk yang makin kuat menyebabkan kebutuhan pemenuhan

pangan meningkat. Selain itu kenutuhan lahan untuk pemukiman penduduk terus meningkat. Demikian pula pertumbuhan industri menimbulkan permintaan akan lahan sawah dimana kondisi infrastrukturnya sudah baik. Pembangunan jalan raya dan tol juga memerlukan lahan pertanian yang sangat luas. Pertumbuhan produksi padi di Jawa Timur lebih mengandalkan peningkatan luas areal panen, baik melalui perluasan areal sawah maupun peningkatan intensitas pertanaman (IP). Dengan kata lain, pertanian padi boros lahan. Sehingga hal ini harus diubah menjadi lebih tergantung pada produktivitas karena ketersediaan lahan makin terbatas. Berikut merupakan gambaran dari blok diagram pada sistem pertanian padi ditunjukkan pada gambar 4.3



Gambar 4. 3 Blok Diagram

Rata-rata produktivitas lahan di Jawa Timur dari tahun 2007 - 2018 sebesar 5.8 ton/ha. Rata-rata produktivitas tersebut masih dibawah produktivitas lahan di Jawa Timur pada tahun 2012 dan 2015 yang mencapai 6.1 ton/ha. Kecukupan air irigasi merupakan faktor yang sangat esensial dalam proses produksi padi sawah untuk menjamin produktivitas yang tinggi. Kelemahan sistem pertanian yang lain adalah banyaknya infrastruktur irigasi, seperti bendungan, saluran, dan pintu-pintu air yang rusak karena berbagai sebab sehingga tidak berfungsi secara baik. Ancaman berupa perubahan cuaca dan iklim yang tidak menentu mengakibatkan beberapa serangan hama dan penyakit lainnya sehingga dapat mengganggu produktivitas padi. Serangan penyakit dapat mengakibatkan kehilangan hasil hingga 50 %, sehingga mengakibatkan kerugian yang cukup besar

bagi petani. Pihak investor swasta, baik domestik maupun asing, masih belum tertarik untuk menanamkan modalnya pada kegiatan produksi padi. Hal ini disebabkan kegiatan produksi padi mempunyai risiko yang relatif tinggi karena faktor alam seperti kekeringan atau banjir dan faktor biologis karena gangguan hama/penyakit dibanding tanaman lain, utamanya perkebunan (Tani, 2016).

Pada sisi penanganan pasca panen kehilangan hasil panen padi masih sangat tinggi sebesar 18,75 persen. Persentase tertinggi terjadi pada aktivitas pemanenan sebesar 9,41 persen, diikuti aktivitas perontokan padi 4,42 persen, penggilingan padi 2,24 persen, penjemuran 1,78 persen, penyimpanan 0,67 persen, dan pengangkutan 0,23 persen. Pada fase pasca panen padi, tingkat kehilangan hasil masih tinggi dan mutu hasil belum optimal. Teknologi perontokan gabah masih banyak yang menggunakan cara manual yaitu digepyok pengeringan gabah pada musim hujan terkendala oleh kurangnya sinar matahari, sementara mesin pengering (dryer) belum banyak tersedia secara lokal. Penanganan pasca panen yang tidak tepat selain menjadi penyebab kehilangan hasil juga menentukan kualitas gabah, baik gabah untuk konsumsi menjadi beras, maupun gabah untuk benih. Oleh karena itu perlu adanya kebijakan yang mampu menciptakan sistem inovasi nasional dalam upaya perbaikan teknologi dan manajemen budidaya dan penanganan pasca panen padi.

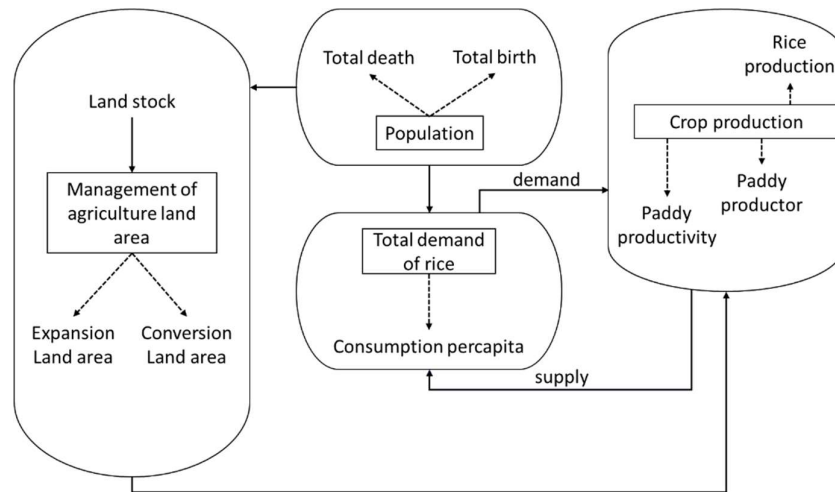
4.5. Dynamics Hypothesis

Setelah masalah telah diidentifikasi dan ditandai di atas cakrawala yang tepat, pemodel harus mulai mengembangkan teori, yang disebut "dinamika hypothesis" untuk memperhitungkan perilaku yang bermasalah. Hipotesis Anda adalah dinamika karena harus memberikan penjelasan mengenai dinamika characterixing masalah dalam hal yang mendasari umpan balik dan stock dan aliran struktur sistem. Itu adalah hypothesis karena selalu sementara, tunduk pada revisi atau ditinggalkan ketika Anda belajar membentuk proses pemodelan dan membentuk dunia nyata.

4.5.1 Subsystem Diagram

Berdasarkan faktor-faktor yang dipilih di atas, setelah analisis kompleks hubungan antara subsistem, diagram aliran lima sub-sistem ini diperoleh

menggunakan program perangkat lunak vensim, yang merupakan paket perangkat lunak simulasi untuk meningkatkan kinerja sistem nyata, yang digunakan untuk mengembangkan, menganalisis, dan Kemas sys-tems model umpan balik dinamis. Diagram dan persamaan model menggambarkan perilaku internal dari masing-masing subsys-tem dan hubungan antara faktor-faktor dan subsistem lainnya ditunjukkan sebagai bahan-bahan tambahan. Berikut merupakan gambaran subsystem dalam pertanian ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Subsystem Diagram

a. Population and demand subsystem

Populasi penduduk dalam suatu negara dipengaruhi oleh total kelahiran dan total kematian penduduk. Tingkat kelahiran dan kematian penduduk terkait dengan jumlah penduduk dengan cara yang spesifik. Semakin bertambahnya populasi penduduk maka akan mempengaruhi jumlah ketersediaan lahan terutama lahan pertanian. Populasi penduduk mempengaruhi jumlah kebutuhan pangan beras, dimana permintaan beras dihitung dari total konsumsi beras per kapita dan tingkat populasi (Bala, et al., 2017).

b. Land area subsystem

Luas area padi dipengaruhi oleh tingkat pembukaan lahan dan luas tanah konversi lahan padi. Seiring dengan peningkatan populasi menjadikan sumber daya

lahan terbatas. Ketika konversi lahan terjadi di area lahan padi, hal ini akan mempengaruhi jumlah padi ketersediaan lahan, yang juga akan mempengaruhi luas area panen. Konversi lahan padi karena perubahan lahan menjadi perumahan penduduk, industri dan fasilitas lainnya. Namun, jika ada pembukaan lahan baru sebagai area lahan padi, hal ini akan meningkatkan ketersediaan luas area padi serta akan mempengaruhi besaran luas lahan dan produksi pertanian yang dihasilkan.

c. Crop production subsystem

Perencanaan dan pengelolaan rantai pasokan beras adalah sebuah tantangan untuk ketahanan pangan sejak produksi beras dipengaruhi ketersediaan luas lahan pertanian dan kebutuhan konsumsi per kapita beras yang dipengaruhi oleh pertumbuhan populasi. Selain itu hasil produksi beras juga dipengaruhi oleh produktifitas lahan dan produksi padi, hal ini yang mempengaruhi produktifitas adalah dampak iklim dan cuaca antara lain faktor suhu dan curah hujan sepanjang tahun.

4.5.2 Model Boundary Chart

Tahapan ini dilakukan dalam pemodelan untuk memastikan bahwa model sesuai untuk tujuan yang ditetapkan. Hal ini digunakan untuk membantu dalam mendefinisikan batasan model penelitian dengan mendaftar variabel apa saja yang perlu untuk dimasukkan dan dihilangkan dari model, diantaranya variabel yang masuk dalam faktor endogen, eksogen yang saling berpengaruh dan excluded. Hasil pengujian memungkinkan mengumpulkan bukti bahwa faktor penting dan parameter menentukan perilaku dinamis sistem yang sebenarnya termasuk dalam model dan bahwa batas-batas dan tingkat detail menggambarkan sistem nyata dengan memadai (Dace, Elina 2015). Jika struktur tambahan memiliki dampak yang signifikan pada perilaku model maka harus disertakan. Jika variabel tidak memiliki dampak dapat dihilangkan dari model (excluded), sehingga model mejadi lebih kecil dan lebih mudah untuk menjelaskan model (Stermann, 2000). Mengembangkan daftar komponen utama sebuah sistem dan menjelaskan interaksi tiap komponen dapat dikumpulkan dari tinjauan literature dan wawancara terhadap

ahli bidang tersebut. Batasan sistem untuk model sistem pertanian dalam upaya peningkatan kualitas hasil panen padi ditunjukkan pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Model Boundary Chart

Endogenous	Exogenous	Excluded
<i>Rice production</i> (Kraehmer, et al., 2017; Panuju, et al., 2013)	<i>Population</i> (Stuart, et al., 2018; Oort, et al., 2015; Timsina, et al., 2018;	<i>Price rice</i> (Arshad & Hameed, 2010; Hoang & Meyers, 2015; John, 2013; Wibowo, et al., 2015)
<i>Rice needs per capita</i> (Suryani, et al., 2014; Tun & Kang, 2015; Debnath, et al., 2018)	<i>Birth rate</i> ((Stuart, et al., 2018; Oort, et al., 2015; Timsina, et al., 2018)	<i>Domestic market</i> (Hoang, Hoa K dan Meyers, William H., 2015 ; John, A., 2013)
<i>Paddy productivity</i> (Suryani, et al., 2014; Stuart, et al., 2018). <i>Cropping Intensity</i> (Nie & Peng, 2017; Bala, et al., 2014; Milovanovic & Smutka, 2018; Timsina, et al., 2018; Asnawi, 2017)	<i>Death rate</i> ((Stuart, et al., 2018; Oort, et al., 2015; Timsina, et al., 2018) <i>Pest</i> (Stuart, et al., 2018; Mohamed, et al., 2016) <i>Rainfall</i> (Olayide, et al., 2016; Niang, et al., 2017)	<i>Climate change</i> (Lim-Camacho, et al., 2017; My, Nguyen H.D. et al., 2018) <i>Government regulations regarding the use of land</i>
<i>Paddy variety</i> (Stuart, et al., 2018) and <i>Irrigation</i> (Olayide, et al., 2016; Niang, et al., 2017). <i>Fertilizer management</i> (Berkhout, et al., 2015; Banayo, et al., 2018). <i>Rendement</i> (Hasbullah & Dewi, 2009; Maulana, 2012). <i>Post harvest losses</i> (Hasbullah & Dewi, 2009; Hasbullah & Indaryani, 2009). <i>Paddy land area</i> (Suryani, et al., 2014; Thongrattana & Robertson, 2008). <i>Paddy harvest area</i> (Suryani, et al., 2014)	<i>Expansion land area</i> (Suryani, et al., 2014; Hidayat, 2014; Thongrattana & Robertson, 2008) <i>Conversion Land Area</i> (Ismail & Ngadiman, 2017; Suryani, et al., 2014; Hidayat, 2014)	

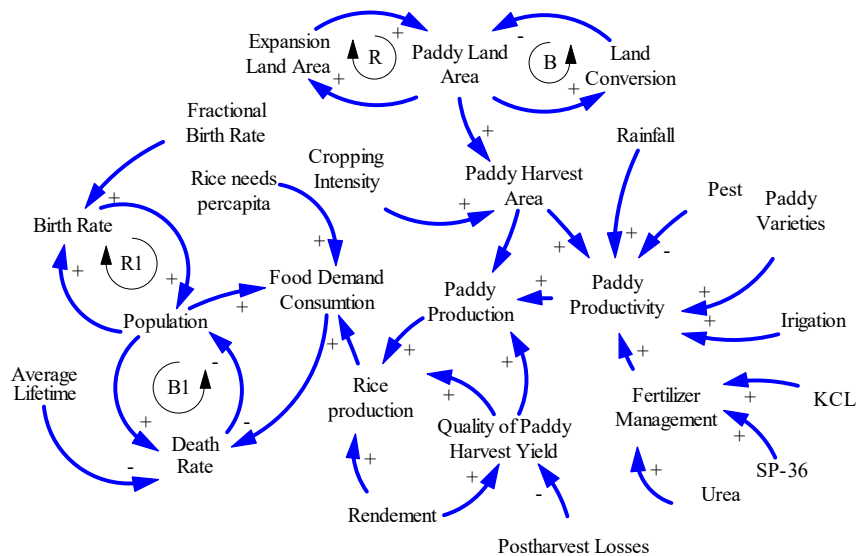
Dalam dinamika model pertanian kondisi seperti pasar domestik (Hoang, Hoa K dan Meyers, William H., 2015 ; John, A., 2013) dan efek harga beras

(Arshad & Hameed, 2010; Hoang & Meyers, 2015; John, 2013; Wibowo, et al., 2015) juga mempengaruhi tingkat konsumsi permintaan makanan. Harga beras dan beberapa hal yang mempengaruhi seperti informasi pasar, masalah pemasaran, kompetisi penjualan tinggi dan ketidakpastian dalam permintaan pasar dikecualikan dari model. Kondisi probabilitas seperti perubahan kondisi iklim dan cuaca dikecualikan dalam model. Peraturan pemerintah daerah mengenai penggunaan tanah juga dikecualikan dalam model. Populasi dimasukkan dalam variabel eksogen untuk menghitung jumlah permintaan beras setiap tahunnya.

Populasi diambil dari total penduduk di Jawa Timur dalam sepuluh tahun terakhir. Kebutuhan beras per orang dipilih sebagai variabel eksogen karena tidak mengubah model secara significant. Konversi area lahan padi dimasukkan dalam variabel eksogen untuk mengetahui berapa hektar rata-rata lahan pertanian yang dialih fungsikan untuk keperluan lain. Selain itu serangan hama dan tingkat curah hujan merupakan variabel eksogen yang mempengaruhi produktivitas pertanian. Nilai awal luas panen dan produktivitas dimasukkan ke dalam model sebagai nilai awal untuk menghasilkan produksi padi dan beras yang diharapkan. Luas lahan padi, intensitas tanam, varietas padi, irigasi, pemupukan, rendemen, dan susut hasil merupakan faktor-faktor relevan dengan tujuan model dan dipilih sebagai variabel endogen di model pertanian.

4.5.3 Causal Loop Diagram

Pada tahapan ini, setelah didapatkan variabel dan komponen terkait peningkatan kualitas hasil panen padi atau produksi padi, maka selanjutnya adalah melakukan pengembangan model. Dari model yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah peningkatan kualitas hasil panen padi. Berikut merupakan perumusan hubungan dan keterkaitan antar variabel dalam peningkatan kualitas hasil panen padi dalam Causal Loop Diagram seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Causal Loop Diagram

Permintaan beras (food demand consumption) dipengaruhi oleh produksi beras dan kebutuhan beras per kapita dari setiap orang. Populasi merupakan faktor yang mempengaruhi konsumsi permintaan beras. Penduduk itu sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tingkat kelahiran (R1) dan tingkat kematian (B1). Luas area padi terdiri dari balancing loop (B) dan reinforcing loop (R). Luas area padi dipengaruhi oleh tingkat pembukaan lahan dan luas tanah konversi lahan padi. Seiring dengan peningkatan populasi menjadikan sumber daya lahan terbatas. Ketika konversi lahan terjadi di area lahan padi, hal ini akan mempengaruhi jumlah padi ketersediaan lahan, yang juga akan mempengaruhi luas area panen (B). Konversi lahan padi karena perubahan lahan menjadi perumahan, industri dan fasilitas lainnya. Namun, jika ada pembukaan lahan baru sebagai area lahan padi, hal ini akan meningkatkan ketersediaan luas area padi serta akan mempengaruhi besaran luas panen yang dihasilkan (R).

