

OAJIS

Open Access
Journal of
Information
Systems

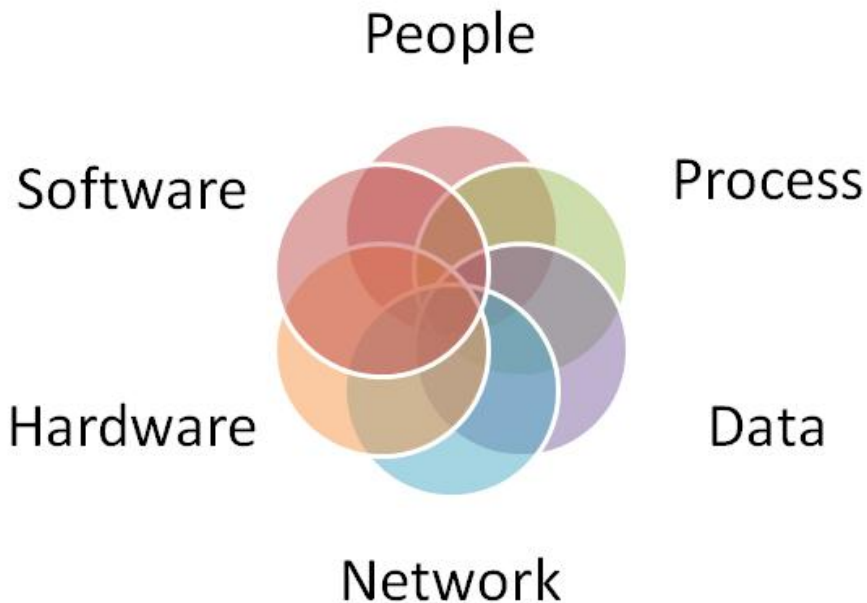
is.its.ac.id/pubs/oajis/

ISSN 1979-3979



SISFO

Inspirasi Profesional Sistem Informasi



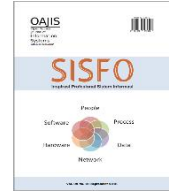
OAJIS

Open Access
Journal of
Information
Systems
is.its.ac.id/pubs/oajis/

SISFO

Inspirasi Profesional Sistem Informasi

Jurnal SISFO Vol. 09 No. 02 (2020) i-ii



Pimpinan Redaksi

Faizal Mahananto

Dewan Redaksi

Eko Wahyu Tyas Darmaningrat

Amna Shifia Nisafani

Arif Wibisono

Rully Agus Hendrawan

Tata Pelaksana Usaha

Achmad Syaiful Susanto

Rini Ekowati

Sekretariat

Departemen Sistem Informasi – Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) – Surabaya

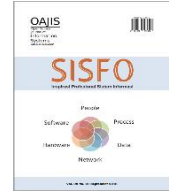
Telp. 031-5999944 Fax. 031-5964965

Email: editor@jurnalsisfo.org

Website: <http://jurnalsisfo.org>

Jurnal SISFO juga dipublikasikan di *Open Access Journal of Information Systems* (OAJIS)

Website: <http://is.its.ac.id/pubs/oajis/index.php>



Mitra Bestari

Ahmad Muklason, S.Kom., M.Sc., Ph.D. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Andre Parvian Aristio, S.Kom., M.Sc. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

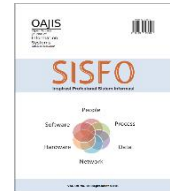
Izzat Aulia Akbar, S.Kom., M.Eng., Ph.D. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Nur Aini Rakhmawati, S.Kom., M.Sc.Eng., Ph.D. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Raras Tyasnurita, S.Kom., MBA. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Retno Aulia Vinarti, S.Kom., M.Kom., Ph.D. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Yogantara Setya Dharmawan, S.Kom., MBusProcessMgt (Universitas Internasional Semen Indonesia)



Daftar Isi

The Conformance Checking Proses Mining SAP-SD (Sales and Distribution) dengan Metode Heuristic Miner

Alexander Hestu Kusuma, Gunawan, Joan Santoso 1

Analisa Perilaku Penonton Youtuber Cilik Di Indonesia Berdasarkan Komentar Di Media Sosial

Nur Aini Rakhmawati, Irfan Rifqi Susetyo, Dewi Septina Br Pelawi, Bima Triadi Ruslan, Anezka Clarissa Kayla, Anisa Gemelia Adini 13

A ERP Systems in Higher Education: A Systematic Literature Review

Osamah Alhadi A. Alloush dan Mahendrawathi ER 21

Decision Support System untuk Swasembada Jagung Nasional dalam mendukung Sustainable Food Security

Diesta Iva Maftuhah, Budisantoso Wirjodirdjo, Aisyah Nisrina Hamidah, Akbar Faktorial Sain..... 29

Evaluasi Penerapan Modul Plant Maintenance pada ERP untuk Proses Pemeliharaan dengan Metode Analisis Event Log (Studi Kasus PT. Freeport Indonesia)

Andre Parvian Aristio, Mudjahidin, Arrindika Pradana Ramadhansyah 41

Halaman ini sengaja dikosongkan

Decision Support System untuk Swasembada Jagung Nasional dalam mendukung Sustainable Food Security

Diesta Iva Maftuhah^{a,*}, Budisantoso Wirjodirdjo^a, Aisyah Nisrina Hamidah^a, Akbar Faktorial Sain^a

^aDepartemen Teknik & Sistem Industri, Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Abstract

Corn is one of the main commodities in supporting Indonesia's food crop economy and is one of six strategic targets to accelerate the development of Indonesia's agricultural infrastructure. To achieve self-sufficiency in corn that can meet national needs and availability, it can be done by reducing import activities. Because there are many variables within system that have interdependencies, system dynamics simulation is an appropriate approach to be used to cope with the complexity and uncertainty of this system continuously. Therefore, this study aims to create a decision support system (DSS) regarding zero imports of corn to support sustainable food security. This research was conducted by running three scenarios, namely Scenario I (using 80% of hybrid superior seeds), Scenario II (proportion of corn sales to the industrial market by 85%), and Scenario III (a combination of Scenarios I and II). Based on the results of the study, it was found that the best scenario was Scenario III which had an impact on imports by 30% and corn export revenues by 77%.

Keywords: Decision Support System (DSS), Sustainable Food Security, System Dynamics, Corn Self-Sufficiency Comodity

Abstrak

Jagung merupakan salah satu komoditas utama dalam mendukung perekonomian tanaman pangan Indonesia dan merupakan salah satu dari enam sasaran strategis untuk mempercepat pembangunan infrastruktur pertanian Indonesia. Untuk menuju swasembada jagung yang dapat memenuhi kebutuhan dan ketersediaan nasional, dapat dilakukan dengan mengurangi aktivitas impor. Karena terdapat banyak variabel dalam sistem ketersediaan jagung yang saling mempengaruhi, maka simulasi system dynamics sangat tepat digunakan untuk melihat kompleksitas dan ketidakpastian dari sistem ini secara kontinyu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem pendukung keputusan (DSS) mengenai zero import jagung nasional untuk mendukung ketahanan pangan berkelanjutan. Penelitian ini dilakukan dengan menjalankan tiga skenario, yaitu Skenario I (menggunakan 80% bibit unggul hibrida), Skenario II (proporsi penjualan jagung ke pasar industri sebesar 85%), dan Skenario III (kombinasi Skenario I dan II). Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan hasil bahwa skenario terbaik adalah Skenario III yang berdampak pada penurunan impor sebesar 30% dan pendapatan ekspor jagung sebesar 77%.