Produktivitas padi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya (1) luas lahan adalah persentase dari total lahan yang dapat ditanami padi atau digunakan permanen untuk pertanian padi; (2) penentuan varietas benih memiliki peran yang sangat penting karena menentukan keunggulan komoditas. Bibit unggul digunakan agar tahan terhadap penyakit dan perubahan iklim yang terjadi. (3) intensitas tanam

dengan meningkatkan jumlah tanaman yang ditanam sebidang tanah yang sama dapat membantu dalam meningkatkan produktivitas padi; (4) pemupukan untuk memenuhi nutrisi yang diperlukan, penggunaan pupuk adalah salah satu hal penting dalam budidaya padi; (5) saluran irigasi untuk mendukung pertanian. Jenis saluran irigasi termasuk irigasi permukaan, rawa irigasi, irigasi, pompa irigasi, dan irigasi air bawah tanah; (6) serangan hama, penggunaan pestisida adalah cara untuk mencegah tanaman beras dari diserang oleh hama, mengendalikan hama dilakukan harus memperhitungkan faktor ekologis agar tidak mengganggu keseimbangan alami.

Kualitas panen padi dipengaruhi oleh penanganan panen dan pascapanen. Penanganan tanaman sangat penting untuk mempertahankan kualitas dan kuantitas biji-bijian. Panen padi harus dilakukan pada saat yang tepat panen usia, menggunakan alat panen dan mesin yang digunakan untuk panen beras harus pencocokan jenis varietas padi untuk dipanen. Kualitas hasil panen padi dilihat dari jumlah panen padi yang dihasilkan, presentase kehilangan hasil, dan rendemen yang dihasilkan.

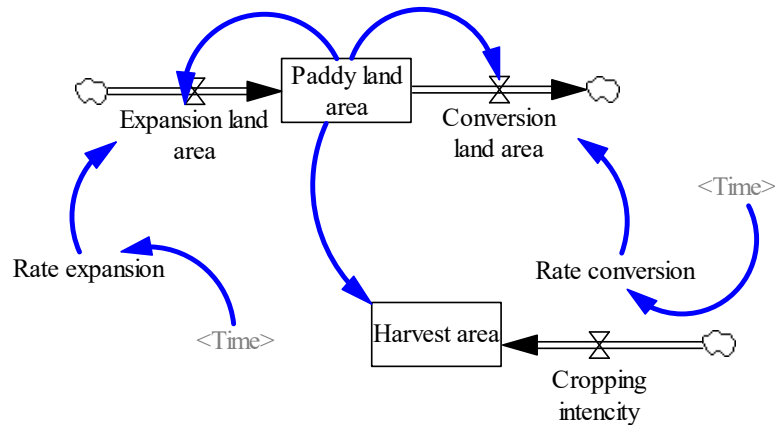
4.6 Formulasi Model

Simulasi adalah cara meniru perilaku fenomena atau proses. Tujuan dari model simulasi adalah untuk memahami fenomena atau proses, menganalisis, dan mengoptimalkan perilaku proses serta gejala atau perilaku untuk memprediksi masa depan. Setelah didapatkan hubungan antar variabel, selanjutnya dilakukan pembuatan stock and flow diagram dari masing-masing sub model. Tahap formulasi model dilakukan melalui proses memasukkan data dan informasi ke dalam sistem simbol dinamika seperti saham/tingkat, aliran/rate, auxiliary, dan konstanta. Hubungan diwakili dalam diagram dinyatakan dalam integral dan persamaan aljabar dan persamaan ini dipecahkan secara numerik untuk mensimulasikan perilaku dinamis (Sterman, 2000).

4.6.1. Sub Model Luas Lahan Padi dan Luas Panen

Luas lahan padi merupakan total dari beberapa lahan padi yang berada di Jawa Timur sedangkan luas area panen merupakan luas lahan padi yang dipanen

setelah tanaman tersebut cukup umur. Laju konversi lahan Jawa Timur sebagai sentra produksi padi pada tahun 2000 sampai 2014 mencapai 0.087% (Mulyani, et al., 2016). Setiap tahun di Jawa Timur terjadi alih fungsi lahan pertanian rata-rata 1.000 hektare (Bappeda Jatim, 2013). Ketika terjadi alih fungsi lahan pertanian akan mempengaruhi jumlah ketersediaan lahan padi, hal ini akan berpengaruh terhadap jumlah produksi padi yang dihasilkan. Konversi lahan pada area padi dapat berupa sebagai akibat dari perubahan pemanfaatan lahan sebagai area pembangunan perumahan, industri, dan fasilitas lainnya. Sub model luas lahan padi dan luas panen dipengaruhi oleh laju pembukaan lahan baru dan alih fungsi lahan. Luas area panen dipengaruhi oleh luas area lahan padi dan indeks penanaman. Semakin besar indeks penanaman akan menambah hasil panen padi dalam satu tahun pada satu lahan yang sama. Berikut adalah sub model luas lahan padi dan luas panen ditunjukkan pada Gambar 4.6



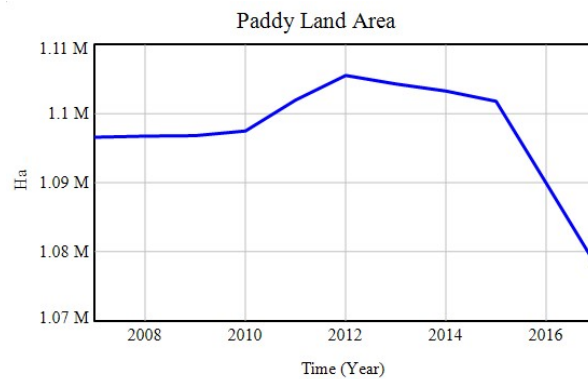
Gambar 4. 6 Sub Model Luas Lahan Padi dan Luas Panen

Dalam memasukkan data ke dalam model, maka dibutuhkan data berupa luas lahan padi dan luas lahan panen pada periode 2007 sampai 2018. Selanjutnya adalah menghitung pertumbuhan ekspansi lahan dan alih fungsi lahan setiap tahunnya dalam bentuk indeks. Persamaan dari variabel pada sub model luas lahan padi dan luas panen ditunjukkan dalam Tabel 4.6 sebagai berikut

Tabel 4. 6 Persamaan Sub Model Luas Lahan Padi dan Luas Panen

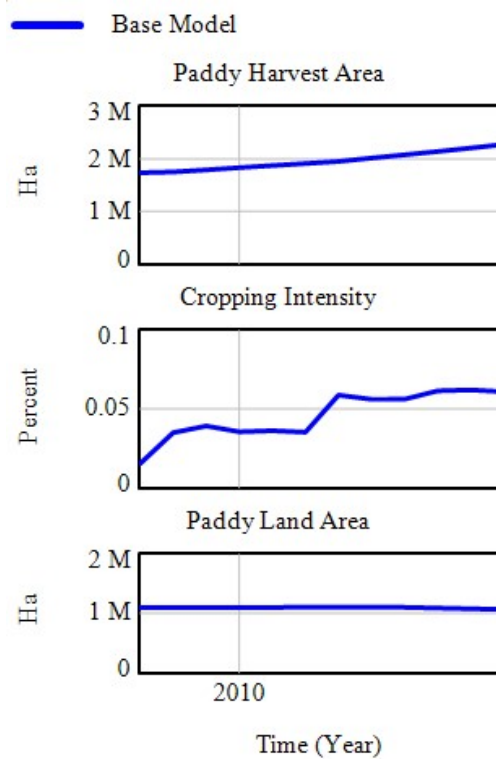
Variabel	Persamaan
<i>Paddy land area</i>	$Paddy\ land\ area\ (t) = Paddy\ land\ area\ (t - dt) + (expansion\ land\ area - conversion\ land\ area) * dt$ <i>Initial value: 1.096.605</i>
<i>Expansion land area</i>	<i>Rate expansion area x Paddy land area</i>
<i>Conversion land area</i>	<i>Rate conversion area x Paddy land area</i>
<i>Paddy harvest area</i>	$Paddy\ harvest\ area\ (t) = Paddy\ harvest\ area\ (t - dt) + (paddy\ land\ area * cropping\ intensity) * dt$ <i>Initial value: 1.736.048</i>

Berikut ini merupakan hasil simulasi dari sub model luas lahan padi dan luas panen pada tahun 2007 sampai 2018. Luas lahan padi mengalami peningkatan pada tahun 2008 dan mengalami penurunan terus menerus pada tahun 2010 sampai 2018. Grafik hasil simulasi pada luas lahan padi ditunjukkan pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Simulasi Luas Lahan Padi

Luas panen padi mengalami peningkatan pada tahun 2008 dan mengalami peningkatan terus menerus dari tahun 2007 sampai 2018. Grafik hasil simulasi pada luas panen padi ditunjukkan pada Gambar 4.4 berikut.



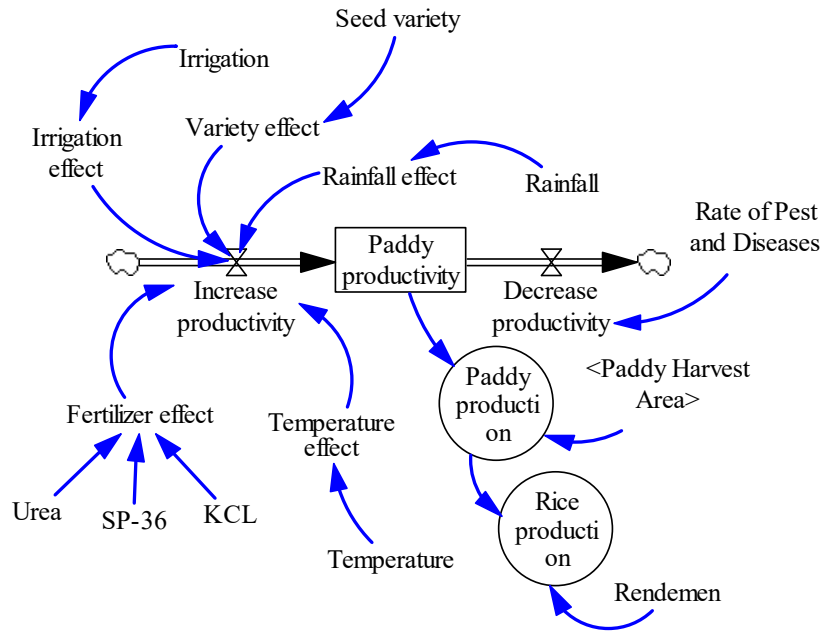
Gambar 4. 8 Grafik Hasil Simulasi Luas Panen

Dari grafik yang ditunjukkan Gambar 4.8 dapat diketahui bahwa meskipun luas lahan padi setiap tahun mengalami penurunan hal ini berbeda dengan luas lahan panen yang mengalami kenaikan karena pengaruh dari indeks penanaman yang mengalami kenaikan setiap tahun.

4.6.2. Sub Model Produktivitas dan Produksi Padi

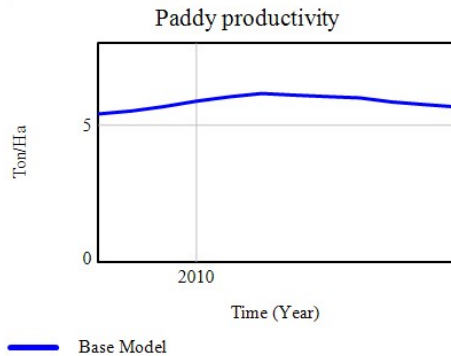
Produktivitas padi adalah produksi padi per satuan luas lahan yang digunakan dalam berusaha tani padi. Menurut Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Jawa Timur (2019), tingkat produktivitas padi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya penggunaan varietas bibit unggul sebesar 18 persen, ketersediaan air sebagai irigasi sebanyak 20 persen, takaran penggunaan pupuk sebesar 30 persen, dan sisanya merupakan faktor eksternal seperti temperature dan curah hujan yang mempengaruhi 20 persen produktvitas padi. Penentuan jenis bibit unggul yang digunakan akan membantu dalam meningkatkan produktifitas,

penentuan bibit unggul biasanya akan tahan terhadap penyakit dan perubahan iklim (Stuart, et al., 2018). Berikut adalah sub model produktivitas dan produksi padi yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.



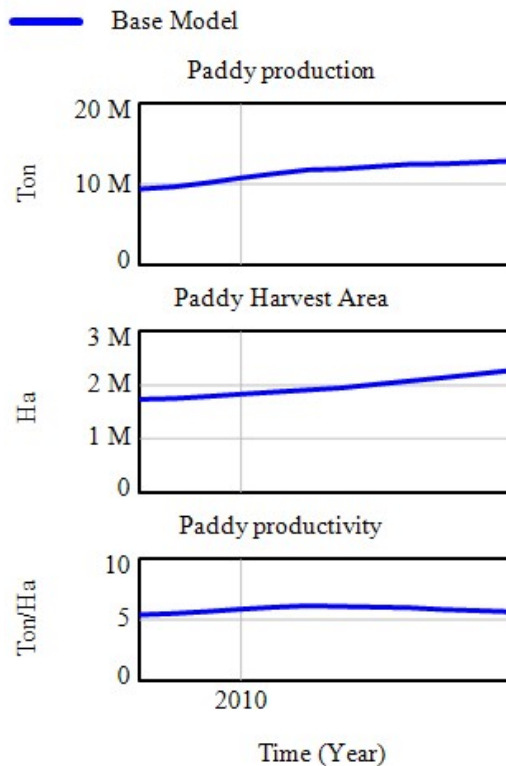
Gambar 4. 9 Sub Model Produktivitas dan Produksi Padi

Dalam menghitung tingkat produktivitas didapatkan dari laju peningkatan produktivitas dikurangi laju penurunan produktivitas. Berikut ini merupakan hasil simulasi dari sub model produktivitas dan produksi padi pada tahun 2007 sampai 2018. Produktivitas padi mengalami peningkatan pada tahun 2012. Grafik hasil simulasi pada produktivitas padi dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut



Gambar 4. 10 Grafik Hasil Simulasi Produktivitas Padi

Tingkat produktivitas dan luas panen akan mempengaruhi tingkat produksi padi di Jawa Timur. Semakin tinggi suatu produktivitas dan luas panen akan menambah jumlah produksi padi yang dihasilkan. Berikut merupakan grafik hasil simulasi pada produksi padi dan faktor yang mempengaruhinya ditunjukkan pada Gambar 4.11 berikut.



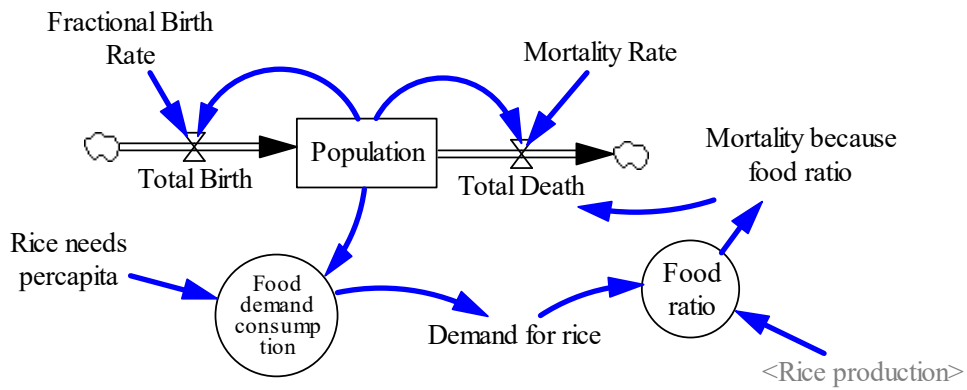
Gambar 4. 11 Grafik Produksi Padi

Dari grafik yang ditunjukkan Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa meskipun produktivitas padi mengalami fluktuatif setiap tahunnya hal ini tidak berpengaruh pada tingkat produksi padi yang cenderung menunjukkan peningkatan setiap di tahunnya.

4.6.3. Sub Model Populasi dan Permintaan Beras

Sub model populasi dan permintaan beras digunakan untuk memperkirakan permintaan beras di Jawa Timur. Jumlah permintaan beras di Jawa Timur dipengaruhi oleh konsumsi per kapita dan jumlah penduduk pada tahun tertentu. Populasi penduduk sendiri dipengaruhi oleh angka kelahiran (fertilitas)

dan kematian. Tercatat populasi penduduk di Jawa Timur mengalami peningkatan disetiap tahunnya. Populasi penduduk mengalami kenaikan dengan rata rata 278.696 jiwa pada periode 2007 sampai 2017. Angka fertilitas di Jawa Timur maksimal 2,45 dan minimal sebesar 1,52. Angka fertilitas total terkecil dicapai oleh Kabupaten Sumenep dengan TFR sebesar 1,52 dan yang tertinggi adalah Kabupaten Sampang dengan TFR 2,45. Konsumsi beras di Jawa Timur sebesar 91,26 kg per kapita per tahun dan cenderung turun menjadi 88 kg per kapita per tahun (Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur, 2016). Berikut adalah sub model populasi dan permintaan beras yang ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Sub Model Populasi dan Permintaan Beras

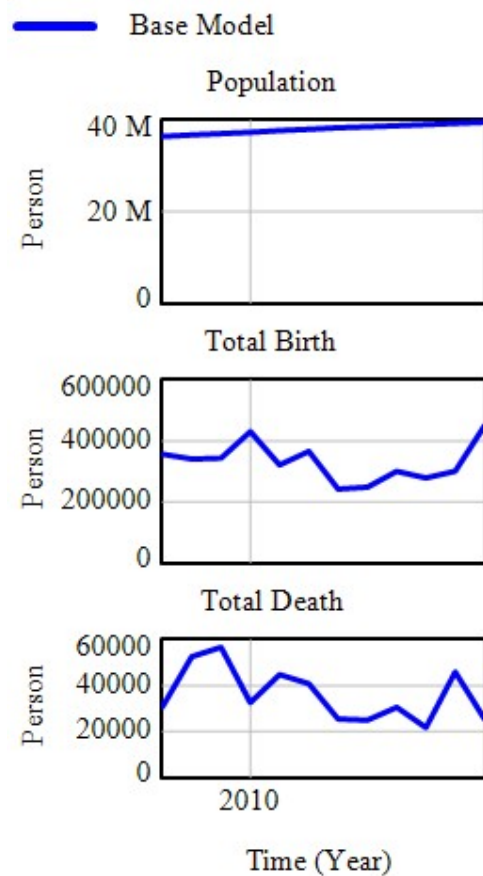
Dalam memasukkan data ke dalam model, maka dibutuhkan data berupa populasi penduduk pada periode 2007 sampai 2018. Selanjutnya adalah menghitung laju kelahiran dan laju kematian setiap tahunnya dalam bentuk indeks. Persamaan dari variabel pada sub model populasi dan permintaan beras ditunjukkan dalam Tabel 4.7 sebagai berikut

Tabel 4. 7 Persamaan Sub Model Populasi dan Permintaan Beras

Variabel	Persamaan
Population	$Population(t) = Population(t - dt) + (total\ birth - total\ death) * dt$ <p>Initial value: 36.506.003</p>

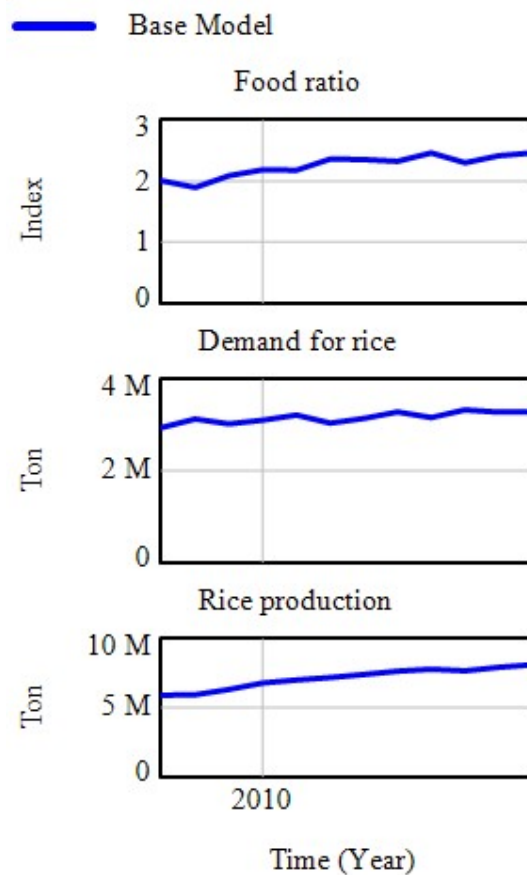
<i>Food demand consumption</i>	<i>Rice needs per capita x population</i>
<i>Fractional birth rate</i>	Pertumbuhan angka kelahiran dari tahun 2007 sampai 2018 dalam persen
<i>Mortality rate</i>	Pertumbuhan angka kematian dari tahun 2007 sampai 2018 dalam persen
<i>Rice needs per capita</i>	Konsumsi beras dari tahun 2007 sampai 2018 dalam ton per tahun
<i>Food ratio</i>	<i>Rice production : Food demand consumption</i>

Berikut ini merupakan hasil simulasi dari sub model populasi dan permintaan beras pada tahun 2007 sampai 2018. Peningkatan penduduk terjadi setiap tahun . Grafik hasil simulasi pada sub model populasi ditunjukkan pada Gambar 4.13 berikut



Gambar 4. 13 Grafik Sub Model Populasi

Konsumsi beras di Jawa Timur sebesar 91,26 kg per kapita per tahun dan cenderung turun menjadi 88 kg per kapita per tahun (Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur, 2016). Berikut merupakan hasil simulasi base model tahun 2007 sampai 2018 mengenai produksi beras, permintaan beras, dan rasio pemenuhan pangan ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Grafik Food Ratio

4.7 Validation and Model Testing

Terdapat dua metode pengujian untuk memastikan bahwa model yang dibangun mewakili sistem nyata. Pengujian pertama adalah structural validation pada stok and flow diagram dari model yang telah dibangun. Pengujian structural digunakan untuk menentukan kredibilitas model yang dibangun dan dilakukan oleh

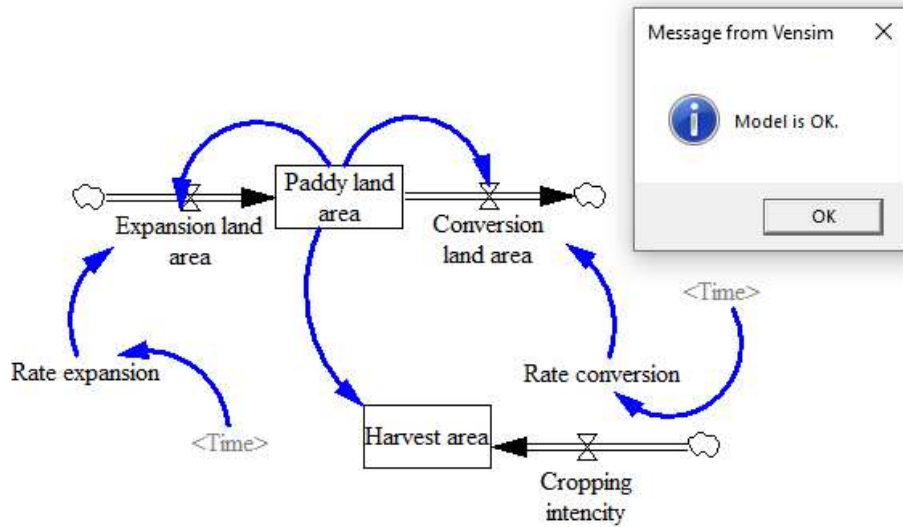
para ahli untuk menilai urutan dan persamaan variabel yang benar (Stermann, 2000). Pengujian structural dilakukan untuk memastikan semua variabel saling berhubungan, dan tidak ada yang dihentikan (Mudjahidin, 2019). Selain itu pengujian structural harus jelas antara hubungan setiap variabel dalam bentuk feedback dan satuan unit yang tepat (Stermann, 2000). Pengujian kedua adalah behavior validity test digunakan dalam validasi model untuk menguji substansi model sesuai dengan tujuan model yang ingin dicapai. Menurut Barlas (Barlas, 1989) proses validasi dilakukan dengan dua cara pengujian yaitu validasi model dengan uji perbandingan rata-rata (mean comparison) atau dengan validasi model dengan uji perbandingan variasi amplitudo (% error variance). Model dikatakan valid apabila dalam uji perbandingan rata-rata (mean comparison) $E1 \leq 5\%$ dan dalam uji perbandingan variasi amplitudo (% error variance) apabila $E2 \leq 30\%$.

4.5.1. Structural Assessment

Berdasarkan stok and flow diagram yang telah dibuat (Gambar 4.6; Gambar 4.9; Gambar 4.12) hasil pengujian structural dilakukan dengan para ahli dalam bidang pertanian menyatakan bahwa model yang telah dibuat dapat memecahkan masalah pertanian padi di Jawa Timur. Dalam wawancara terhadap para ahli mereka memberikan pernyataan bahwa “Model ini dapat digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan pangan, populasi penduduk, dan produksi beras secara dinamis”. Selanjutnya ahli merekomendasikan bahwa struktur yang terdapat dalam model sudah benar terdiri dari variabel-variabel yang significant dan saling berpengaruh dalam membentuk model sistem pertanian padi dari segi panen dan pascapanen yang terdiri dari level, auxiliary, dan rate. Variabel level dalam model sistem pertanian padi meliputi populasi, paddy land area, paddy harvest area, dan paddy productivity. Variabel auxiliary dalam model sistem pertanian padi meliputi paddy production, rice production, food demand consumption, dan food ratio.

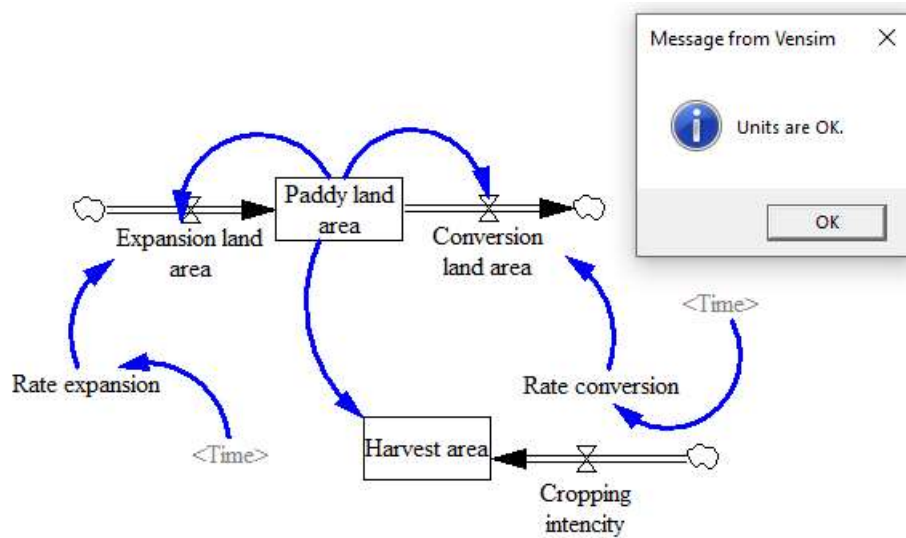
Selain itu pengujian structural dilakukan dengan cara memeriksa *error* pada model yang telah dibuat. Hal ini dilakukan untuk memastikan formulasi yang sudah dibuat sudah sesuai hubungan variabel dengan variabel lain dan memeriksa satuan variabel dalam mode. Jika tidak terdapat kesalahan pada model, maka

model telah terverifikasi. Berikut merupakan tampilan model yang telah terverifikasi ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Hasil Check Model

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, model berjalan benar dan muncul pemberitahuan “Model is OK” sehingga dapat dinyatakan bahwa model yang digunakan dalam penelitian ini sudah benar. Selain itu perlu pengecekan unit untuk mengetahui semua variabel dalam model memiliki unit yang sesuai. Berikut merupakan tampilan model yang telah memiliki satuan yang benar ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Hasil Check Units

4.5.2. Behavioral Testing

Hasil dari model flow diagram yang sudah dibuat selanjutnya akan dilakukan proses validasi untuk menguji apakah model yang dibangun sudah sesuai dengan sistem nyata yang disimulasikan (Barlas, 1989). Validasi model dilakukan dengan dua cara menurut Yaman Barlas (Barlas, 1989) yaitu validasi model dengan uji perbandingan rata-rata (mean comparison) atau dengan validasi model dengan uji perbandingan variasi amplitudo (% error variance). Model dikatakan valid apabila dalam uji perbandingan rata-rata (mean comparison) $E1 \leq 5 \%$ dan dalam uji perbandingan variasi amplitudo (% error variance) apabila $E2 \leq 30 \%$.

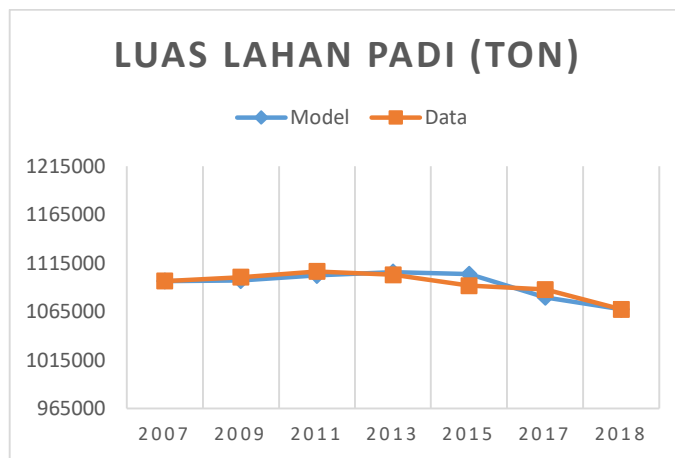
Validasi sub model luas lahan padi dan luas panen meliputi perbandingan data asli dan hasil simulasi. E1 merupakan hasil uji perbandingan rata-rata (mean comparison) dan E2 merupakan hasil uji perbandingan variasi amplitudo (% error variance). Berikut ini adalah hasil validasi sub model luas lahan padi ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Hasil Validasi Luas Lahan Padi

Tahun	Luas Lahan	Simulasi Model
2007	1.096.605	1.096.605
2008	1.108.578	1.096.769
2009	1.100.517	1.097.049
2010	1.107.276	1.097.689

2011	1.106.449	1.102.313
2012	1.105.550	1.107.024
2013	1.102.921	1.105.811
2014	1.101.765	1.104.586
2015	1.091.752	1.103.746
2016	1.089.834	1.091.672
2017	1.087.919	1.079.631
2018	1.067.484	1.067.484
Mean	1.095.865,2	1.097.220,8
Stdev	11.661,48	11.694,19
E1		0,12%
E2		0,28%

Dari hasil validasi tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5% yaitu dengan nilai 0,12% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 0,28% sehingga model dapat dikatakan valid. Berikut adalah grafik perbandingan hasil simulasi dan data asli dari luas lahan padi di Jawa Timur pada Gambar 4.17.