Kata kunci: Decision Support System (DSS), Sustainable Food Security, System Dynamics, Swasembada Jagung

© 2020 Jurnal SISFO

Histori Artikel : Disubmit 21-01-2020 ; Direvisi 29-01-2020; Diterima 31-01-2020; Tersedia Online 31-01-2020

1. Pendahuluan

Jagung merupakan salah satu komoditas pangan utama di Indonesia dan menjadi salah satu sumber bahan pangan dengan permintaan yang relatif tinggi setiap tahunnya. Pada saat ini, pemerintah sedang berupaya untuk memprioritaskan jagung sebagai salah satu komoditas bahan pokok strategis untuk dikonsumsi oleh manusia dan juga ternak. Berdasarkan data [1], pada periode 2003-2015, luas panen jagung mengalami penurunan dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 1,52%. Penurunan luas panen terjadi pada tahun 2006 sebesar 7,72%, pada tahun 2011 sebesar 6,46%, pada

*Corresponding author

Email address: diesta@ie.its.ac.id (Diesta Iva Maftuhah)

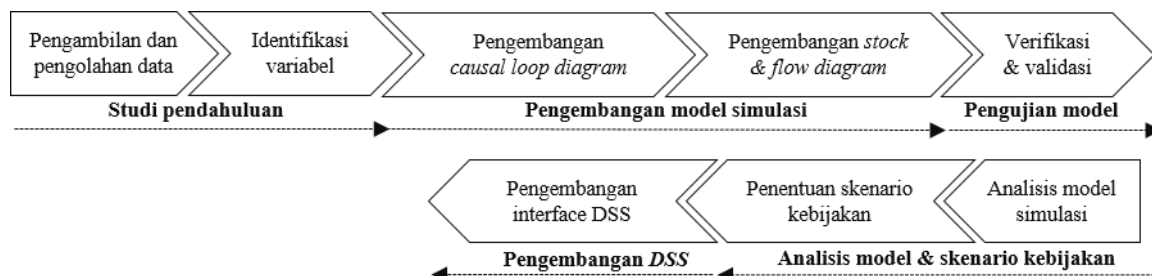
<https://doi.org/10.24089/j.sisfo.2020.01.004> (DOI)

tahun 2013 sebesar 3,44%, serta pada tahun 2015 sebesar 1,29%. Serta terjadi peningkatan luas panen tertinggi yaitu pada tahun 2008 sebesar 10,24%, pada tahun 2012 sebesar 2,4%, dan pada tahun 2014 sebesar 0,41%. Dengan adanya perubahan fluktuasi kenaikan dan penurunan tersebut, menunjukkan bahwa semakin terbatasnya lahan untuk perluasan jagung. Hal ini akan berdampak pada penurunan produktivitas jagung untuk memenuhi kebutuhan nasional. Meskipun pada periode 2013-2015, produksi jagung Indonesia mengalami rata-rata peningkatan sebesar 0,45% yang awalnya di tahun 2013 sebesar 18,51 juta ton dan meningkat di tahun 2015 sebesar 19,61 ton. Namun, secara keseluruhan periode 2003-2015, Indonesia mengalami rata-rata peningkatan produksi jagung sebesar 5,62%.

Disamping itu, walaupun produksi jagung Indonesia mengalami peningkatan, tetapi Indonesia masih melakukan impor jagung dari negara lain karena permintaan jagung nasional semakin meningkat dari tahun ke tahun. Menurut Hermanto et al (2015), beberapa negara melakukan impor jagung, seperti Argentina, Amerika Serikat, Brasil, dan Australia [2]. Impor jagung Indonesia terbesar berasal dari Argentina dengan volume sebesar 250 ribu ton/tahun. Sementara itu, kebutuhan jagung sebesar 15,5 juta ton dengan 8,59 juta ton untuk kebutuhan industri, 2,92 juta ton untuk kebutuhan peternak mandiri, dan 3,99 juta untuk kebutuhan pasar konsumsi [3]. Dalam menunjang adanya peningkatan jumlah kebutuhan jagung Indonesia, perlu dilakukan peningkatan jumlah produksi jagung. Peningkatan produksi jagung di Indonesia dapat dilakukan dengan menggunakan dua jenis bibit, yaitu bibit unggul dan bibit normal. Bibit unggul memiliki harga yang lebih mahal daripada bibit normal. Jenis bibit unggul dapat meningkatkan produktivitas sebanyak tiga kali dibandingkan dengan menggunakan bibit normal.

Selama ini penelitian terkait ketahanan pangan sudah sering dilakukan. Namun, tidak banyak penelitian yang dilakukan dengan mengembangkan model untuk ketahanan pangan atau bahkan belum ada yang mengembangkan sistem pendukung keputusan (DSS) untuk topik tersebut. Chauhdarya, J., N. et al (2019) melakukan permodelan dan eksperimentasi untuk meningkatkan produksi jagung dengan mengatur frekuensi irigasi dan tingkat kesuburan tanah [4]. Studi tersebut disimulasikan berdasar-kan dengan data time series dan data langsung di lahan pertanian jagung. Sementara itu, Rivza, S. et al (2012) membangun suatu model dinamis untuk mengetahui risiko dan produktivitas yang akan dihasilkan dari produksi biogas melalui konversi biomassa di Latvia, Swedia [5]. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah metodologi *system dynamics* dengan mempertimbangkan empat modul yaitu resource, produksi, keuangan dan risiko. Adapun Desweni, S., P. et al (2013) melakukan analisis dampak yang diberikan dari harga jagung, padi, dan pendapatan perkapita terhadap permintaan dari konsumsi jagung di Indonesia [6]. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah model persamaan simultan. Di samping itu, Rahmah, D., M. et al (2017) memodelkan produksi jagung di Indonesia dengan menggunakan *system dynamics*, namun belum memperhatikan faktor impor atau ekspor jagung [7]. Sementara, Panikkai, S. et al (2017) sudah mengakomodasi faktor ekspor dan impor jagung, namun tidak memperhatikan pendapatan petani [8], serta Rachmawati, L.F et al (2016) melakukan studi tentang rekayasa model *system dynamics* pada komoditas jagung untuk mendukung program upaya khusus di Jawa Barat [9]. Dalam penelitian tersebut didapat bahwa terdapat nilai impor tinggi yaitu jagung dan melakukan upaya penurunan impor dengan cara peningkatan produktivitas dan penggunaan teknologi mesin dryer. Selain itu, juga terdapat penelitian terkait ketahanan pangan nasional antara komoditas jagung dan ayam dengan menggunakan *system dynamics* [10]. Penelitian tersebut hanya menggambarkan konseptualisasi sistem pangan nasional antara *supply* dan *demand* ayam dan jagung, namun belum dilanjutkan dalam model simulasi. Pemodelan *food safety* juga telah dilakukan oleh Suprianto, J dan Suryani, E (2014) yang meneliti tentang logistik beras untuk menjaga stabilitas harga beras [11], serta kebijakan industri gulag una mendukung ketersediaan gula di pasar [12].

Berdasarkan permasalahan dan gap penelitian tersebut yang telah diuraikan sebelumnya, maka penulis perlu melakukan penelitian untuk membuat sebuah kebijakan mendukung swasembada jagung nasional bagi pasar industri dan pasar konsumsi melalui *zero import* jagung dengan menggunakan *decision support system*. Melalui sistem pendukung keputusan ini, nantinya model akan disimulasikan dengan simulasi *system dynamics*, lalu akan dihasilkan skenario kebijakan terbaik yang bisa diimplementasikan untuk permasalahan di atas. Metodologi ini pertama kali dikembangkan oleh Forrester, J.W. (1994) pada tahun 1950 [13]. Hingga saat ini pendekatan *system dynamics* masih digunakan untuk menyelesaikan kasus yang kompleks, bahkan bidang *renewable energy* (seperti energi panas bumi) yang dikaji potensinya melalui metode ini [14]. *System dynamics* dapat memetakan aspek-aspek yang berbeda dari suatu masalah, dan merupakan metode yang efektif dalam menganalisis sistem yang penuh ketidakpastian dan bergantung pada waktu (kontinyu). *System dynamics* juga bertujuan untuk menguji skenario yang berbeda dengan pandangan sistemik dari masalah. Jadi, ini memungkinkan pembuat keputusan untuk melakukan simulasi serta menguji kebijakan yang diusulkan dan digunakan untuk melihat hasil jangka panjang dari penerapan setiap kebijakan sebelum membuat keputusan akhir.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