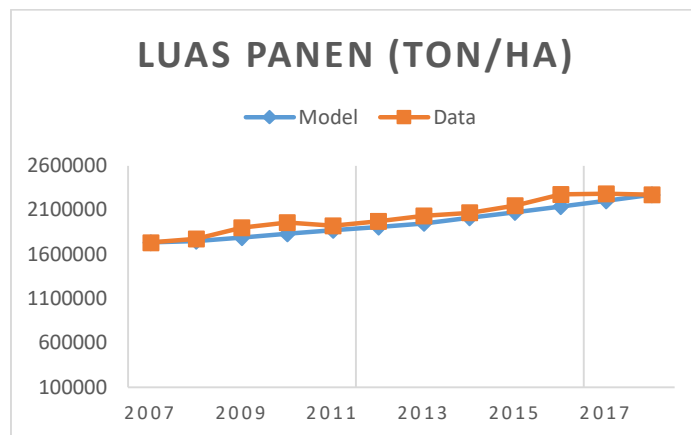
Gambar 4. 17 Grafik Validasi Luas Lahan Padi

Berikut ini adalah hasil validasi luas panen dengan E1 perbandingan rata-rata (mean comparison) dan E2 hasil uji perbandingan variasi amplitudo (% error variance) ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Hasil Validasi Luas Panen

Tahun	Luas Panen	Simulasi Model
2007	1.736.048	1.736.048
2008	1.774.884	1.752.876
2009	1.904.830	1.791.246
2010	1.963.983	1.834.267
2011	1.926.796	1.873.283
2012	1.975.719	1.913.264
2013	2.037.021	1.952.329
2014	2.072.630	2.017.413
2015	2.152.070	2.079.471
2016	2.278.460	2.141.577
2017	2.285.232	2.208.779
2018	2.275.884	2.275.884
Mean	1.964.703,2	2.031.963,1
Stdev	172.976,8	188.093,7
E1		3%
E2		8%

Dari hasil validasi tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5% yaitu dengan nilai 3% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 8% sehingga model dapat dikatakan valid. Berikut adalah grafik perbandingan hasil simulasi dan data asli dari luas panen di Jawa Timur pada Gambar 4.18.



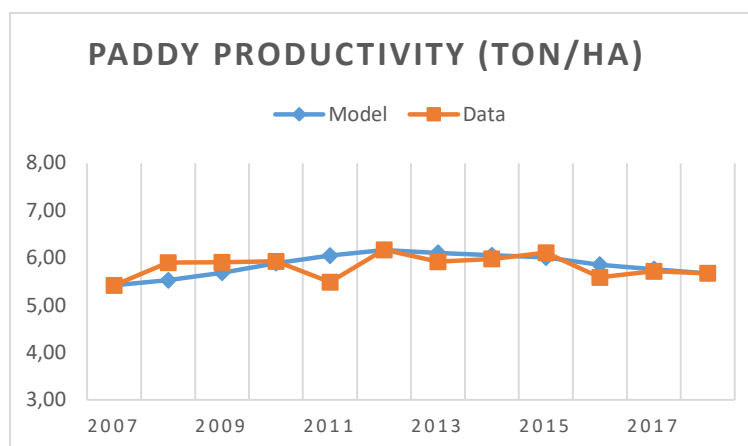
Gambar 4. 18 Grafik Validasi Luas Panen Padi

Validasi sub model produktivitas dan produksi padi meliputi perbandingan data asli dan hasil simulasi. E1 merupakan hasil uji perbandingan rata-rata (mean comparison) dan E2 merupakan hasil uji perbandingan variasi amplitudo (% error variance). Berikut ini adalah hasil validasi sub model luas lahan padi ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Hasil Validasi Produktivitas Padi

Tahun	Data	Model
2007	5,42	5,42
2008	5,90	5,53
2009	5,91	5,69
2010	5,93	5,89
2011	5,49	6,05
2012	6,17	6,17
2013	5,92	6,11
2014	5,98	6,06
2015	6,11	6,01
2016	5,59	5,86
2017	5,72	5,76
2018	5,68	5,68
Mean	5,85	5,82
Stdev	0,24	0,24
E1		1%
E2		1%

Dari hasil validasi tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5% yaitu dengan nilai 1% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 1% sehingga model dapat dikatakan valid. Berikut adalah grafik perbandingan hasil simulasi dan data asli dari produktivitas padi di Jawa Timur pada Gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Grafik Validasi Produktivitas Padi

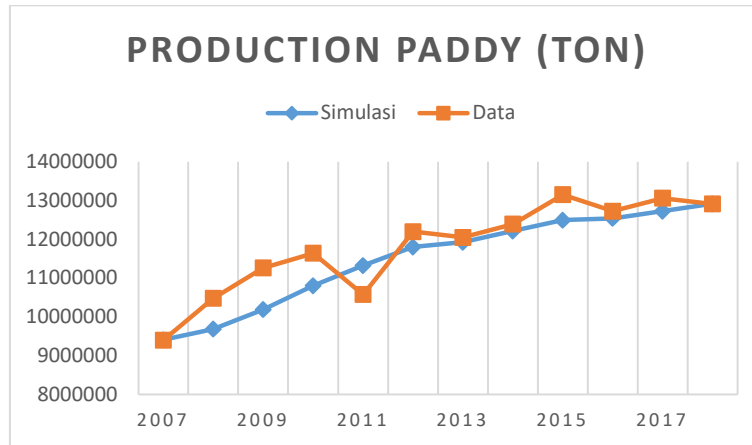
Berikut ini adalah hasil validasi produksi padi dengan E1 perbandingan rata-rata (mean comparison) dan E2 hasil uji perbandingan variasi amplitudo (% error variance) ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Hasil Validasi Produksi Padi

Tahun	Produksi	Simulasi Model
2007	9.402.029	9.409.391
2008	10.474.773	9.686.409
2009	11.259.085	10.188.235
2010	11.643.773	10.800.941
2011	10.576.543	11.325.856
2012	12.198.707	11.802.480
2013	12.049.342	11.925.639
2014	12.397.049	12.219.676
2015	13.154.967	12.494.466
2016	12.726.463	12.541.276
2017	13.060.464	12.728.299
2018	12.917.622	12.917.622
Mean	11.503.358	11.821.735
Stdev	1.216.610	1.133.740
E1		3%
E2		7%

Dari hasil validasi tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5%

yaitu dengan nilai 3% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 7% sehingga model dapat dikatakan valid. Berikut adalah grafik perbandingan hasil simulasi dan data asli dari produksi padi di Jawa Timur pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 20 Grafik Validasi Produksi Padi

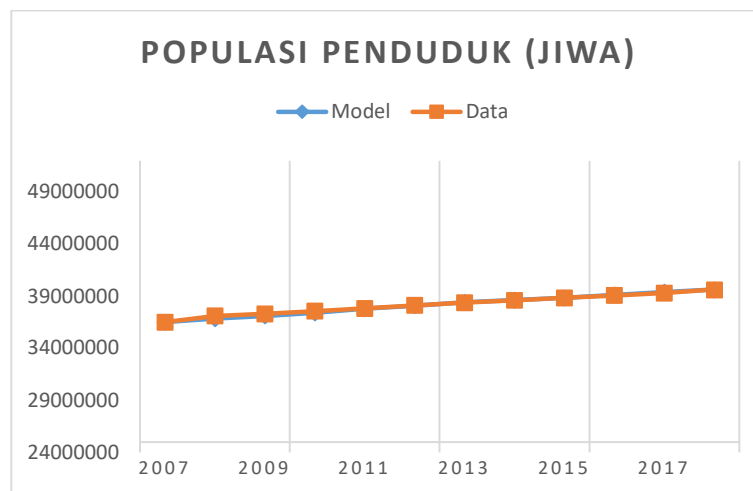
Validasi sub model populasi dan permintaan beras meliputi perbandingan data asli dan hasil simulasi. E1 merupakan hasil uji perbandingan rata-rata (mean comparison) dan E2 merupakan hasil uji perbandingan variasi amplitudo (% error variance). Berikut ini adalah hasil validasi sub model populasi ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Hasil Validasi Populasi

Tahun	Populasi	Simulasi Model
2007	36.506.003	36.506.003
2008	37.100.570	36.831.992
2009	37.310.619	37.120.236
2010	37.565.706	37.407.136
2011	37.840.657	37.805.632
2012	38.106.590	38.082.328
2013	38.363.195	38.407.512
2014	38.610.202	38.624.104
2015	38.847.561	38.847.372
2016	39.075.152	39.117.352
2017	39.292.972	39.374.528
2018	39.629.368	39.629.360

Mean	37.843.685	38.011.290
Stdev	918.819	957.931
E1		0,11%
E2		7,46%

Dari hasil validasi tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5% yaitu dengan nilai 0,11% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 7,46% sehingga model dapat dikatakan valid. Berikut adalah grafik perbandingan hasil simulasi dan data asli dari populasi di Jawa Timur pada Gambar 4.21.



Gambar 4. 21 Grafik Validasi Populasi Penduduk

4.8 Policy Formulation

Pengembangan skenario dilakukan untuk memprediksi kemungkinan yang akan terjadi di masa depan dengan cara penambahan parameter baru atau merubah struktur yang telah ada. Pada tahapan ini, model yang telah dibuat akan diubah dengan menggunakan tiga skenario, diantaranya :

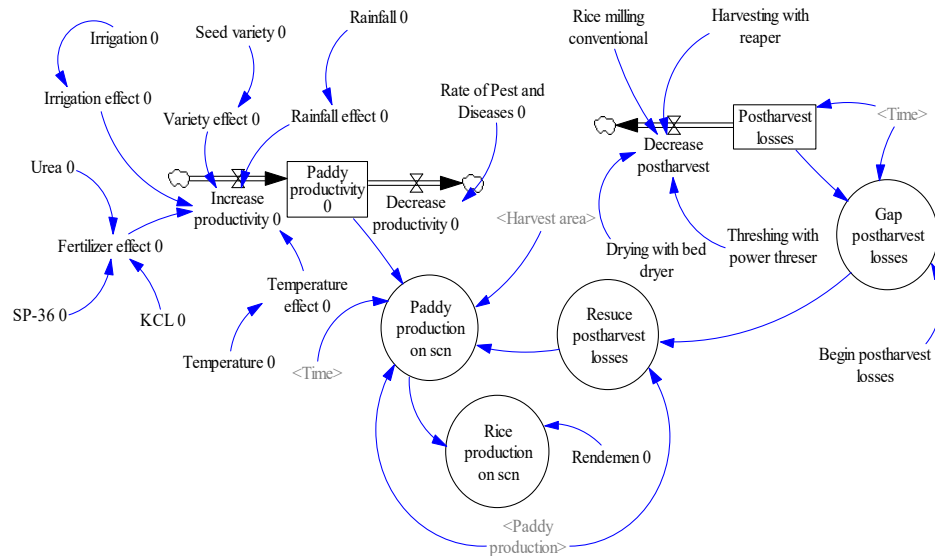
- a. Skenario untuk menekan jumlah postharvest losses meliputi perubahan cara pemanenan, perontokan, pengeringan dan penggilingan untuk mengurangi susut panen yang dihasilkan.
- b. Skenario untuk meningkatkan nilai rendemen meliputi penggunaan bibit dari varietas unggul dan peningkatan cara pemupukan serta penggunaan bio fertilizer.

- c. Skenario untuk meningkatkan kesadaran petani mengenai pentingnya menerapkan Smart Agriculture yang meliputi penggunaan teknologi IT dan IS dalam pertanian.

4.6.1. Skenario Postharvest Losses

Penyebab kehilangan hasil pada proses pasca panen bisa dikarenakan iklim maupun kondisi pertanian pada masing-masing negara. Sistem pemanenan padi sebagian besar petani masih menggunakan cara-cara tradisional sehingga potensi kehilangan hasil terjadi dalam setiap tahapan. Berdasarkan data BPS (2008) tingkat kehilangan hasil panen padi masih sangat tinggi sebesar 18,75 persen. Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat kehilangan hasil panen dan pascapanen atau *postharvest losses* diantaranya varietas padi, sistem pemanenan (David, 2018), dan penggunaan alat panen (Iswari, 2012).

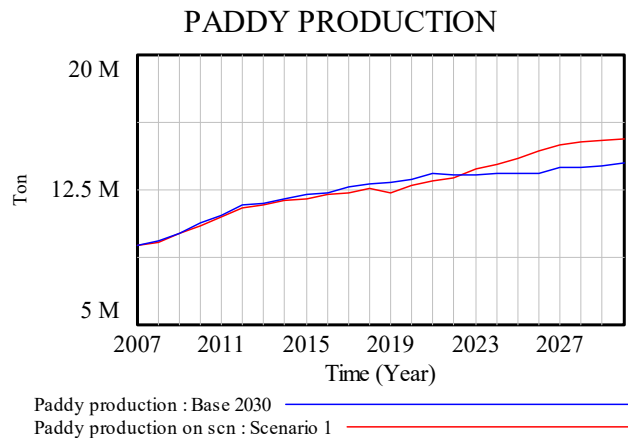
Penanganan pascapanen yang dilakukan dengan baik akan berpengaruh terhadap kualitas hasil panen yang dihasilkan. Dalam penanganan pascapanen perlu memperhatikan persyaratan yang telah ditetapkan sehingga beras yang dihasilkan memiliki mutu fisik dan mutu gizi yang baik. Masalah utama dalam penanganan pascapanen padi adalah tingginya *postharvest losses* serta gabah dan beras yang dihasilkan bermutu rendah. Hal ini terjadi pada tahapan pemanenan, perontokan, dan pengeringan sehingga perbaikan teknologi pascapanen padi sebaiknya di titik beratkan pada ketiga tahapan tersebut (Hidayat, 2014). Dalam mengurangi jumlah kehilangan hasil maka dilakukan perubahan struktur pada model menggunakan skenario *postharvest losses*. Berikut merupakan model skenario *postharvest losses* dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4. 22 Skenario Pertama

Langkah yang dilakukan adalah mengurangi jumlah kehilangan hasil dengan menerapkan perubahan pada cara panen, perontokan, pengeringan dan penggilingan melalui simulasi model untuk menurunkan jumlah susut hasil panen dan pascapanen, sehingga diperoleh tambahan hasil padi melalui penyelamatan susut hasil. Dalam skenario pertama yaitu skenario *postharvest losses* merupakan perubahan terhadap penggunaan alat atau mesin dalam penanganan panen dan pasca panen padi. Pada alat pemanenan dengan menggunakan mesin reaper, perontokan menggunakan power thresher, pengeringan menggunakan flat bed dryer dan penggilingan menggunakan cara konvensional.

Dari hasil simulasi model yang telah dijalankan, berikut merupakan grafik hasil produksi padi (ton) berdasarkan usaha penekanan kehilangan susut hasil dapat dilihat pada Gambar 4.23.



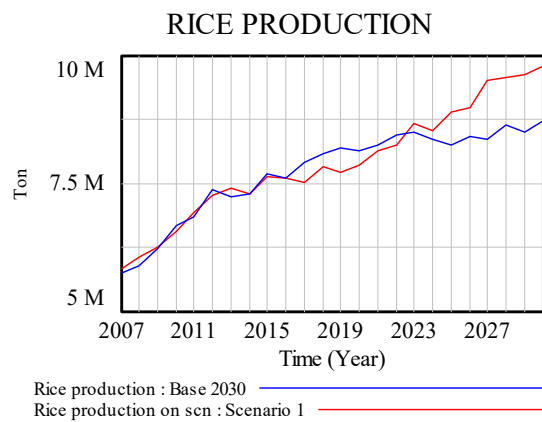
Gambar 4. 23 Hasil Skenario Pertama Produksi Padi

Dengan menggunakan skenario pertama perubahan alat penanganan panen dan pascapanen, tingkat kehilangan susut hasil berhasil ditekan kurang lebih sebesar 5.7% dari rata rata 18.75% menjadi 10.69% dari tahun 2019 sampai dengan tahun 2030. Penyelamatan susut hasil berdampak pada tambahan produksi padi, hal ini juga otomatis mempengaruhi jumlah produksi beras setiap tahunnya. Berikut merupakan tabel hasil simulasi produksi padi (ton) dan base model berdasarkan usaha penekanan kehilangan susut hasil dapat dilihat pada Tabel 4.13.

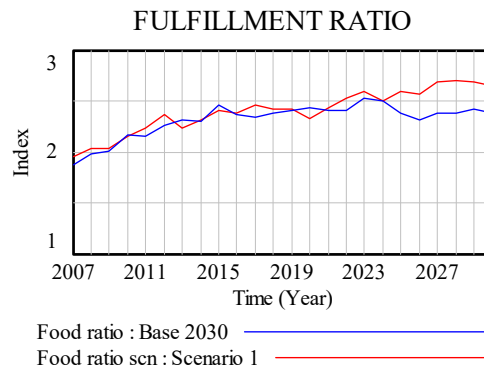
Tabel 4. 13 Hasil Skenario Pertama Produksi Padi

Tahun	Produksi Padi (Ton)	
	Scenario	Base Model
2019	12.325.366	12.850.453
2020	12.666.596	13.043.399
2021	12.954.072	13.362.694
2022	13.138.015	13.265.907
2023	13.638.084	13.309.311
2024	13.892.829	13.336.624
2025	14.175.250	13.382.388
2026	14.624.835	13.409.688
2027	14.923.192	13.692.188
2028	15.102.045	13.717.243
2029	15.240.998	13.769.251
2030	15.328.883	13.941.723
Rata-rata	14.000.847	13.423.405

Dengan menggunakan skenario pertama perubahan alat penanganan panen dan pascapanen, penyelamatan susut hasil berdampak pada tambahan produksi padi, hal ini juga otomatis mempengaruhi jumlah produksi beras setiap tahunnya. Dari hasil simulasi model yang telah dijalankan, berikut merupakan grafik hasil produksi beras (ton) berdasarkan usaha penekanan kehilangan susut hasil dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan grafik rasio pemenuhan beras dapat dilihat pada Gambar 2.25



Gambar 4. 24 Hasil Skenario Pertama Produksi Beras



Gambar 4. 25 Hasil Skenario Pertama Fulfillment Ratio

Dari hasil grafik menunjukkan terjadi peningkatan produksi beras dari tahun 2019 sampai dengan 2030. Berikut merupakan tabel hasil simulasi produksi beras (ton) dan base model berdasarkan usaha penekanan kehilangan susut hasil dapat dilihat pada Tabel 4.14

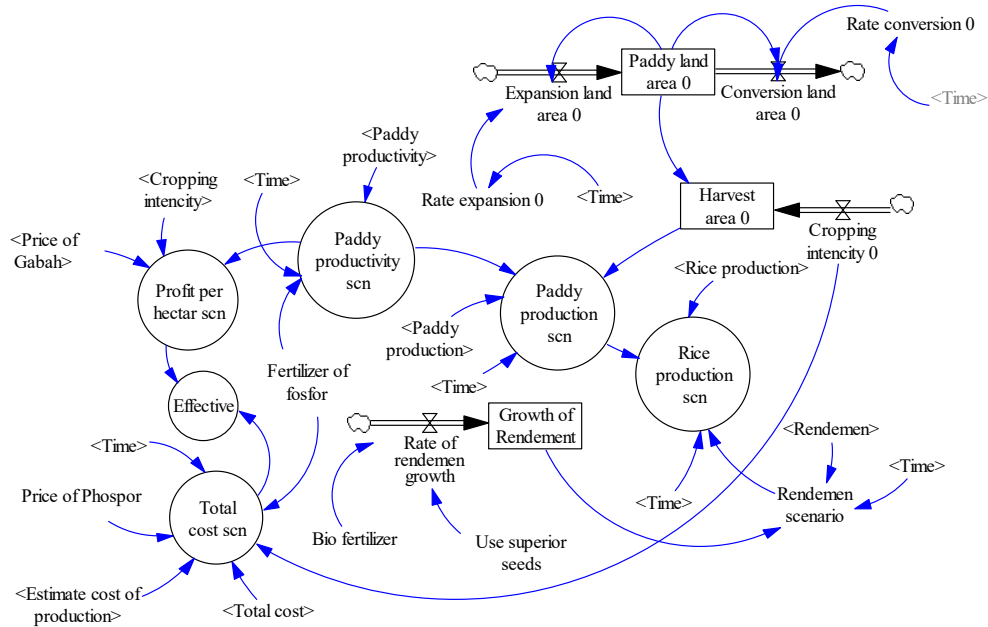
Tabel 4. 14 Hasil Skenario Pertama Produksi Beras

Tahun	Produksi Beras (Ton)	
	Scenario	Base Model
2019	7.707.641	8.188.335
2020	7.857.171	8.144.012
2021	8.133.612	8.238.817
2022	8.248.831	8.433.835
2023	8.652.470	8.502.361
2024	8.537.279	8.367.860
2025	8.889.314	8.242.646
2026	8.965.149	8.401.509
2027	9.495.644	8.360.726
2028	9.577.341	8.632.164
2029	9.626.645	8.504.020
2030	9.776.419	8.719.350
Rata-rata	8.788.959	8.394.636

4.6.2. Skenario Peningkatan Rendemen

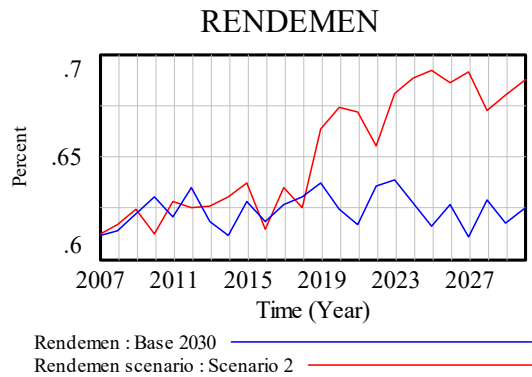
Rendemen beras merupakan suatu besaran yang digunakan dalam menentukan kualitas gabah menjadi beras (David, 2017). Rata-rata rendemen nasional mencapai angka 70 persen pada akhir tahun 70-an. Namun terjadi penurunan setiap tahun menjadi 65 persen pada tahun 1985, mengalami penurunan lagi menjadi 63,4 persen pada tahun 1999 (Hassan, Zahirotul Hikmah, 2014) dan apabila mengacu pada hasil sensus yang dilakukan oleh BPS pada tahun 2012 rata-rata rendemen beras menjadi 62,42 persen (Buletin Tani). Beberapa hal yang mempengaruhi rendemen beras diantaranya varietas atau bibit padi yang digunakan, cara penanganan awal, dan mekanisme kinerja mesin-mesin yang dipakai dalam tahap pascapanen terutama proses penggilingan (M. Hidayat). Namun menurut penelitian konfigurasi penggilingan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rendemen yang dihasilkan (Hasbullah dan Dewi).

Dalam upaya peningkatan rendemen beras maka dilakukan simulasi dengan perubahan struktur pada model menggunakan skenario peningkatan rendemen. Berikut merupakan model skenario peningkatan rendemen dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4. 26 Skenario Kedua

Langkah yang dilakukan dalam meningkatkan rendemen adalah dengan penanganan awal pertanian seperti menerapkan tambahan dosis pemupukan phosphor, penggunaan bio-fertilizer, dan penggunaan benih unggul untuk meningkatkan rendemen padi (Kraehmer, et al., 2017), sehingga diperoleh peningkatan hasil beras yang didapatkan. Dengan menggunakan sekenario kedua melalui penerapan tambahan dosis pemupukan phosphor, penggunaan bio-fertilizer, dan penggunaan benih unggul untuk meningkatkan rendemen padi (Kraehmer, et al., 2017) mampu meningkatkan rendemen. Berikut merupakan grafik peningkatan rendemen berdasarkan usaha scenario kedua dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4. 27 Hasil Skenario Kedua Rendemen

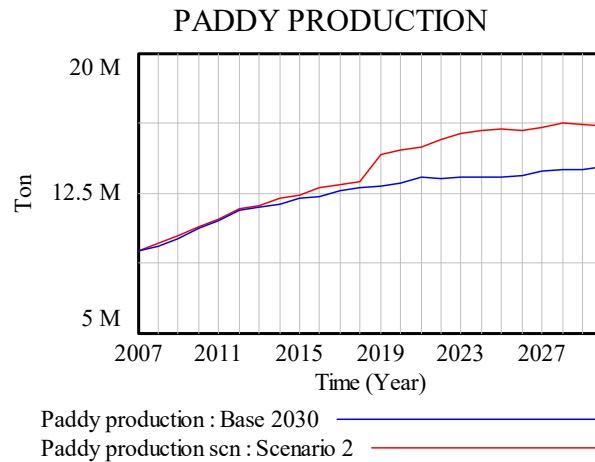
Berdasarkan base model rendemen disimulasikan mencapai 0,63 atau setara dengan 63% pada tahun 2019, setelah dilakukan simulasi scenario berhasil naik menjadi 0,68 atau setara 68% tahun 2019. Berikut merupakan tabel hasil simulasi rendemen dan base model berdasarkan skenario peningkatan rendemen dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Hasil Skenario Kedua Rendemen

Tahun	Rendemen Beras	
	Scenario	Base Model
2019	0,66	0,63
2020	0,67	0,64
2021	0,67	0,63
2022	0,66	0,61
2023	0,68	0,63
2024	0,69	0,64
2025	0,69	0,64
2026	0,69	0,63
2027	0,69	0,63
2028	0,67	0,61
2029	0,68	0,62
2030	0,69	0,62
Rata-rata	0,68	0,63

Selain berpengaruh terhadap peningkatan rendemen penerapan tambahan dosis pemupukan phosphor, penggunaan bio-fertilizer, dan penggunaan benih unggul untuk meningkatkan rendemen padi (Kraehmer, et al., 2017) juga

berdampak pada produktivitas padi setiap tahunnya, hal ini juga otomatis mempengaruhi jumlah produksi padi dan beras setiap tahunnya. Berikut merupakan grafik hasil simulasi produksi padi (ton) dan base model berdasarkan usaha peningkatan rendemen dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4. 28 Hasil Skenario Kedua Produksi Padi

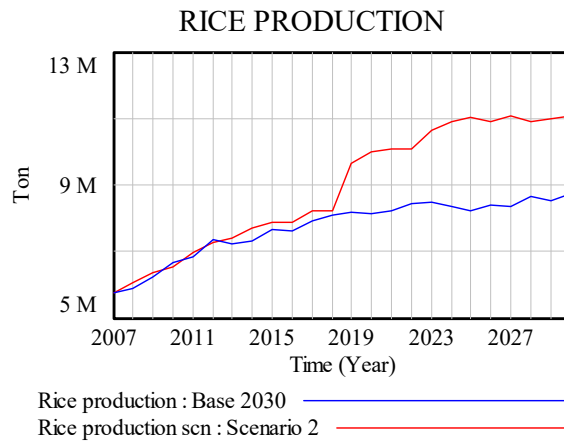
Dengan menggunakan sekenario kedua melalui penerapan tambahan dosis pemupukan phosphor, penggunaan bio-fertilizer, dan penggunaan benih unggul (Kraehmer, et al., 2017) juga berdampak pada hasil produksi padi yang dihasilkan. Produksi padi berdasarkan base model mencapai 13.907.019 ton pada tahun 2028, setelah dilakukan perlakuan skenario meningkat menjadi rata-rata 14.404.320 ton pada tahun 2028. Berikut merupakan tabel hasil simulasi produksi padi dan base model berdasarkan skenario kedua dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Hasil Skenario Kedua Produksi Padi

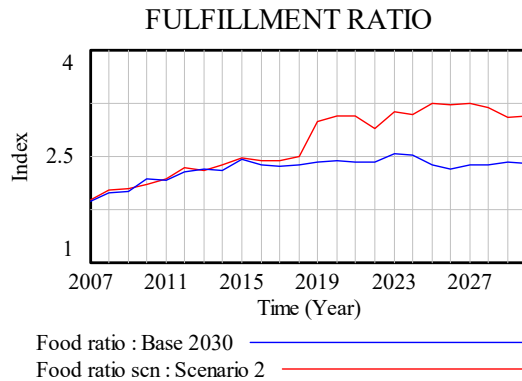
Tahun	Produksi Padi (Ton)	
	Scenario	Base Model
2019	14.527.260	12.850.453
2020	14.827.969	13.043.399
2021	14.998.861	13.362.694
2022	15.354.914	13.265.907
2023	15.653.220	13.309.311
2024	15.826.409	13.336.624

2025	15.940.680	13.382.388
2026	15.860.569	13.409.688
2027	16.008.884	13.692.188
2028	16.212.556	13.717.243
2029	16.196.359	13.769.251
2030	16.117.029	13.941.723
Rata-rata	15.627.059	13.423.405

Selain berpengaruh terhadap peningkatan rendemen, skenario kedua juga berdampak pada naiknya produktivitas padi setiap tahunnya, hal ini juga otomatis mempengaruhi jumlah produksi padi dan beras setiap tahunnya. Berikut merupakan grafik hasil simulasi produksi beras (ton) dan base model berdasarkan usaha peningkatan rendemen dapat dilihat pada Gambar 4.29 dan perbandingan grafik rasio pemenuhan beras dapat dilihat pada Gambar 2.30



Gambar 4. 29 Hasil Skenario Kedua Produksi Beras



Gambar 4. 30 Hasil Skenario Kedua Fulfillment Ratio

Produksi beras berdasarkan base model sekitar 8.989.079 ton pada tahun 2030, setelah dilakukan simulasi scenario meningkat menjadi 12.099.102 ton pada tahun 2030. Berikut merupakan tabel hasil simulasi produksi padi dan base model berdasarkan skenario kedua dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Hasil Skenario Kedua Produksi Beras

Tahun	Produksi Beras (Ton)	
	Scenario	Base Model
2019	9.638.659	8.188.335
2020	10.000.262	8.144.012
2021	10.072.651	8.238.817
2022	10.066.830	8.433.835
2023	10.652.324	8.502.361
2024	10.899.731	8.367.860
2025	11.031.318	8.242.646
2026	10.886.480	8.401.509
2027	11.073.252	8.360.726
2028	10.909.748	8.632.164
2029	11.009.235	8.504.020
2030	11.083.319	8.719.350
Rata-rata	10.610.317	8.394.636

Dengan menggunakan sekenario kedua melalui penerapan tambahan dosis pemupukan phosphor hal ini akan menambah biaya produksi bagi petani, namun tambahan biaya tersebut berpengaruh terhadap profit yang didapatkan. Sebelum

dilakukan simulasi, biaya yang dikeluarkan untuk produksi padi dalam satu tahun mencapai Rp. 25.056.846 per hektar. Setelah dilakukan simulasi dengan penambahan dosis pemupukan dengan phosphor maka ada biaya tambahan yang harus dikeluarkan oleh petani. Sehingga biaya simulasi produksi padi pada tahun 2019 mencapai Rp. 28.640.688 per hektar, namun mengalami kenaikan profit.