2. Metodologi

Metodologi penelitian didasarkan pada langkah-langkah umum pendekatan system dynamics. Dalam hal ini, penulis melakukan *running* simulasi selama sepuluh tahun, dari 2019 sampai 2029. Serta asumsi yang penulis gunakan adalah ketika proporsi penjualan ke pasar industri meningkat, maka proporsi penjualan ke pasar industri menurun serta ketika stok jagung menurun maka harga jual meningkat. Pengambilan kebijakan dilakukan dengan menggunakan simulasi *system dynamics*. Simulasi ini dilakukan dengan lima tahap secara umum seperti yang digambarkan dalam Gambar 1, yaitu (1) studi pendahuluan: mengambil dan mengolah data, serta mengidentifikasi variabel yang relevan dengan tujuan penelitian, (2) pengembangan model simulasi: mengembangkan *causal loop diagram* sebagai model konseptual dan model *stock and flow diagram*, (3) pengujian model: melakukan verifikasi dan validasi terhadap model, dan (4) melakukan penentuan skenario kebijakan untuk mendukung tujuan *zero import*, serta terakhir adalah (5) membuat *interface* untuk *Decision Support System* (DSS). Variabel yang berpengaruh signifikan terhadap sistem swasembada jagung ini, yaitu investasi bibit unggul dan normal serta proporsi penjualan untuk pasar industri dan pasar konsumsi. Variabel yang berpengaruh, nantinya akan menjadi skenario dalam simulasi untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai.

Pertama, dilakukan pengumpulan data primer maupun sekunder yang dihasilkan melalui observasi dan studi literatur terkait permasalahan. Sebelum melakukan tahap penelitian utama, pemahaman tentang kegiatan produksi jagung sebagai objek penelitian dan bagaimana data yang harus dikumpulkan. Selain itu, data yang relevan dikumpulkan menggunakan tinjauan literatur (Laporan BPS, outlook jagung Indonesia dan beberapa jurnal & artikel). Data yang telah dikumpulkan selanjutnya diidentifikasi dan diproses untuk mendapatkan variabel yang relevan untuk membangun model konseptual. Kedua, memodelkan kegiatan produksi, ekspor dan impor jagung Indonesia yang berkelanjutan menggunakan model *causal loop diagram*. Setelah itu, dilanjutkan untuk membuat model simulasi *stock and flow diagram*. Pada tahap ketiga, pengujian model dilakukan dengan cara verifikasi dan validasi model simulasi dengan model konseptual dengan cara memeriksa error yang terjadi pada model dan memastikan bahwa model berfungsi sesuai dengan logika pada sistem amatan. Verifikasi dan validasi juga dilakukan untuk memeriksa model, serta konsistensi unit variabel pada model. Setelah model terverifikasi dan valid, tahapan selanjutnya adalah mengembangkan beberapa skenario dengan membandingkan beberapa skenario yang dapat berpengaruh secara signifikan terhadap fungsi tujuan. Tahap terakhir adalah membuat *interface* untuk *decision support system* untuk memudahkan pengambil kebijakan dalam mengambil skenario kebijakan tanpa harus mengubah model simulasi *stock and flow diagram*-nya.

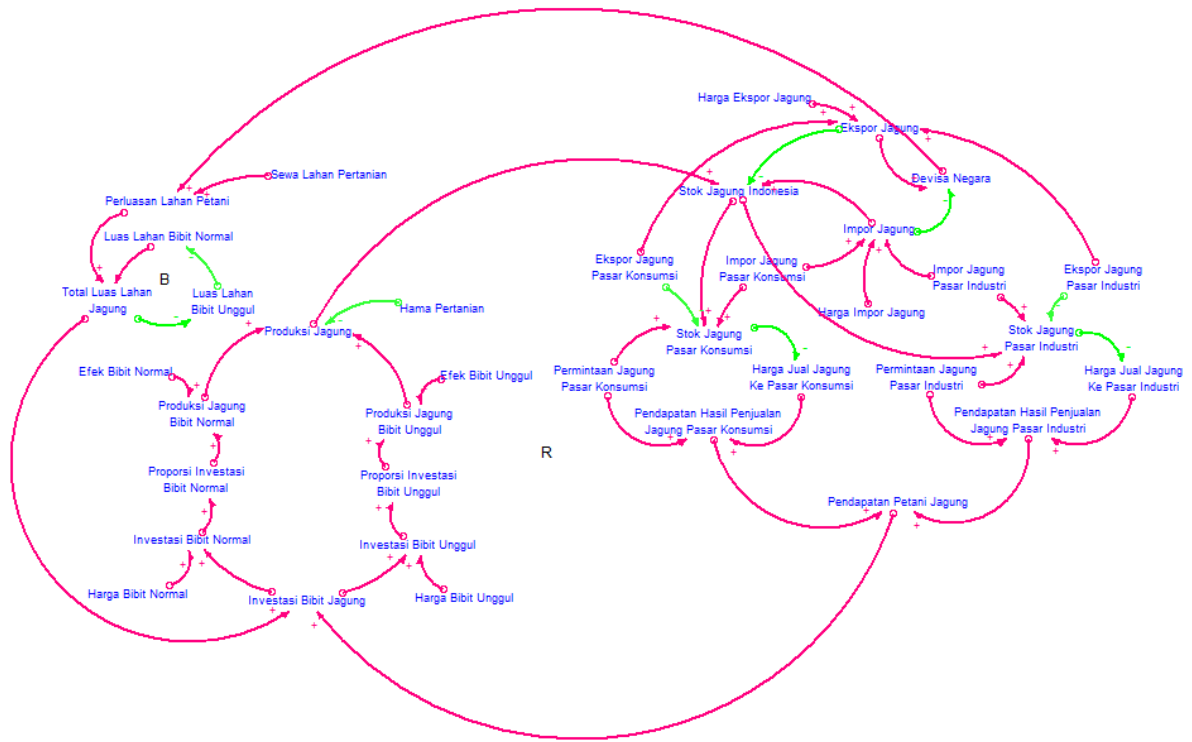
3. Pengembangan Model dan Diskusi

3.1. Studi Pendahuluan (Preliminary Studies)

Studi pendahuluan digunakan untuk memberikan gambaran simulasi *system dynamics* yang dibuat. Tahapan ini awalnya dilakukan dengan mengidentifikasi variabel yang saling berinteraksi dan memiliki hubungan antar variabelnya untuk mendukung tujuan penelitian. Setelah itu, dilakukan penyusunan diagram interaksi antar variabel dengan menggunakan *causal loop diagram* dan *stock and flow diagram* berdasarkan model sistem simulasi amatan.

3.2. Identifikasi Variabel

Penulis melakukan identifikasi variabel yang bertujuan untuk memahami variabel dan definisi setiap variabel terhadap objek amatan terkait sistem ketersediaan jagung nasional. Variabel yang diidentifikasi merupakan variabel yang terkait dengan tujuan penelitian, yaitu sistem ketersediaan jagung nasional yang mendukung *zero import*. Tabel 1



Gambar 2. Causal Loop Diagram Sistem Swasembada Jagung dalam Mendukung Sustainable Food Security

merupakan identifikasi variabel-variabel dari permasalahan yang diangkat. Dalam tabel tersebut, dijelaskan mengenai definisi dari variabel yang teridentifikasi, beserta unit/satuan dan jenis *stock & flow diagram*-nya. Tabel ini akan menjadi input untuk membuat model konseptual dan simulasi.

3.3. Pengembangan Model Konseptual (Causal Loop Diagram)

Setelah mengidentifikasi variabel, dilakukan penyusunan *causal loop diagram* untuk mengetahui hubungan sebab akibat antar variabel. Menurut Siswosudarmo, M. et al (2001), *causal loop diagram* atau diagram sebab akibat merupakan kejadian sebab akibat yang ditunjukkan dalam sebuah gambar tertentu yang dihubungkan dengan menggunakan anak panah [15]. Anak panah yang bertanda positif menunjukkan hubungan yang berbanding lurus, sedangkan anak panah yang bertanda negatif menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik. Dalam *causal loop diagram*, terdapat dua *feedback loop*, yaitu R (*Reinforcing*) dan B (*Balancing*). R (*Reinforcing*) merupakan sebuah *feedback loop* yang memiliki nilai positif, sedangkan B (*Balancing*) merupakan sebuah *feedback loop* yang memiliki nilai negatif. *Causal loop diagram* bertujuan supaya variabel utama dapat tergambar dalam model simulasi sebagai model konseptual dari simulasi. *Causal loop diagram* dari permasalahan yang diangkat ditunjukkan pada Gambar 2.

3.4. Pengembangan Model Simulasi (Stock & Flow Diagram)

Setelah membangun *causal loop diagram*, penulis kemudian membangun model *stock and flow* untuk melibatkan persamaan matematika. Diagram *stock and flow* digunakan untuk menggambarkan variabel model mengenai proses akumulasi dan aliran informasi dan material dalam sistem. Interaksi variabel yang dimodelkan pada diagram *stock and flow* menghasilkan beberapa variabel yang saling terkait. Perancangan diagram ini mempertimbangkan tujuan penelitian dimana diagram *stock and flow* yang dihasilkan mampu membangkitkan pengaruh variabel kebijakan terhadap sistem amatan. Seperti yang dapat dilihat, beberapa variabel status didefinisikan, misalnya stok produksi jagung, proporsi investasi bibit unggul, proporsi penjualan jagung ke pasar industri, dan sebagainya. Model diagram *stock and flow* pada model sistem skenario pengembangan komoditas jagung Indonesia dengan tujuan mendukung program

Tabel 1. Identifikasi Variabel Sistem

| No. | Variabel | Keterangan | Unit | Jenis |
|-----|--|--|---------------|-----------|
| 1 | Stok Jagung Indonesia | Persediaan jagung di Indonesia | Ton | Stock |
| 2 | Produksi Jagung | Laju produksi jagung di Indonesia | Ton / Waktu | Rate |
| 3 | Produksi Jagung Bibit Unggul | Total Produksi jagung bibit unggul di Indonesia | Ton | Stock |
| 4 | Produksi Jagung Bibit Normal | Total Produksi jagung bibit normal di Indonesia | Ton | Stock |
| 5 | Produksi Holtikultura | Produksi holtikultura di Indonesia | Ton / Waktu | Converter |
| 6 | Efek Bibit Unggul | Dampak penggunaan bibit unggul terhadap produksi jagung | 1 / Time | Converter |
| 7 | Efek Bibit Normal | Dampak penggunaan bibit normal terhadap produksi jagung | 1 / Time | Converter |
| 8 | Harga Bibit Unggul | Harga bibit unggul per ton | Rupiah / Ton | Converter |
| 9 | Harga Bibit Normal | Harga bibit normal per ton | Rupiah / Ton | Converter |
| 10 | Bibit unggul dibeli | Bibit unggul yang dibeli petani | Ton | Converter |
| 11 | Bibit normal dibeli | Bibit normal yang dibeli petani | Ton | Converter |
| 12 | Investasi Bibit | Laju investasi yang dikeluarkan petani untuk membeli bibit unggul dan bibit normal | Rupiah / Time | Rate |
| 13 | Luas Lahan Petani | Total luas lahan petani di Indonesia | Ha | Stock |
| 14 | Luas Lahan Jagung | Perubahan Luas lahan jagung di Indonesia | Ha | Rate |
| 15 | Luas Lahan Holtikultura | Perubahan Luas lahan holtikultura di Indonesia | Ha | Rate |
| 16 | Sewa Lahan Pertanian | Harga sewa lahan pertanian di Indonesia | Rupiah / Ha | Converter |
| 17 | Pendapatan Petani Jagung | Pendapatan yang didapatkan petani jagung | Rupiah | Stock |
| 18 | Harga jual jagung ke pasar konsumsi | Harga pembelian jagung petani oleh pasar konsumsi | Rupiah | Converter |
| 19 | Harga jual jagung ke pasar industri | Harga pembelian jagung petani oleh pasar industri | Rupiah | Converter |
| 20 | Harga jual jagung ke peternak mandiri | Harga pembelian jagung petani oleh peternak mandiri | Rupiah | Converter |
| 21 | Penjualan Jagung Pasar Konsumsi | Laju penjualan jagung ke pasar konsumsi | Ton/Time | Rate |
| 22 | Penjualan olahan Jagung Pasar Industri | Laju penjualan olahan jagung ke pasar industri | Ton/Time | Rate |
| 23 | Penjualan Jagung Peternak Mandiri | Laju penjualan jagung peternak mandiri | Ton/Time | Rate |
| 24 | Demand jagung pasar industri | Demand jagung yang diolah untuk keperluan industri | Ton/Time | Converter |
| 25 | Demand jagung pasar konsumsi | Demand jagung yang diolah untuk keperluan pasar konsumsi | Ton/Time | Converter |
| 26 | Stok Jagung Pasar Konsumsi | Jumlah stok jagung di pasar konsumsi | Ton | Stock |
| 27 | Stok Jagung Pasar Industri | Jumlah stok jagung di pasar industri | Ton | Stock |
| 28 | Stok Jagung Peternak Mandiri | Jumlah stok jagung di pasar peternak mandiri | Ton | Stock |
| 29 | Pengeluaran Impor Jagung | Jumlah impor jagung di Indonesia | Ton/Time | Rate |
| 30 | Impor jagung | Impor yang dilakukan dengan pertimbangan stok jagung dengan demand jagung | unitless | Converter |
| 31 | Pendapatan ekspor Jagung | Laju pendapatan ekspor jagung di Indonesia | Ton/Time | Rate |
| 32 | Harga Impor Jagung | Harga beli impor jagung per unit | Rupiah/Ton | Converter |
| 33 | Harga Ekspor Jagung | Harga jual ekspor jagung per unit | Rupiah/Ton | Converter |
| 34 | Proporsi Hama | Proporsi Jumlah hama pada lahan pertanian | unitless | Converter |
| 35 | Intensitas musim hujan | Intensitas hujan (1= ketersediaan air cukup, <1 = ketersediaan air kurang, >=1 ketersediaan air lebih) | unitless | Converter |
| 36 | Devisa penjualan jagung indonesia | Jumlah pendapatan (devisa) negara. Nilai uang yang diperoleh atau didapatkan dari komoditas jagung | Rupiah/Tahun | Rate |
| 37 | Investasi Perluasan lahan jagung | Investasi perluasan lahan jagung | Ha/Tahun | Rate |

zero import dibangun berdasarkan diagram *causal loop* pada Gambar 2 dengan parameter-parameter yang dijadikan sebagai variabel utama, dimana setiap variabel akan memiliki formulasi masing-masing. Formulasi tersebut dibuat berdasarkan perumusan pada umumnya, kondisi aktual dan data-data yang terkait. Gambar 2 merupakan model dari sistem skenario pengembangan komoditas jagung Indonesia guna mengurangi kegiatan impor yang terbagi atas empat sub model yaitu produksi jagung Indonesia, stok jagung Indonesia, pendapatan negara terkait penjualan jagung Indonesia.

Pada *stock and flow diagram*, dikembangkan empat submodel, diantaranya (1) submodel produksi jagung, (2) stok jagung, (3) pendapatan petani, dan (4) pendapatan negara. Dari empat submodel tersebut, terdapat variabel utama di setiap submodel. Submodel produksi jagung memiliki variabel utama, seperti produksi jagung bibit unggul dan normal, serta luas lahan jagung. Sedangkan submodel stok jagung terdapat variabel stok jagung nasional, stok jagung pasar konsumsi, dan stok jagung pasar industri yang menjadi variabel utamanya. Pada submodel pendapatan negara, terdapat variabel utama, yaitu devisa yang dihasilkan dari penjualan jagung nasional dengan mempertimbangkan aktivitas *import* dan *export* jagung.