Sebelum dilakukan simulasi, profit petani dalam satu tahun mencapai Rp. 54.666.328. Setelah dilakukan simulasi, pada tahun 2019 profit petani dalam setahun mencapai Rp. 59.473.744 sehingga keuntungan yang di dapatkan petani mencapai Rp. 4.807.416 dalam setahun. Berikut merupakan tabel hasil simulasi profit pendapatan petani dan base model berdasarkan skenario kedua dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Tabel Profit Petani

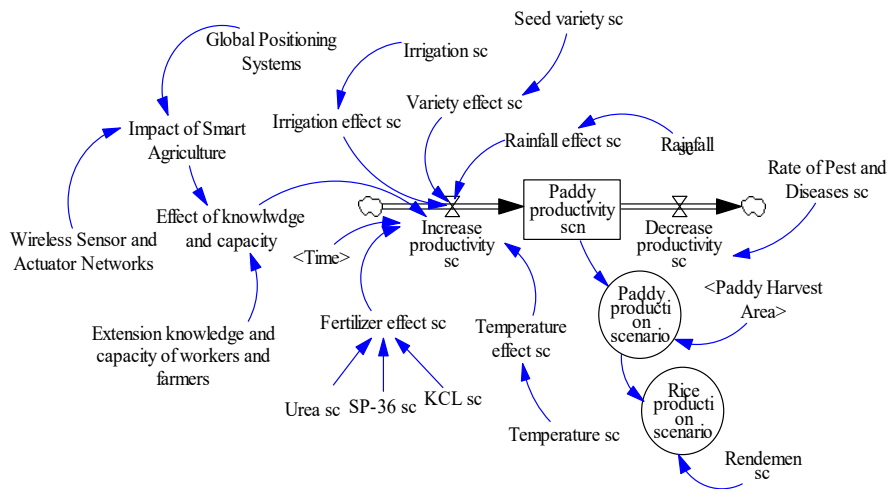
Tahun	Investasi (Rupiah)	
	Scenario	Base Model
2019	59.473.744	54.666.328
2020	64.849.524	59.568.344
2021	55.508.632	50.919.104
2022	57.988.248	53.186.032
2023	61.144.408	56.060.376
2024	54.663.632	50.063.132
2025	57.873.032	52.929.732
2026	53.525.416	48.830.944
2027	55.308.648	50.390.400
2028	52.559.320	47.843.168
2029	52.829.772	47.985.408
2030	52.321.116	47.405.264
Rata-rata	56.503.791	51.654.019

4.6.3. Skenario *Smart Agriculture*

Produksi pertanian sangat rentan terhadap perubahan iklim. Perubahan iklim mungkin bermanfaat bagi pertanian, tergantung pada wilayah geografis. Di wilayah Jawa Timur, mayoritas petani mengandalkan pertanian dengan sistem tadah hujan. Pertanian yang bergantung pada sistem tadah hujan akan rentan

terhadap perubahan yang berdampak terhadap produksi beras. Oleh karena itu penting bahwa petani beradaptasi dengan perubahan iklim dan kemampuan untuk mengurangi dampak negatif perubahan iklim terhadap mata pencaharian mereka dengan meningkatkan kapasitas penyuluhan terhadap petani (Perdinan, et al., 2018). Penerapan manajemen pengetahuan sebagai alat untuk konteks pertanian berkelanjutan. Penerapan manajemen pengetahuan digunakan untuk mengurangi dan mengatur resiko, meningkatkan perencanaan logistic, sistem pemantauan sehingga memfasilitasi kelancaran informasi dalam rantai pasok pangan (Adnan, et al., 2017).

Dalam upaya menghadapi perubahan iklim, dilakukan skenario ketiga dengan melakukan pelatihan dan penyuluhan untuk belajar diharapkan untuk mengurangi kesenjangan produktivitas. Kebijakan pelatihan dan penyuluhan terhadap petani menghasilkan produktivitas yang lebih tinggi (Bala, et al., 2014). Beberapa studi telah melaporkan dampak positif pelatihan dan penyuluhan pertanian pada produksi pertanian dan ketahanan pangan (Perdinan, et al., 2018; Zecca & Rastorgueva, 2018). Selain itu penerapan “Smart Agriculture” meliputi adopsi GPS (Global Positioning System) dan Wireless Sensor Networks (WSNs) juga dipercaya dapat membantu sebagai alat potensial menuju tujuan otomatisasi di bidang pertanian (Jagadesh, et al., 2018). Berikut merupakan model skenario peningkatan rendemen dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4. 31 Skenario Ketiga

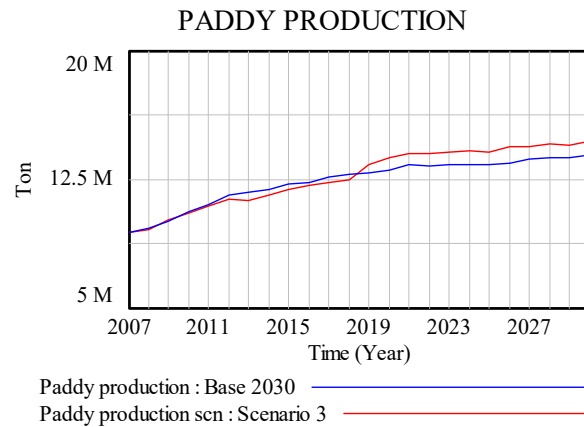
Penerapan GPS pada mesin pertanian dapat memberikan informasi otomatisasi seperti navigasi selama perawatan yang berbeda atau pengumpulan data tentang status tanaman, penyakit, dan hasil. Penerapan WSN dengan pembuatan sensor kecil dan murah diterapkan dengan disebar secara spasial untuk memantau dan merekam kondisi fisik lingkungan dan pengelompokan data yang dikumpulkan di lokasi pusat. WSN mengukur kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, angin, dan sebagainya. Dengan menggunakan skenario ketiga melalui penerapan pelatihan dan penyuluhan pertanian keberlanjutan dan adopsi “Smart Agriculture” mampu meningkatkan produktivitas padi yang sebelumnya trendnya menurun setiap tahunnya. Berdasarkan base model produktivitas disimulasikan mencapai 4,71 ton/ha pada tahun 2030, setelah dilakukan simulasi skenario berhasil naik menjadi 5,09 ton/ha pada tahun 2030. Berikut merupakan tabel hasil simulasi produktivitas padi dan base model berdasarkan skenario ketiga dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Hasil Skenario Ketiga Produktivitas Padi

Tahun	Produktivitas Padi (Ton/Ha)	
	Scenario	Base Model
2019	5,66	5,48
2020	5,66	5,41
2021	5,62	5,41
2022	5,49	5,23
2023	5,39	5,12
2024	5,28	5,01
2025	5,14	4,90
2026	5,14	4,80
2027	5,05	4,79
2028	5,00	4,70
2029	4,86	4,62
2030	4,84	4,59
Rata-rata	5,30	5,01

Selain berpengaruh terhadap peningkatan produktivitas padi penerapan skenario ketiga mampu meningkatkan jumlah produksi padi dan beras setiap tahunnya. Berikut merupakan grafik hasil simulasi produksi padi (ton) dan base

model berdasarkan usaha skenario human development dapat dilihat pada Gambar 4.32.



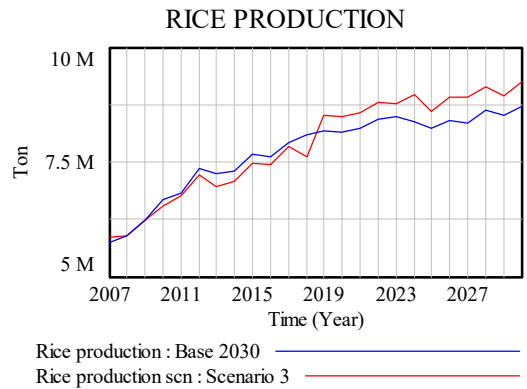
Gambar 4. 32 Hasil Skenario Ketiga Produksi Padi

Dengan menggunakan sekenario ketiga berdampak pada hasil produksi padi yang dihasilkan. Produksi padi berdasarkan base model mencapai 14.108.825 ton pada tahun 2030, setelah dilakukan perlakuan skenario meningkat menjadi 15.293.590 ton pada tahun 2030. Berikut merupakan tabel hasil simulasi produksi padi dan base model berdasarkan skenario ketiga dapat dilihat pada Tabel 4.19.

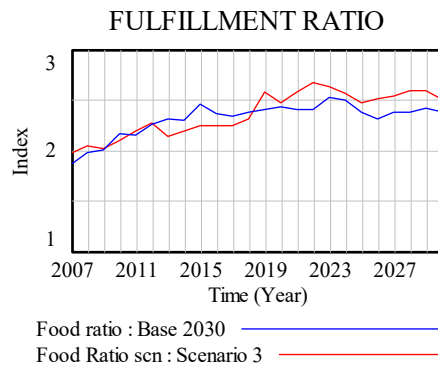
Tabel 4. 20 Hasil Skenario Ketiga Produksi Padi

Tahun	Produksi Padi (Ton)	
	Scenario	Base Model
2019	13.347.252	12.850.453
2020	13.725.606	13.043.399
2021	13.969.508	13.362.694
2022	13.999.567	13.265.907
2023	14.081.776	13.309.311
2024	14.113.961	13.336.624
2025	14.048.698	13.382.388
2026	14.389.167	13.409.688
2027	14.432.791	13.692.188
2028	14.574.603	13.717.243
2029	14.458.364	13.769.251
2030	14.679.909	13.941.723
Rata-rata	14.151.766	13.423.405

Pengaruh skenario ketiga terhadap peningkatan produktivitas juga berpengaruh terhadap naiknya produksi beras setiap tahunnya. Berikut merupakan grafik hasil simulasi produksi beras (ton) dan base model berdasarkan usaha skenario dapat dilihat pada Gambar 4.29 dan perbandingan grafik rasio pemenuhan beras dapat dilihat pada Gambar 2.30



Gambar 4. 33 Hasil Skenario Ketiga Produksi Beras



Gambar 4. 34 Hasil Skenario Ketiga Fulfillment Ratio

Produksi beras berdasarkan base model sekitar 8.989.079 ton pada tahun 2030, setelah dilakukan simulasi scenario meningkat menjadi 9.577.221 ton pada tahun 2030. Berikut merupakan tabel hasil simulasi produksi padi dan base model berdasarkan skenario ketiga dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 21 Hasil Skenario Ketiga Produksi Beras

Tahun	Produksi Beras (Ton)	
	Scenario	Base Model
2019	8.206.940	7.935.728
2020	8.411.957	8.545.076
2021	8.574.980	8.656.885
2022	8.953.007	8.882.063
2023	9.042.922	8.961.967
2024	9.071.072	8.678.596
2025	9.050.944	8.840.689
2026	9.129.783	9.006.579
2027	9.427.914	8.801.067
2028	9.246.829	8.783.927
2029	9.601.758	8.926.010
2030	9.577.221	8.989.079
Rata-rata	9.024.611	8.750.639

4.9 Simpulan Hasil Skenario

Dari beberapa skenario yang telah dibuat, penulis menyimpulkan beberapa skenario tersebut untuk memberikan gambaran lebih jelas, dimana indikator kualitas hasil panen padi ditunjukkan oleh parameter tingkat rendemen, postharvest losses, dan produksi padi. Dimensi ketahanan pangan dilihat dari parameter produksi beras dan rasio pemenuhan, untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada Tabel 4.21 berikut:

Tabel 4. 22 Hasil Skenario

No	Simulasi	Sebelum Skenario	Sesudah Skenario
1.	Hasil simulasi penurunan postharvest losses	Kehilangan hasil padi rata-rata mencapai 18.75% pada tahun 2019 sampai dengan 2030. Produksi padi mencapai 13.941.723 ton pada tahun 2030. Produksi beras mencapai 8.719.350 ton tahun 2030.	Kehilangan hasil padi rata-rata mencapai 10.69% pada tahun 2019 sampai dengan 2030. Produksi padi mencapai 15.328.883 ton pada tahun 2030. Produksi beras mencapai 9.776.419 ton tahun 2030.

		Pemenuhan rasio mencapai 2,52 pada tahun 2030	Pemenuhan rasio mencapai 2,79 pada tahun 2030
2.	Hasil simulasi peningkatan rendemen	Rendemen mencapai 62% pada tahun 2030. Produksi padi mencapai 13.941.723 ton pada tahun 2030. Produksi beras mencapai 8.719.350 ton tahun 2030. Pemenuhan rasio mencapai 2,52 pada tahun 2030	Rendemen mencapai 69% pada tahun 2030. Produksi padi mencapai 16.117.029 ton pada tahun 2030. Produksi beras mencapai 11.083.319 ton tahun 2030. Pemenuhan rasio mencapai 3,3 pada tahun 2030
3.	Hasil simulasi Smart Agriculture	Produktivitas mencapai 4.5 pada tahun 2030. Produksi padi mencapai 13.941.723 ton pada tahun 2030. Produksi beras mencapai 8.719.350 ton tahun 2030. Pemenuhan rasio mencapai 2,52 pada tahun 2030	Produktivitas mencapai 4.8 pada tahun 2030. Produksi padi mencapai 14.679.909 ton pada tahun 2030. Produksi beras mencapai 9.577.221 ton tahun 2030. Pemenuhan rasio mencapai 2,73 pada tahun 2030

4.10 Evaluation

Jika dibandingkan dengan Malaysia tingkat kehilangan hasil panen padi di sana mencapai 28,5 persen, di Filipina mencapai 16,47 persen, dan di China sebesar 9,5 persen (Tani, 2016). Dari ketiga negara-negara di Asia tersebut, Indonesia masih berada di bawah negara Filipina dan China dalam presentase kehilangan hasil panen padi. Proses penanganan pascapanen merupakan proses yang penting, karena dari setiap tahapan yang dilakukan berpotensi memiliki kehilangan hasil. Berdasarkan hasil penelitian hasil yang diperoleh, dari proses pemanenan, pengeringan dan perontokan merupakan salah satu masalah utama yang dihadapi

petani padi, karena kedua tahapan pascapanen padi tersebut terjadi kehilangan hasil yang tinggi (Hidayat, 2014). Penanganan proses pasca panen yang tepat akan berpengaruh menurunkan tingkat kehilangan hasil. Sehingga akan menghasilkan kualitas panen yang baik dan berkontribusi dalam memberikan tambahan produksi padi dan beras dari tahun ke tahun.

Hasil simulasi skenario pertama yaitu postharvest losses yang dilakukan pada sistem menunjukkan bahwa adopsi teknologi panen dan pascapanen menggunakan mesin reaper, power thresher, dan flat bad dryer mampu menekan kehilangan hasil panen padi menjadi 10.69% pada tahun 2030. Sehingga produksi padi menjadi yang sebelumnya disimulasikan mencapai 13.941.723 ton pada tahun 2030 meningkat menjadi 15.328.883 ton pada tahun 2030. Produksi padi yang meningkat berpengaruh pada peningkatan produksi beras, sebelumnya produksi beras mencapai 8.719.350 ton tahun 2030 setelah dilakukan skenario meningkat menjadi beras mencapai 9.776.419 ton tahun 2030. Simulasi skenario pertama menilai dampak dari peningkatan kualitas produksi melalui penekanan susut hasil padi mempunyai pengaruh terhadap pemenuhan beras. Dari hasil simulasi rasio pemenuhan beras mencapai 2,52 pada tahun 2030 setelah dilakukan skenario meningkat menjadi 2,79 pada tahun 2030. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Hassan, 2014) dengan inovasi teknologi dan perbaikan teknologi pasca panen yang lebih menyeluruh, sampai pada pengemasan dan pemasaran, serta penerapan sistem manajemen mutu juga mutlak diperlukan untuk menjamin mutu beras yang dihasilkan. Inovasi teknologi turut serta berperan dalam menurunkan susut hasil sehingga produktivitas padi dapat meningkat (Hidayat, 2014).

Tantangan yang dihadapi dalam penerapan skenario pertama adalah sulitnya meyakinkan sumber daya manusia dalam menggunakan teknologi tersebut. Sebagian besar petani enggan dalam menggunakan mesin perontok dengan alasan mesin tersebut cukup berat dan sulit untuk dipindah-pindahkan, sehingga petani tetap melakukan perontokan dengan cara tradisional yaitu digebot. Beberapa petani kurang mengetahui keunggulan teknologi panen dan pascapanen tersebut karena terbatasnya kemampuan finansial petani dan pedagang untuk investasi alat yang

dibutuhkan. Selain itu pihak investor swasta, baik domestik maupun asing, masih belum tertarik untuk menanamkan modalnya pada kegiatan produksi padi atau sistem pertanian lainnya. Hal ini disebabkan kegiatan produksi padi mempunyai risiko yang relatif tinggi karena faktor alam seperti kekeringan atau banjir dan faktor biologis karena gangguan hama/penyakit dibanding tanaman lain, utamanya perkebunan (Tani, 2016).