Pada model *stock and flow diagram* yang ditunjukkan pada Gambar 3, dapat dilihat terdapat beberapa stock yang menjadi indikator utama yang akan menjadi pertimbangan dari skenario kebijakan yang dijalankan berdasarkan model tersebut diantaranya adalah pendapatan negara berdasarkan pengeluaran impor, pendapatan ekspor, dan pendapatan petani. Selanjutnya, penulis melakukan verifikasi model untuk memastikan bahwa model berfungsi sesuai dengan logika pada sistem amatan serta memeriksa konsistensi unit variabel pada model. Setelah itu, model akan di-*running* selama 10 tahun ke depan mulai tahun 2019 hingga tahun 2029. Simulasi dijalankan dalam satuan waktu yang didefinisikan dalam tahun. Pada model existing yang dikembangkan untuk mengetahui output yang diinginkan terkait dengan pendapatan petani Indonesia, devisa negara Indonesia, pengeluaran impor dan pendapatan ekspor Jagung. Berdasarkan hasil simulasi model, program sudah berjalan dengan baik, tanpa adanya error pada model maupun satuan unit. Hal ini menunjukkan model telah terverifikasi.

Selain itu, penulis juga melakukan validasi dengan menggunakan *black box validation* yang menggunakan metode statistik untuk melihat error (*p-value*) hasil simulasi. Validasi dilakukan dengan membandingkan data hasil *running* simulasi dengan data aktual yang berasal dari laporan BPS. Terdapat dua parameter yang divalidasi secara statistik karena ketersediaan data. Sementara untuk parameter lain yang tidak tersedia datanya dapat divalidasi dengan menggunakan *white box validation* dengan melihat pola atau logika parameter tersebut serta mengonfirmasi pola tersebut dengan pemangku kepentingan terkait sistem yang diamati. Adapun metode statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah Uji Hipotesis *t-test*. Alasan menggunakan metode ini adalah karena kedua populasi yang akan dibandingkan berasal dari dua populasi yang independent, dengan nilai sampel kecil (tidak lebih dari 30 data) serta standar deviasi populasi tidak diketahui, sementara asumsinya kedua data berdistribusi normal dan nilai variansi berbeda. Berikut ini adalah asumsi hipotesis penelitian ini:

H_0 : Tidak ada perbedaan antara rata-rata dua populasi (simulasi dan aktual)

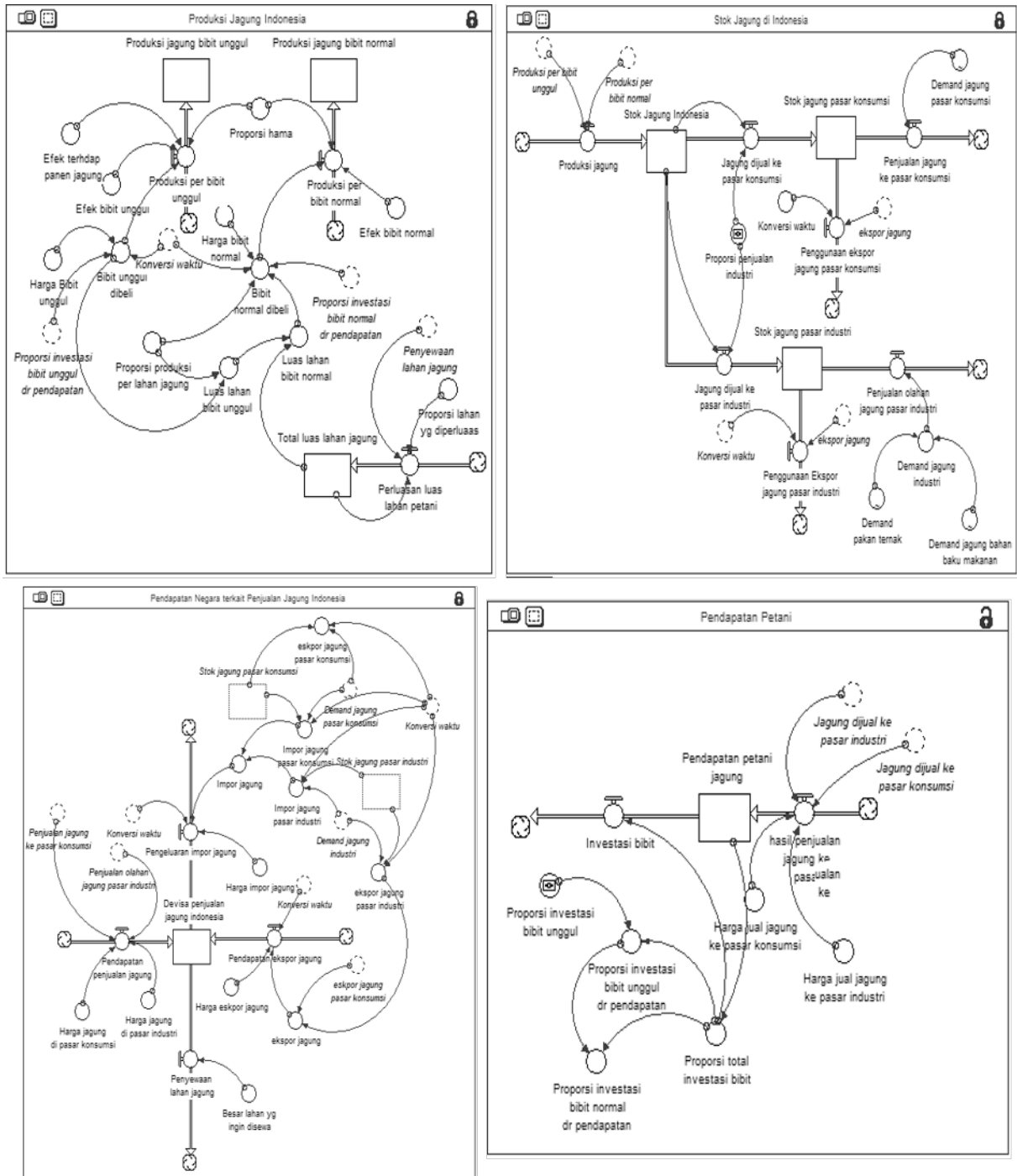
H_1 : Ada perbedaan antara rata-rata dua populasi (simulasi dan aktual)

Dari hasil perhitungan *t-test*, didapatkan nilai kedua *p-value* luas lahan dan produksi jagung berturut-turut sebesar 0.359 dan 0.624. Sementara itu, penulis mengasumsikan alpha sebesar 0.05. Kedua nilai *p-value* tersebut lebih besar dari nilai alpha. Sehingga, jika nilai *p-value* lebih besar dari alpha, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima, dan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara hasil simulasi dan aktual sistem. Tampilan hasil uji validasi *t-test* untuk parameter lahan jagung dan produksi jagung nasional ditunjukkan pada Tabel 2.

3.5. Decision Support System

Gambar 4 merupakan *interface* dari decision support system (DSS) dari simulasi system dynamics dengan menggunakan *software Stella*.

Berdasarkan *interface* DSS sistem swasembada jagung nasional dengan menggunakan *software Stella*, *interface* digunakan untuk menampilkan beberapa bagian penting yang perlu untuk ditampilkan sehingga pembaca akan lebih mudah memahaminya tanpa harus menunjukkan semua model simulasinya (stock & flow diagram). Berikut merupakan bagian dari *interface* pada Gambar 3, diantaranya (1) grafik yang terdiri dari ekspor jagung, impor jagung, devisa penjualan jagung Indonesia, dan pendapatan petani jagung, (2) tabel yang terdiri dari pendapatan ekspor jagung, pengeluaran impor jagung, devisa penjualan jagung Indonesia, dan produksi jagung, serta (3) Skenario yang terdiri dari proporsi investasi bibit unggul dan normal serta proporsi penjualan ke pasar industri dan penjualan ke pasar konsumsi.



Gambar 3. Stock and Flow Diagram

Tabel 2. Output Uji Validasi

| Tahun | Luas Lahan Jagung Nasional (Ha) | | <i>t-test</i> : Two-Sample Assuming Unequal Variances | | |
|-------|---------------------------------|-----------|---|--------------------|-------------|
| | Simulasi | Aktual | | Variable 1 | Variable 2 |
| 1 | 3.500.000 | 3.345.805 | Mean | 3.972.500 | 3.853.837 |
| 2 | 3.605.000 | 3.630.324 | Variance | 1,01063E+11 | 57543274563 |
| 3 | 3.710.000 | 4.001.724 | Observations | 10 | 10 |
| 4 | 3.815.000 | 4.160.659 | Hypothesized Mean Difference | 0 | |
| 5 | 3.920.000 | 4.131.676 | df | 17 | |
| 6 | 4.025.000 | 3.864.692 | t Stat | 0,94223158 | |
| 7 | 4.130.000 | 3.957.595 | P(T<=t) one-tail | 0,179636209 | |
| 8 | 4.235.000 | 3.821.504 | t Critical one-tail | 1,739606726 | |
| 9 | 4.340.000 | 3.837.019 | P(T<=t) two-tail | 0,359272418 | |
| 10 | 4.445.000 | 3.787.367 | t Critical two-tail | 2,109815578 | |

| Tahun | Produksi Jagung Nasional (Ton) | | <i>t-test</i> : Two-Sample Assuming Unequal Variances | | |
|-------|--------------------------------|------------|---|--------------------|---------------|
| | Simulasi | Aktual | | Variable 1 | Variable 2 |
| 1 | 10.000.000,00 | 12.523.894 | Mean | 15.559.303,32 | 16.424.607,10 |
| 2 | 10.001.061,12 | 11.609.463 | Variance | 2,15364E+13 | 8,29128E+12 |
| 3 | 11.062.035,07 | 13.287.527 | Observations | 10 | 10 |
| 4 | 12.970.941,27 | 16.317.252 | Hypothesized Mean Difference | 0 | |
| 5 | 14.916.582,46 | 17.629.748 | df | 15 | |
| 6 | 15.558.306,35 | 18.327.636 | t Stat | -0,501023963 | |
| 7 | 17.892.052,30 | 17.643.250 | P(T<=t) one-tail | 0,311813159 | |
| 8 | 18.800.915,13 | 19.387.022 | t Critical one-tail | 1,753050356 | |
| 9 | 21.621.052,40 | 18.511.853 | P(T<=t) two-tail | 0,623626319 | |
| 10 | 22.770.087,07 | 19.008.426 | t Critical two-tail | 2,131449546 | |

4. Hasil Simulasi dan Skenario Kebijakan

4.1. Running Simulasi System Dynamics

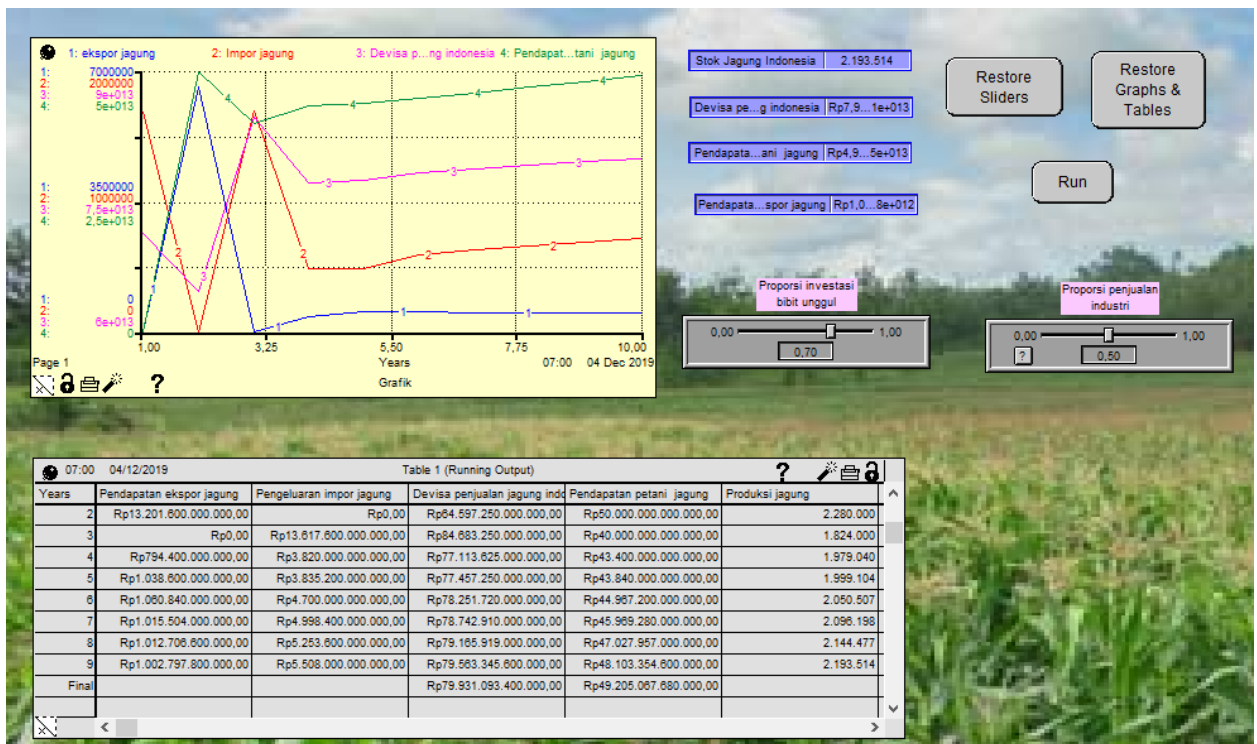
Running simulasi dengan menggunakan *software Stella* pada tahun 2019 sampai 20129 yang bertujuan untuk mengurangi *import* jagung ditunjukkan dalam bentuk grafik yang terdiri dari dua grafik. Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan hasil *running* simulasi yang ditunjukkan dalam grafik produksi jagung dan stok jagung di Indonesia.

Berdasarkan hasil grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tahun pertama jumlah stok jagung di Indonesia sekitar 2.000.000 ton dan produksi jagung sebanyak 10.000.000 ton, sementara lahan pertanian jagung sekitar 3.500.000 ha. Kemudian, terjadi peningkatan produksi jagung yang cukup signifikan dalam kurun waktu selama 10 tahun. Hal ini ditandai dengan grafik dari tiga parameter tersebut yang menunjukkan pola kenaikan. Dari grafik tersebut, dapat diketahui pula keterkaitan antar variabel. Dalam hal ini, total luas lahan jagung memberikan sedikit pengaruh terhadap jumlah produksi jagung yang dihasilkan. Semakin luas lahan yang disediakan untuk pertanian jagung, maka semakin meningkat pula produksi jagungnya. Sementara itu, stok jagung juga demikian. Namun, sebenarnya stock jagung juga dipengaruhi oleh demand jagung untuk pasar konsumsi maupun industry, seperti yang ditunjukkan dalam model stock & flow diagram. Gambar 6 menunjukkan hasil *running* berupa grafik pengeluaran impor jagung, pendapatan ekspor jagung, devisa penjualan jagung Indonesia, dan pendapatan petani jagung.