Berdasarkan aliran struktur umpan balik pada skenario pertama, beberapa strategi kebijakan yang cara kerjanya seiring waktu dapat meningkatkan kinerja sistem pertanian padi. Beberapa alternatif kebijakan yang dapat dilakukan oleh pemerintah pada skenario pertama diantaranya pemerintah harus intens dalam memberikan promosi, demonstrasi peralatan secara langsung, dan beberapa penyuluhan serta pelatihan terhadap kelompok tani di lapangan guna meyakinkan pentingnya penerapan teknologi panen dan pascapanen dalam mencapai hasil panen yang berkualitas. Pemerintah juga dapat memberikan fasilitas alat dan mesin pertanian kepada beberapa kelompok tani, tentu saja hal ini akan membutuhkan biaya investasi di awal yang besar. Modal yang harus ditanam memang sangat tinggi, namun otomatisasi dan efisiensi yang ditawarkan bisa menjadi nilai plus serta untuk jangka panjangnya dapat meningkatkan produksi padi dan produksi beras yang otomatis akan berpengaruh pada pendapatan petani. Oleh karena itu untuk memperlancar adopsi teknologi panen dan pascapanen tersebut pemerintah setidaknya memberikan subsidi atau pemberian kebijakan kredit dengan prosedur yang sederhana bagi para kelompok tani ataupun perorangan yang akan membeli peralatan-peralatan tersebut. Pemerintah juga dapat bekerja sama dengan usaha jasa penyewaan alat atau mesin pertanian dalam memberikan perijinan guna memberikan dukungan sistem operasinya. Saat ini fasilitas alat pertanian di Jawa Timur seperti Combine harvester sebanyak 847 unit, pedal thresher sebanyak 545 unit, power thresher sebanyak 449 unit, paddy dryer sebanyak 37 unit, dan unit untuk penggilingan padi sebanyak 198 unit dari data yang didapatkan dari Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur pada tahun 2016.

Hasil simulasi skenario kedua yaitu meningkatkan nilai rendemen meliputi penggunaan bibit dari varietas unggul dan peningkatan cara pemupukan serta

penggunaan bio fertilizer mampu memberikan efek peningkatan terhadap rendemen. Sebelum dilakukan perlakuan skenario rendemen mencapai 62% pada tahun 2030. Produksi padi mencapai 13.941.723 ton pada tahun 2030. Produksi beras mencapai 8.719.350 ton tahun 2030. Pemenuhan rasio mencapai 2,52 pada tahun 2030. Setelah dilakukan skenario rendemen mencapai 69% pada tahun 2030. Produksi padi mencapai 16.117.029 ton pada tahun 2030. Produksi beras mencapai 11.083.319 ton tahun 2030. Pemenuhan rasio mencapai 3,3 pada tahun 2030. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Samrin & Amirullah, 2018) bahwa varietas unggul memberikan manfaat teknis dan ekonomis karena mampu menghasilkan rendemen yang lebih tinggi, mutu hasil lebih tinggi dan sesuai dengan selera konsumen. Pengolahan atau produksi bibit unggul dapat meningkatkan nilai rendemen (Trisnanto, 2013) sehingga dapat memberikan nilai tambah yang diperoleh petani. Penggunaan biofertilizer (Bala, et al., 2014) mampu memberikan tambahan nutrisi dengan biaya rendah yang mampu meningkatkan produksi pertanian dan peningkatan rendemen, tentu saja penggunaan biofertilizer merupakan pupuk yang ramah dan aman bagi lingkungan.

Tantangan yang dihadapi dalam meningkatkan rendemen adalah kesuburan tanah yang terus menurun sehingga mempengaruhi rendemen dan produksi beras nasional. Penurunan sumber daya lahan mengakibatkan penurunan tingkat kesuburan, dan pencemaran penurunan kesuburan tanah akibat intensifikasi yang berkelanjutan. Selain itu laju penduduk yang terus meningkat mempengaruhi kebutuhan pangan yang baik secara kualitas dan kuantitas. Kebutuhan lahan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk akan terus meningkat. Sehingga kebutuhan lahan untuk permukiman, perdagangan dan alih fungsi lahan pertanian lainnya akan semakin meningkat. Hal ini bisa menyebabkan masalah yang terjadi dalam kondisi lahan berupa kesuburan yang turun sehingga mempengaruhi produktivitas dan juga rendemen yang dihasilkan. Kajian tentang rendemen padi dilakukan menyebutkan bahwa secara nasional terjadi penurunan kuantitatif rendemen beras giling dari tahun ke tahun sekitar 65 persen pada tahun 80 an, 63,3 persen pada akhir tahun 90 an dan pada tahun 2000 menjadi 62 persen dan apabila mengacu hasil sensus BPS terhadap penggilingan padi tahun 2012, rata-rata rendemen giling sebesar 62,42

persen (Tani, 2016). Lahan pertanian yang terus dipupuk dengan urea ternyata hanya menunjukkan respon kesuburan tanaman seketika tetapi berdampak pada cepat habisnya bahan organik tanah (Hildayanti, et al., 2013). Lahan pertanian di Jawa Timur menurun setiap tahunnya. Oleh karena itu, di perlukan suatu kebijakan strategis agar lahan dimanfaatkan secara efisien dalam arti kesuburan tanah dan produktivitasnya tetap terjaga sehingga rendemen yang dihasilkan meningkat.

Berdasarkan aliran struktur umpan balik pada skenario kedua, beberapa strategi kebijakan yang cara kerjanya seiring waktu dapat meningkatkan kinerja sistem pertanian padi. Beberapa alternatif kebijakan yang dapat dilakukan oleh pemerintah pada skenario kedua diantaranya pemerintah melakukan pelatihan dan penyuluhan terhadap kelompok tani mengenai promosi pupuk organik dalam input pertanian perlu dilakukan selain untuk menambah nilai rendemen, penerapan pemupukan ini memiliki dampak positif pada kesuburan tanah dan aman digunakan untuk lingkungan dalam jangka panjang. Mempromosikan pelatihan kepada petani pentingnya penerapan praktek usaha tani berdasarkan GAP (Good Agriculture Practice). Melakukan proses penggilingan padi yang standar atau good milling practices serta adanya kebijakan intensif yang mendorong petani dan pelaku agribisnis padi lainnya meningkatkan efisiensi dan produktivitasnya, serta memperbaiki standar mutu dan kualitas produk. Pengembangan riset development kepada beberapa perguruan tinggi mengenai varietas unggul agar menambah produktivitas dan rendemen padi. Kebijakan dapat dilakukan pemerintah dengan menyediakan dukungan pengembangan maupun teknologi yang dapat meningkatkan produksi beras.

Hasil simulasi skenario ketiga yaitu penerapan penyuluhan pertanian berkelanjutan untuk meningkatkan kapasitas penyuluhan terhadap petani dan implementasi “Smart Agriculture” untuk meningkatkan pertanian produktivitas. Sebelum dilakukan skenario ketiga produktivitas mencapai 4.5 pada tahun 2030 setelah dilakukan skenario ketiga produktivitas mencapai 4.8 pada tahun 2030. Produksi padi mencapai 13.941.723 ton pada tahun 2030. Produksi beras mencapai 8.719.350 ton tahun 2030 dan pemenuhan rasio pangan mencapai 2,52 pada tahun 2030. Setelah dilakukan skenario ketiga produksi beras mencapai 9.577.221 ton

tahun 2030. Produksi beras mencapai 8.989.079 ton tahun 2030 setelah dilakukan skenario ketiga produksi padi mencapai 14.679.909 ton pada tahun 2030. Produksi beras mencapai 9.577.221 ton tahun 2030. Pemenuhan rasio mencapai 2,73 pada tahun 2030. Dalam hal pemenuhan rasio, skenario tiga masih di bawah rata-rata skenario kedua.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Wibowo & Suryani, 2018) bahwa praktek pertanian dengan mengadopsi “Smart Agriculture” seperti implementasi Internet of Things (IoT) dan sensor lain-lain dapat untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Selain itu, penting untuk mempertahankan produksi beras melalui tindakan yang ramah lingkungan dan mampu beradaptasi dengan tekanan lingkungan oleh karena itu melakukan pelatihan dan penyuluhan untuk belajar dengan melakukan melalui Farmer Field Schools (FFS) diharapkan untuk mengurangi kesenjangan produktivitas dan menambah produksi padi di lapangan.

Meskipun skenario penerapan “Smart Agriculture” memiliki banyak manfaat, tindakan skenario ketiga juga memiliki banyak tantangan dalam pelaksanaannya di sistem pertanian. Sebagian pertanian di Jawa Timur tidak selalu mengikuti aturan atau rekomendasi yang telah ditetapkan oleh pemerintah, seperti halnya penggunaan varietas unggul yang tahan terhadap perubahan iklim selain itu distribusi varietas unggul tidak merata. Inovasi teknologi baru dirasa lebih sulit untuk diterapkan, oleh karena itu sebagian besar petani masih menggunakan sistem budidaya seadanya. Selain itu beberapa fasilitas pendukung yang telah disediakan oleh pemerintah seperti informasi iklim dan kalender tanam tidak dapat diakses karena koneksi internet terbatas di desa atau daerah terpencil. Adanya kekurangan informasi perubahan iklim dan teknologi yang dipahami oleh petani dan petugas penyuluhan. Memahami tantangan diidentifikasi, koordinasi dan kerjasama antara pemangku kepentingan kunci adalah element penting untuk meningkatkan adopsi tindakan “Smart Agriculture” oleh petani. Selain itu pemerintah juga harus gencar dalam melakukan promosi dan transfer pengetahuan kepada petani mengenai adopsi “Smart Agriculture” yang didukung oleh kebijakan pemerintah, regulasi, dan program. Pembuatan perjanjian harus saling menguntungkan dan

memungkinkan kondisi untuk memberi hak petani dengan pedoman yang memadai dan alat-alat yang dapat diakses dan digunakan oleh para petani. Petugas penyuluhan memainkan peran penting sebagai bagian dari lembaga pemerintah dengan bekerja bersama dengan petani melalui pelatihan dan status asisten fasilitasi. Selain itu Gabungan Kelompok Tani juga harus diperkuat sebagai jaringan untuk meningkatkan kepercayaan petani dalam mengadopsi inisiatif baru.

Berdasarkan potensi, kendala dan peluang keberhasilan, maka skenario yang rasional yang dapat digunakan sebagai kebijakan dalam pengambilan keputusan oleh Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Jawa Timur untuk meningkatkan untuk meningkatkan kualitas hasil panen dan mencapai ketahanan pangan secara mandiri pada tahun 2030 adalah skenario nomor 2 yaitu skenario optimis peningkatan rendemen padi. Skenario ini terpilih karena dapat mencapai produksi beras sebesar 12.099.102 ton, hal ini dapat memenuhi rasio pemenuhan pangan sebesar 3,3 sehingga mampu mencapai tujuan ketersediaan beras surplus atau mampu memenuhi kebutuhan beras penduduk di Jawa Timur pada tahun 2030.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Kemudian dijabarkan pula saran-saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

1. Dalam membuat model harus memahami sistem yang akan dibuat. Memahami variabel-variabel yang mempunyai pengaruh significant pada model. Pemahaman tersebut berguna agar sistem dapat merepresentasikan kondisi nyata suatu sistem.
3. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kualitas hasil panen dipengaruhi oleh faktor kehilangan susut hasil panen, faktor rendemen dan faktor produktivitas (pengelolaan lahan). Dengan memperbaiki faktor tersebut, maka kualitas hasil panen padi akan semakin meningkat setiap tahunnya.
4. Semakin meningkatnya kualitas hasil panen padi maka akan berpengaruh terhadap beras yang dihasilkan, sehingga mampu untuk mencapai tujuan ketersediaan beras surplus atau mampu mencapai ketahanan pangan dengan memenuhi kebutuhan beras penduduk di Jawa Timur.
5. Hasil simulasi dianggap valid karena menghasilkan nilai E1 pada validasi luas lahan padi sebesar 0,12%, nilai E1 pada validasi luas panen padi sebesar 3%, nilai E1 pada validasi produktivitas padi sebesar 1%, nilai E1 pada validasi produksi padi sebesar 3%, dan nilai E1 pada validasi populasi penduduk sebesar 0,11%. Sedangkan pada nilai menghasilkan nilai E2 pada validasi luas lahan padi sebesar 0,28%, nilai E2 pada validasi luas panen padi sebesar 8%, nilai E2 pada validasi produktivitas padi sebesar 1%, nilai E2 pada validasi produksi padi sebesar 7%, dan nilai E2 pada validasi populasi penduduk sebesar 9%.

2. Pada skenario pertama yaitu penyelamatan susut hasil panen atau *postharvest losses* dengan perbaikan sistem pemanenan pertanian dapat meningkatkan produksi padi dan produksi beras. Namun pada produksi beras tidak begitu mengalami kenaikan yang significant. Pada skenario pertama rasio pemenuhan pangan (*fulfillment ratio*) mencapai 2,61% pada tahun 2030.
3. Pada skenario kedua peningkatan rendemen dengan penanganan awal pertanian dengan menerapkan tambahan dosis pemupukan phosphor, penggunaan bio-fertilizer, dan penggunaan benih unggul setelah dilakukan skenario mampu meningkatkan rendemen, dari nilai rendemen yang meningkat otomatis mempengaruhi produksi padi. Selain itu hal ini juga berpengaruh terhadap produksi beras yang dihasilkan mengalami kenaikan yang significant pada saat penggilingan. Pada skenario pertama rasio pemenuhan pangan (*fulfillment ratio*) mencapai 3,3% pada tahun 2030.
4. Pada skenario ketiga implementasi “Smart Agriculture” melalui penerapan manajemen pengetahuan mampu meningkatkan produktivitas sehingga mempengaruhi produksi padi. Namun skenario ketiga tidak mengalami kenaikan yang significant pada produksi beras. Pada skenario ketiga rasio pemenuhan pangan (*fulfillment ratio*) mencapai 2,73% pada tahun 2030.
5. Berdasarkan potensi, kendala dan peluang keberhasilan, maka skenario yang rasional yang dapat digunakan sebagai kebijakan dalam pengambilan keputusan oleh Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Jawa Timur untuk meningkatkan untuk meningkatkan kualitas hasil panen dan mencapai ketahanan pangan secara mandiri pada tahun 2030 adalah skenario nomor 2 yaitu skenario optimis peningkatan rendemen padi.

5.2 Saran

Saran yang diusulkan untuk mengembangkan topik dan permasalahan dalam penelitian ini adalah konsep dan model peningkatan kualitas hasil panen dapat diimplementasikan di daerah lainnya, dengan dilakukan penyesuaian terhadap lingkup studi kasus yang diinginkan. Penelitian ini dapat difokuskan pada ruang lingkup yang lebih kecil seperti kota, kabupaten dan lain sebagainya untuk

lebih mendetail. Kedepannya penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan pengembangan model melalui penambahan variabel. Sebagai contoh penambahan variabel penyesuaian harga beras di tingkat konsumen dan biaya logistik yang lebih mendetail lagi, agar akurasi model yang dibuat lebih baik dalam mencerminkan kondisi nyata. Sehingga model dapat digunakan sebagai alat pendukung pengambilan keputusan dalam merumuskan kebijakan untuk memastikan ketersediaan beras dan peningkatan pendapatan petani di bawah ketidakpastian rantai pasokan beras

Halaman ini sengaja di kosongkan

Daftar Pustaka

- Adnan, N., Nordin, S. M., Rahman, I. & Noor, A., 2017. The effects of knowledge transfer on farmers decision making toward sustainable agriculture practices in view of green fertilizer technology. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, pp. 98-115.
- Ahmad, T., Mahmood, H. S. & Ali, Z., 2016. Effect of paddy harvesting methods on rice quality and head rice recovery. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(24), pp. 14519-14523.
- Alamerew, Y. A. & Brissaud, D., 2018. *Modelling and Assessment of Product Recovery Strategies through Systems Dynamics*. s.l., s.n.
- Applanaidu, S. D., Bakar, N. A. & Baharudin, A. H., 2014. An Econometric Analysis of Food Security and Related Macroeconomic Variables in Malaysia: A Vector Autoregressive Approach (VAR). *UMK Procedia*, 1(October 2013), pp. 93-102.
- Arshad, F. M. & Hameed, A. A., 2010. Global Food Prices Implications for Food Security in Malaysia. *Journal of the Consumer Research and Resource Centre*, pp. 21-38.
- Asnawi, R., 2017. Peningkatan Produktivitas dan Pendapatan Petani Melalui Penerapan Model Pengelolaan Tanaman Terpadu Padi Sawah di Kabupaten Pesawaran, Lampung. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 14(1).
- Bala, B. et al., 2014. Modelling of food security in Malaysia. *Simulation Modelling Practice and Theory*, Volume 47, pp. 152-164.
- Bala, B. K. et al., 2017. Modelling of supply chain of rice in Bangladesh. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 4(2), pp. 181-197.
- Balbi, S., Gallejones, P. & Pappachan, C., 2015. Environmental Modelling & Software Modeling trade-offs among ecosystem services in agricultural production systems. *Environmental Modelling & Software journal*, Volume 72, pp. 314-326.
- Banayo, N. P., Haefele, S. M., Desamero, N. V. & Kato, Y., 2018. On-farm assessment of site-specific nutrient management for rainfed lowland rice in the Philippines. *Field Crops Research*, Volume 220, pp. 88-96.