Berdasarkan hasil grafik pada Gambar 6 tersebut dapat dilihat bahwa pada tahun kedua mengalami penurunan pada pengeluaran impor jagung dan devisa penjualan jagung Indonesia dan mengalami peningkatan pada pendapatan ekspor jagung dan pendapatan petani jagung. Pada tahun ketiga mengalami peningkatan pada pengeluaran impor jagung dan devisa penjualan jagung Indonesia dan mengalami penurunan pada pendapatan ekspor jagung dan pendapatan petani jagung. Kemudian mengalami peningkatan pendapatan petani jagung, pengeluaran impor jagung, dan pendapatan petani jagung yang dimulai dari tahun ketiga hingga tahun berikutnya. Tetapi mengalami penurunan devisa penjualan jagung Indonesia yang dimulai dari tahun ketiga hingga tahun berikutnya.

4.2. Model Skenario Kebijakan

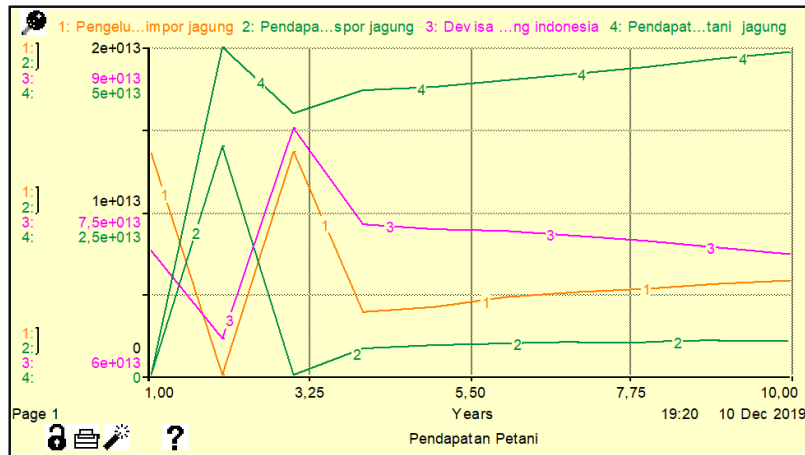
Berdasarkan model existing yang telah dibuat sebelumnya, maka model tersebut dapat digunakan sebagai acuan maupun pembandingan dalam merumuskan skenario-skenario yang bertujuan untuk mendapatkan kebijakan yang sesuai dengan berbagai kemungkinan yang dapat terjadi pada masa mendatang. Skenario kebijakan yang akan diambil berdasarkan kondisi yang memungkinkan dapat dikontrol oleh stakeholder dalam menangani kasus *zero import* komoditas jagung Indonesia. Penulis telah melakukan analisis sensitivitas dengan mengutamakan pada beberapa variabel keputusan, seperti proporsi penjualan jagung, penggunaan bibit unggul hibrida, luas lahan jagung. Analisis sensitivitas dilakukan melalui *running* simulasi dengan tiga nilai, yaitu pesimistik (mengurangi nilai dari nilai eksisting), eksisting



Gambar 4. Decision Support System Interface



Gambar 5. Grafik produksi jagung dan stok jagung Indonesia



Gambar 6. Grafik Pengeluaran impor, pendapatan ekspor, devisa penjualan, dan pendapatan petani jagung

(do nothing), optimistik (menambahkan nilai dari nilai eksisting) terhadap variabel keputusan. Setelah itu, dianalisis variabel keputusan yang paling signifikan terhadap tujuan digunakan sebagai dasar skenario kebijakan. Variabel keputusan yang paling signifikan adalah penggunaan bibit unggul hibrida dan proporsi penjualan jagung ke industri. Sementara, luas lahan pertanian sebenarnya memberikan pengaruh, namun tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5, dimana luas lahan yang meningkat signifikan tidak serta merta memberikan peningkatan langsung dan signifikan terhadap produksi jagung. Kebijakan penambahan luas lahan dapat digantikan dengan penggunaan bibit unggul hibrida, yang dapat meningkatkan produktivitas dua hingga tiga kali lipat dari produksi bibit normal meskipun dengan lahan eksisting. Berdasarkan hal itu, skenario kebijakan yang telah dirancang terdiri dari tiga, yaitu (1) Skenario I: bibit unggul hibrida, (2) Skenario II: proporsi penjualan jagung ke pasar industri, dan (3) Skenario III: gabungan skenario antara bibit unggul hibrida dengan proporsi penjualan jagung ke pasar industri.

Penulis merancang tiga skenario kebijakan berdasarkan brainstorming dengan beberapa pemangku kebijakan dan berdasarkan upaya pemerintah yang menargetkan zero impor jagung dengan meningkatkan produktivitas jagung melalui peningkatan penanaman jagung bibit unggul serta meningkatkan kerjasama penyerapan dan penjualan hasil jagung ke pasar industri yang tertuang dalam program Upaya Khusus (Upsus). Saat ini penanaman jagung bibit unggul di Indonesia masih sekitar 43% dari total jagung yang diproduksi [2]. Dalam hal ini, dengan melakukan skenario peningkatan penanaman bibit unggul dari eksisting diharapkan dapat memberikan dampak terhadap pengurangan impor jagung. Oleh karena itu, pada Skenario I, penulis menentukan penggunaan bibit unggul hibrida sebesar 80% yang nilainya dua kali lipat dari penggunaan eksisting. Selain itu, menurut Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian RI penyerapan jagung ke pasar industri saat ini masih sebesar 66% [3], sehingga penulis memilih nilai 85% dengan pertimbangan peluang peningkatan kerjasama (KS) dengan industri meningkat hingga 20%. Penulis menyadari masih ada banyak kemungkinan skenario yang bisa dipertimbangkan. Namun, penulis memfokuskan untuk melihat bagaimana prediksi ke depan dari skenario kebijakan tersebut. Mengingat simulasi merupakan pendekatan what-if analysis atau pendekatan bagaimana-jika, sehingga skenario kebijakan baru dapat ditambahkan untuk penelitian selanjutnya.

Pada skenario pertama, bibit unggul dipastikan mampu meningkatkan produktivitas dari penanam jagung hingga tiga kali lipat hasil produksi dikarenakan dapat menghasilkan tiga jagung dalam satu bibit [16]. Skenario kebijakan yang dijalankan adalah dengan meningkatkan proporsi bibit unggul. Dampak yang diberikan jika skenario tersebut diterapkan dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil Tabel 3, dapat dilihat bahwa Skenario I yang ditawarkan mengenai penggunaan bibit unggul masih belum bisa melebihi kondisi skenario existing untuk tiap indikator yang digunakan. Skenario proporsi pembelian investasi bibit unggul sebesar 80% belum dapat menurunkan pengeluaran impor & menaikkan pendapatan ekspor sebesar 36%. Untuk skenario kedua, yaitu proporsi penjualan jagung ke pasar industri merupakan alokasi stok jagung untuk pasar industri dan konsumsi. Berikut merupakan dampak dari skenario kedua terhadap kelima indikator. Pada Skenario II, yaitu skenario proporsi pembelian investasi bibit unggul sebesar 80% menurunkan pengeluaran impor sebesar 21% & menaikkan pendapatan ekspor sebesar 68%. Untuk skenario ketiga, yaitu kombinasi dari Skenario I dan II.

Sementara itu, pada Skenario III, yaitu kombinasi skenario antara proporsi pembelian investasi bibit unggul sebesar 80% dan proporsi penjualan jagung ke pasar industri sebesar 85% merupakan skenario terbaik karena dapat menu-

Tabel 3. Hasil Penerapan Skenario Bibit Unggul

| Indikator | Kondisi Existing | Skenario I (80% bibit unggul) | Skenario II (85% Penjualan Jagung ke Pasar Industri) | Skenario III (Kombinasi Skenario I & II) |
|--------------------------|-----------------------|----------------------------------|--|--|
| Produksi Jagung Total | 2.193.514 ton | 2.934.738 ton | 2.918.457 ton | 3.949.017 ton |
| Pengeluaran Impor Jagung | Rp 5.508.000.000.000 | Rp 5.508.000.000.000 | Rp 4.373.600.000.000 | Rp 4.373.600.000.000 |
| Pendapatan Ekspor Jagung | Rp 1.002.797.800.000 | Rp 1.575.590.800.000 | Rp 3.139.450.860.000 | Rp 4.419.325.440.000 |
| Devisa Penjualan Jagung | Rp 79.563.345.600.000 | Rp 82.877.696.655.000 | Rp 93.884.332.926.250 | Rp 101.336.409.051.250 |
| Pendapatan Petani Jagung | Rp 49.205.067.680.000 | Rp 59.046.232.652.192 | Rp 67.074.957.318.576 | Rp 81.541.293.324 |

runkan pengeluaran impor sebesar 30% serta menaikkan pendapatan ekspor sebesar 77%. Berdasarkan ketiga skenario tersebut, skenario ketiga merupakan skenario terbaik dikarenakan dapat menurunkan pengeluaran impor sebesar 30%. Namun, untuk ketiga skenario yang dibentuk belum dapat menurunkan pengeluaran impor sebesar 100% ((Zero Import)) dikarenakan kenaikan demand yang meningkat untuk tiap tahunnya.

5. Kesimpulan

Pada penelitian ini, penulis membuat suatu sistem pendukung keputusan (DSS) yang dikembangkan melalui simulasi system dynamics untuk swasembada jagung nasional yang mempertimbangkan aspek ketahanan pangan yang berlanjut. Hasil studi ini sudah sesuai dengan tujuan penelitian yang memprioritaskan kebijakan *zero import* pada kasus ketersediaan jagung ini. Sistem pendukung keputusan dalam kasus ini dapat memberikan manfaat bagi pengambil keputusan (user) untuk mendapatkan skenario kebijakan secara mudah dan efisien tanpa melihat bagaimana model besarnya.

Berdasarkan hasil simulasi system dynamics yang telah dilakukan dengan menggunakan *causal loop diagram* dan *stock and flow diagram*, didapatkan hasil dengan melakukan ketiga skenario berdasarkan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap simulasi dengan durasi selama 10 tahun, yaitu mulai dari tahun 2019 sampai 2029. Variabel yang berpengaruh adalah proporsi investasi bibit unggul dan bibit normal serta proporsi penjualan ke pasar industri dan konsumsi. Skenario I dengan menggunakan 80% bibit unggul, belum dapat menurunkan pengeluaran impor dan dapat meningkatkan pendapatan ekspor sebesar 36% yaitu yang semula sebesar Rp 1.002.797.800.000 menjadi Rp 1.575.590.800.000. Skenario II dengan menggunakan 85% proporsi penjualan jagung ke pasar industri dapat menurunkan pengeluaran impor sebesar 21%, yaitu semula Rp 5.508.000.000.000 menjadi Rp 4.373.600.000.000 dan dapat meningkatkan pendapatan ekspor sebesar 68% yaitu semula Rp 1.002.797.800.000 menjadi Rp 3.139.450.860.000. Skenario III dengan menggunakan 80% bibit unggul dan proporsi penjualan jagung ke pasar industri sebesar 85%, yaitu dapat menurunkan pengeluaran impor sebesar 30% yang awalnya bernilai Rp 508.000.000.000 menjadi Rp 4.373.600.000.000 dan dapat meningkatkan pendapatan ekspor sebesar 77% dari Rp 1.002.797.800.000 menjadi Rp 4.419.325.440.000. Berdasarkan ketiga skenario tersebut, didapatkan hasil bahwa skenario terbaik adalah skenario ketiga dengan penurunan impor sebesar 30% dan pendapatan ekspor sebesar 77%.

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya, diantaranya skenario kebijakan yang baru dapat ditambahkan dan dianalisis dengan menggunakan model yang telah dibuat oleh penulis, dan model food security ini dapat dikembangkan antara komoditas jagung dengan lainnya, seperti unggas yang memerlukan jagung sebagai bahan pakan ternak, serta dapat dibuat juga model food security dengan komoditas pangan lainnya, seperti beras, kedelai, bawang merah/putih, cabai, dan sebagainya. Tentunya jika setiap komoditas pangan nasional dapat dimodelkan hal ini akan membantu untuk dikembangkan model generik untuk food safety yang komprehensif dan membantu permasalahan pangan di Indonesia.

References

- [1] Badan Pusat Statistik Indonesia, Statistik dasar (Accessed: 2020-01-21). URL <https://www.bps.go.id/subject/53/tanaman-pangan.html#subjekViewTab3>
- [2] Hermanto, D. H. Azahari, M. Rachmat, N. Ilham, I. K. Kariyasa, Supriyati, A. Setiyanto, R. D. Yofa, E. S. Yusuf, Outlook Komoditas Pangan Strategis Tahun 2015–2019, Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2015.
- [3] Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian RI, Surplus, RI ekspor jagung, in: Buletin Pasokan & Harga Pangan, Maret, 2018, p. 2.
- [4] J. N. Chauhdary, A. Bakhsh, B. A. Engle, R. Ragab, Improving corn production by adopting efficient fertigation practices: Experimental and modeling approach, *Agricultural Water Management* 221 (2019) 449–461. doi:10.1016/j.agwat.2019.02.046.

- [5] S. Rivza, P. Rivza, Conceptual application of the risk management measures in dynamic models for the farms producing biogas from agriculture biomass, *AASRI Procedia* 2 (2012) 235–240. doi:10.1016/j.aasri.2012.09.040.
- [6] S. P. Desweni, S. U. Sentosa, I. Idris, Analisis permintaan dan penawaran jagung di Indonesia (studi permintaan jagung untuk pangan dan input industri peternakan unggas), *Jurnal Kajian Ekonomi* 3 (6) (2015) 1–17.
- [7] D. M. Rahmah, F. Rizal, A. Bunyamin, Model dinamis produksi jagung di Indonesia, *Jurnal Teknotan* 11 (1) (2017) 30–40. doi:10.24198/jt.vol11n1.4.
- [8] S. Panikkai, R. Nurmali, S. Mulatsih, H. Purwati, Analisis ketersediaan jagung nasional menuju pencapaian swasembada dengan pendekatan model dinamik, *Informatika Pertanian* 26 (1) (2017) 41–48. doi:10.21082/ip.v26n1.2017.p41-48.
- [9] L. F. Rachmawati, Rekayasa model sistem dinamik komoditas jagung untuk mendukung program upaya khusus di Jawa Barat, Ph.D. thesis, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor (2016).
- [10] I. Vanany, D. I. Maftuhah, L. M. Jaelani, G. Hajar, N. M. C. Utami, Modeling of chicken production for food security in Indonesia, in: 2019 International Conference on Industrial Engineering & Engineering Management (IEEM-IEEE), Macau, 2019.
- [11] J. Suprianto, E. Suryani, Pengembangan model sistem dinamik pemenuhan logistik beras untuk menjaga stabilitas harga beras (studi kasus: Prov. Jawa Timur), *SISFO* 5 (1) (2014) 9–14. doi:10.24089/j.sisfo.2014.03.009.
- [12] A. B. Putra, E. Suryani, Skenario kebijakan industri gula untuk meningkatkan ketersediaan gula dipasaran dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik, *SISFO* 5 (1) (2014) 51–61. doi:10.24089/j.sisfo.2014.03.013.
- [13] J. W. Forrester, System dynamics, system thinking, and soft or, *System Dynamics Review Summer* 10 (2) (1994) 245–256. doi:10.1002/sdr.4260100211.
- [14] R. Z. Alhamri, E. Suryani, Kajian potensi energi panas bumi sebagai alternatif pembangkit energi listrik terbarukan: sebuah framework sistem dinamik, *SISFO* 5 (5) (2016) 542–554. doi:10.24089/j.sisfo.2016.03.006.
- [15] M. Siswosudarmo, E. Aminullah, B. Soesilo, Analisis Sistem Dinamis: Lingkungan Hidup, Sosial Ekonomi, Manajemen, Jakarta: UMJ Press, 2001.
- [16] Humas UTM, UTM luncurkan jagung varietas unggul madura 1 dan 2 (Accessed Dec 12, 2019). URL <https://www.trunojoyo.ac.id/pojok-kampus>