- Barlas, Y., 1989. Multiple tests for validation of system dynamics type of simulation models. *European Journal of Operational Research* 42 , pp. 59-87.
- Baur, I. & Binder, C. R., 2015. Modeling and assessing scenarios of common property pastures management in Switzerland. *Ecological Economics*, Volume 119, pp. 292-305.
- Berkhout, E., Glover, D. & Kuyvenhoven, A., 2015. On-farm impact of the System of Rice Intensification (SRI): Evidence and knowledge gaps. *Agricultural Systems*, pp. 157-166.
- BPS, 2017. Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur, 2010, 2016 dan 2017, s.l.: s.n.
- BPS, 2018. Konsumsi Beras Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur, Jawa Timur: s.n.
- Chapman, A. & Darby, S., 2016. Evaluating sustainable adaptation strategies for vulnerable mega-deltas using system dynamics modelling: Rice agriculture in the Mekong Delta's An Giang Province, Vietnam. *Science of the Total Environment*, 559(June), pp. 326-338.
- David, J., 2018. Postharvest Losses Of Some Rice Improved Varieties In West Kalimantan Rice Production Center. *Jurnal Pertanian Agros*, 20(2), pp. 140-146.
- Debnath, D., Babu, S., Ghosh, P. & Helmar, M., 2018. The impact of India's food security policy on domestic and international rice market. *Journal of Policy Modeling*, 40(2), pp. 265-283.
- Ford, A., 1999. *Modeling the environment: an introduction to system dynamics models of environmental systems*. s.l.:Island Press.
- Girald, D. P., Betancur, M. J. & Arango, S., 2008. Food Security in Development Countries: A systemic perspective. *Conference of the System*, pp. 1-15.
- Hasan, N., Suryani, E. & Department, R. H., 2015. Analysis of Soybean Production And Demand to Develop Strategic Policy of Food Self Sufficiency: A System Dynamics Framework. *Procedia Computer Science*, Volume 72, pp. 605-612.
- Hasbullah, R. & Dewi, A. R., 2009. Kajian Pengaruh Konfigurasi Mesin Penggilingan Terhadap Rendemen Dan Susut Giling Beberapa Varietas Padi. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 23(2), pp. 119-124.

- Hasbullah, R. & Indaryani, R., 2009. Penggunaan Teknologi Perontokan untuk Menekan Susut dan Mempertahankan Kualitas Gabah. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 23(2), pp. 111-118.
- Hassan, Z. H., 2014. Assessment on Milling Yield and Milling Quality of Milled Rice in Kota Baru District, South Kalimantan Province. *Pangan*, 23(3), pp. 232-243.
- Hidayat, M. A., 2014. Technological Innovation for Management of Rice (*Oryza Sativa*) During Drying and Milling Process in Tidal Lowland of South Sumatra. Palembang, s.n.
- Hildayanti, S. K., Mulyana, A., Sriati & Gofar, N., 2013. Rice Farmer Income Using Organic And Inorganic Fertilizers In East Ogan Komerung Ulu (OKU). *AGRISEP*, 12(2), pp. 195-208.
- Hoang, H. K. & Meyers, W. H., 2015. Price stabilization and impacts of trade liberalization in the Southeast Asian rice market. *Food Policy*, Volume 57, pp. 26-39.
- Hong-xing, X. et al., 2017. Sustainable Management of Rice Insect Pests by Non-Chemical-Insecticide Technologies in China. *Rice Science*, 24(2), pp. 61-72.
- Ismail, W. I. F. W. & Ngadiman, N., 2017. Land Use Conversion on Rice Production: Policies, Rice Productivity and Paddy Landowners. *International Journal of Real Estate Studies*, 11(2).
- Iswari, K., 2012. Harvest and postharvest technology to reduce yield losses and improve rice quality. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(2), pp. 58-67.
- Jagadesh, M. et al., 2018. Wireless Sensor Network Based Agricultural Monitoring System. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 6(1), pp. 502-509.
- John, A., 2013. Price relations between export and domestic rice markets in Thailand. *Food Policy*, Volume 42, pp. 48-57.
- Karl M. Rich, P., Magda Rich, M. & Kanar Dizyee, M., 2018. Participatory systems approaches for urban and peri-urban agriculture planning: The role of system dynamics and spatial group model building. *Agricultural Systems*, Volume 160, pp. 110-123.
- Kopainsky, B., Hager, G., Herrera, H. & Nyanga, P. H., 2017. Transforming food systems at local levels: Using participatory system dynamics in an interactive

- manner to refine small-scale farmers' mental models. *Ecological Modelling*, Volume 362, pp. 101-110.
- Kraehmer, H., Thomas, C. & Vidotto, F., 2017. Rice Production in Europe. *Rice Production Worldwide*, pp. 93-116.
- Law, A. M. & Kelton, W. D., 1991. *Simulation Modelling and Analysis*. II penyunt. McGraw-Hili : s.n.
- Law, A. M. & Kelton, W. D., 2000. *Simulation Modeling and Analysis*. s.l.:Mc Graw Hill.
- Lovell, S. T., 2010. Multifunctional urban agriculture for sustainable land use planning in the United States. *Sustainability*, 2(8), pp. 2499-2522.
- Maclean, J., Hardy, B. & Hettel, G., 2013. *Rice Almanac: Source Book for the Most Important Economic Activities on Earth*. Fourth Edition penyunt. Los Baños, Philippines: IRRI.
- Mahajan, G., Kumar, V. & Chauhan, B. S., 2017. Rice Production in India. Dalam: *Rice Production Worldwide*. s.l.:s.n., pp. 53-93.
- Mahbubi, A., 2013. Model Dinamis Supply Chain Beras Berkelanjutan. *Jurnal Manajemen dan Agribisnis*, 10(2), pp. 81-89.
- Mahmood, H. S. & Ali, Z., 2016. Effect of paddy harvesting methods on rice quality and head rice recovery. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(24), pp. 14519-14523.
- Maulana, M., 2012. Perancangan ulang alat perontok padi yang ergonomis untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas kebersihan padi. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 10(3), pp. 78-85.
- Melkonyan, A., Krumme, K., Gruchmann, T. & Torre, G. D. L., 2017. Sustainability assessment and climate change resilience in food production and supply. *Energy Procedia*, Volume 124, pp. 131-138.
- Milovanovic, V. & Smutka, L., 2018. Cooperative rice farming within rural Bangladesh. *Journal of Co-operative Organization and Management*, 6(1), pp. 11-19.
- Mohamed, Z., Terano, R., Sharifuddin, J. & Rezai, G., 2016. Determinants of Paddy Farmer's Unsustainability Farm Practices. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, Volume 9, pp. 191-196.

- Mulyani, A., Kuncoro, D., Nursyamsi, D. & Agus, F., 2016. Analysis of Paddy Field Conversion: The Utilization of High Resolution Spatial Data Shows an Alarming Conversion Rate. *Jurnal Tanah dan Iklim* , 40(2), pp. 121-133.
- Munbyarto, 1995. *Pengantar Ekonomi Pertanian*. 3 penyunt. Jakarta: LP3ES.
- Naylor, R. L. et al., 2007. Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(19).
- Niang, A. et al., 2017. Variability and determinants of yields in rice production systems of West Africa. *Field Crops Research*, Volume 207, pp. 1-12.
- Nie, L. & Peng, S., 2017. *Rice Production Worldwide*. Dalam: *Rice production in Europe*. s.l.:Springer, pp. 33-52.
- Nurmala, T., 2012. *Pengantar Ilmu Pertanian*. 1 penyunt. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Olayide, O. E., Tetteh, I. K. & Popoola, L., 2016. Differential impacts of rainfall and irrigation on agricultural production in Nigeria: Any lessons for climate-smart agriculture?. *Agricultural Water Management*, Volume 178, pp. 30-36.
- Oort, P. V. et al., 2015. Assessment of rice self-sufficiency in 2025 in eight African countries. *Global Food Security*, Volume 5, pp. 39-49.
- Panuju, D. R., Mizuno, K. & Trisasongko, B. H., 2013. The dynamics of rice production in Indonesia 1961–2009. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 12(1), pp. 27-37.
- Patil, S. S. S. V., 2015. Key indicators of rice production and consumption, correlation between them and supply-demand prediction. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 64(8), pp. 1113-1137.
- Pedroso, R. et al., 2018. Technical efficiency of rice production in the delta of the Vu Gia Thu Bon river basin, Central Vietnam. *World Development Perspectives*, 9(April 2017), pp. 18-26.
- Perdinan, Dewi, N. W. S. P. & Dharma, A. W., 2018. Lesson learnt from Smart Rice Actions in Indonesia. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 6(2), pp. 9-20.
- Prabowo, S., 2006. Pengolahan dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Dan Kimia Serta Kualitas Beras. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 1(2), pp. 43-49.
- Riaz, M., Ismail, T. & Akhtar, S., 2017. Harvesting, Threshing, Processing, and Products of Rice. Dalam: *Rice Production Worldwide*. s.l.:s.n., pp. 419-453.

- Rizkarmen, M., Dahlan, R. M. & Gondokaryono, Y. S., 2015. Designing a Rice Logistics Distribution System In West Java. Bali, s.n.
- Rohmah, D. U. M., Dania, W. A. P. & Dewi, I. A., 2015. Risk Measurement of Supply Chain Organic Rice Product Using Fuzzy Failure Mode Effect Analysis in MUTOS Seloliman Trawas Mojokerto. Agriculture and Agricultural Science Procedia, Volume 3, pp. 108-113.
- Rusono, N. et al., 2015. Penyusunan RPJMN 2015-2019 Bidang Pangan dan Pertanian, Jakarta Pusat: Direktorat Pangan dan Pertanian Bappenas.
- Samrin & Amirullah, J., 2018. Kajian adaptasi varietas unggul baru padi sawah pada musim hujan dan kemarau di Sulawesi Tenggara. Jurnal Triton, 9(1), pp. 21-29.
- Schmidt, J. W. & Taylor, R. E., 1970. Simulation and Analysis of Industrial Systems. III penyunt. Homewood: Richard D. Irwin.
- Shahmohammadi, M. S., Yusuff, R. M., Keyhanian, S. & G, H. S., 2015. A decision support system for evaluating effects of Feed-in Tariff mechanism : Dynamic modeling of Malaysia ' s electricity generation mix. Applied Energy, Volume 146, pp. 217-229.
- Soemantri, A. S., Luna, P. & Jamal, I. B., 2016. Strategy to increase rice production with the emphasis on the losses during harvest and postharvest using modeling system approach: Case study in district Indramayu, West Java. Informatika Pertanian, Volume Vol 25 No 2, pp. 249-260.
- Sterman, J. D., 2000. Business Dynamics System Thinking and Modeling for a Complex World. s.l.:Jeffrey J.Shelstad.
- Stuart, A. M. et al., 2018. On-farm assessment of different rice crop management practices in the Mekong Delta, Vietnam, using sustainability performance indicators. Field Crops Research, 229(October), pp. 103-114.
- Stuart, A. M. et al., 2018. On-farm assessment of different rice crop management practices in the Mekong Delta, Vietnam, using sustainability performance indicators. Field Crops Research, 229(October), pp. 103-114.
- Suryana, A., 2005. Arah dan Strategi Revitalisasi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Suryani, E., 2005. Pemodelan dan Simulasi. s.l.:Graha Ilmu.

- Suryani, E., Hendrawan, R. A., Mulyono, T. & Dewi, L. P., 2014. Jurnal Teknologi Full paper System Dynamics Model to Support Rice Production and Distribution for Food Security. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 3(68), pp. 45-51.
- Swastika, D. K. S., 2012. The Role of Post Harvest Handling on Rice Quality in Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 30(1), pp. 1-11.
- Tani, B., 2016. Upaya Meningkaltkan Surplus Beras Jawa Timur dengan Menekan Kehilangan Hasil, Surabaya: Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur.
- Thongrattana, P. T. & Robertson, P. W., 2008. The Impact of Uncertain Environment on Rice Supply Chain Performance in Northeast Thailand. s.l., s.n.
- Timsina, J. et al., 2018. Can Bangladesh produce enough cereals to meet future demand?. *Agricultural Systems*, Volume 163, pp. 36-44.
- Tjahjohutomo, R., 2008. Komersialisasi inovasi teknologi hasil petanian dan pengembangan pertanian, Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Trisnanto, T. B., 2013. Value Added of Paddy Seed Processing in Metro City Nilai. *Jurnal Ilmiah ESAI*, 7(2), pp. 1-15.
- Tun, Y. & Kang, H.-J., 2015. An Analysis on the Factors Affecting Rice Production Efficiency in Myanmar. *Journal of East Asian Economic Integration*, 19(2), pp. 167-188.
- Walters, J. P. et al., 2016. Exploring agricultural production systems and their fundamental components with system dynamics modelling. *Ecological Modelling*, Volume 333, pp. 51-65.
- Wibowo, A. D., Moeis, A. O., Wiguna, C. B. & Chaulan, T. A. C., 2015. Policy Model of Production and Price of Rice in Kalimantan Selatan. s.l., s.n.
- Wibowo, T. W. L. & Suryani, E., 2018. Smart Agriculture Implementation Planning To Increase Rice Production And Reduce Greenhouse Gas Emissions Using System Dynamics Approach. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 3(6), pp. 602-608.
- Xu, J., Kang, J., Shao, L. & Zhao, T., 2015. System dynamic modelling of industrial growth and landscape ecology in China. *Journal of Environmental Management*, Volume 161, pp. 92-105.

Zecca, F. & Rastorgueva, N., 2018. Knowledge management and sustainable agriculture : The Italian case Knowledge Management and Sustainable Agriculture : The Italian Case. *Food Safety Management*, 18(159), pp. 97-104.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI



Nama lengkap Mala Rosa Aprillya lahir di Lamongan, tanggal 01 April 1995, anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Slamet dan Ibu Munaiyah. Penulis adalah warga negara Indonesia dan beragama Islam. Adapun riwayat pendidikan penulis yaitu lulusan Lulusan SMAN 2 Lamongan tahun 2012. Kemudian pada tahun 2012 penulis melanjutkan studi ke Universitas Trunojoyo Madura dengan mengambil Program Studi S1 Teknik Informatika, dengan masa tempuh selama 4 tahun. Penulis kemudian bekerja selama satu tahun sebelum melanjutkan pendidikan ke tingkat yang lebih tinggi yaitu Magister di Jurusan Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2017 semester Genap. Penulis dapat dihubungi di alamat email rosaprillya@gmail.com.