

# Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen untuk Sistem Ketahanan Pangan Pokok Beras\*

**ERVIRA ARIEF, CAHYADI NUGRAHA, RISPIANDA**

Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email:ervira.a@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Ketahanan pangan, khususnya beras sebagai komoditas pangan utama Indonesia, merupakan suatu sistem kompleks. Kompleksitas tersebut ditunjukkan oleh interdependensi antar komponen sistem, dinamika, dan ketidakpastian terkait komponen-komponen dalam sistem. Komponen utama yang mendukung adalah ekonomi dan aktivitas dalam pertanian tanaman padi. Komponen-komponen penting lainnya yang berpengaruh terhadap sistem antara lain perubahan musim, kondisi irigasi, dinamika harga beras, kegiatan ekspor, kegiatan impor, variasi tingkatan jenis beras, serta pengaruh alih fungsi lahan. Untuk membantu analisis kebijakan terkait ketahanan pangan, maka dibutuhkan suatu model. Salah satu metode pemodelan yang efektif digunakan untuk sistem kompleks adalah Agent Based Modeling and Simulation. Makalah ini menyajikan penelitian tentang pengembangan suatu model simulasi berbasis agen untuk sistem ketahanan pangan pokok beras. Model simulasi ini dapat digunakan sebagai alat untuk prediksi dan analisis kebijakan.*

**Kata kunci:** Ketahanan Pangan, Beras, Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen

## **ABSTRACT**

*Food security, particularly rice as a primary food commodities of Indonesia, is a complex system. The complexity is shown by the interdependence between system components, dynamics, and uncertainty regarding the components in the system. The main components that support are the economic and agricultural activities in rice production. Other important components that affect the system include the change of seasons, irrigations condition, the dynamics of the price of rice, the export, import activities, variations in the level of rice, as well as the effect of land use change. To help policy analysis related to food security, we need a model. One of the effective methods for the modeling of complex systems is Agent-Based Modeling and Simulation. This paper presents an agent-based simulation model for rice staple food security system. This simulation model can be used for the prediction and policy analysis.*

**Keywords:** Food Security, Rice, Agent-Based Modeling and Simulation

---

\* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Pengantar

Ketahanan pangan merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan bagi setiap Negara. Pentingnya pembahasan mengenai ketahanan pangan tertera pula pada Agenda Riset Nasional 2010-2014. Menurut Undang-Undang Pangan No. 7 Tahun 1996, suatu Negara dapat dikatakan memiliki ketahanan pangan yang baik apabila pangannya tersedia, bermutu baik, distribusinya merata, dan harganya terjangkau. Salah satu upaya memperkuat sistem ketahanan pangan adalah dengan mengoptimalkan sistem ketersediaan pangan pokok terutama beras sebagai komoditas pangan utama Indonesia.

Aktivitas dalam upaya memenuhi ketahanan pangan pokok Indonesia terutama beras merupakan hal yang sangat kompleks. Banyak faktor berpengaruh yang dapat menyebabkan tinggi rendahnya tingkat ketahanan pangan pokok beras. Faktor-faktor tersebut antara lain terdapat interdependensi antar komponen sistem, adanya dinamika dalam komponen sistem, dan adanya unsur ketidakpastian terkait dalam hal perubahan musim, kondisi irigasi pada masing-masing wilayah, metode penanaman padi, dinamika harga beras, kegiatan ekspor, kegiatan impor, variasi tingkatan jenis beras, serta pengaruh alih fungsi lahan.

Untuk mempermudah proses penentuan kebijakan dari suatu sistem yang kompleks, diperlukan suatu model yang dapat merepresentasikan objek dari sistem yang akan diteliti. Metode pemodelan yang cocok untuk sistem kompleks tersebut adalah model simulasi. Hingga saat ini, terdapat banyak model simulasi yang dapat digunakan untuk memodelkan suatu sistem. Sistem ketahanan pangan pokok beras merupakan sistem yang kompleks maka model simulasi yang cocok digunakan untuk sistem ini adalah *Agent Based Modeling and Simulation* (North & Macal, 2007). Pada penelitian Dwiputra (2011), telah dilakukan kajian mengenai model simulasi berbasis agen pada sektor pertanian tanaman padi namun belum melibatkan aspek-aspek yang menunjang ketahanan pangan.

### 1.2 Identifikasi Masalah

Penelitian Dwiputra (2011) belum secara penuh mengakomodasi aspek-aspek yang menunjang ketahanan pangan. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian Dwiputra (2011) dimana pada penelitian sebelumnya faktor dinamika harga, kegiatan ekspor, kegiatan impor, variasi tingkatan jenis beras, serta pengaruh alih fungsi lahan belum dipertimbangkan sedangkan kelima faktor tersebut dapat mempengaruhi ketahanan pangan pokok beras.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menghasilkan suatu model simulasi mengenai sistem ketahanan pangan pokok beras dengan menggunakan metode pemodelan dan simulasi berbasis agen (*Agent Based Modeling and Simulation*). Pengembangan model simulasi ini dapat digunakan sebagai bahan analisis untuk prediksi dan penentuan kebijakandalam mencapai ketahanan pangan pokok beras. Model yang dihasilkan dalam penelitian ini bersifat deskriptif (prediktif) dan generik, bukan studi kasus sehingga dapat digunakan dalam penelitian lanjutan yang bersifat studi kasus di wilayah tertentu di Indonesia.

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1. Sistem Ketahanan Pangan Pokok Beras

Menurut Litbang Deptan (2005), ketahanan pangan tataran nasional merupakan kemampuan suatu bangsa untuk menjamin seluruh penduduknya memperoleh pangan dalam jumlah

yang cukup, mutu yang layak dan harga yang terjangkau. Hal tersebut didukung pula oleh Bank Indonesia (2007) yang menyatakan bahwa garis kebijakan perberasan di Indonesia adalah mengupayakan pemenuhan kebutuhan beras domestik dari produksi dalam negeri atau swasembada.

Produksi beras dalam negeri dilakukan oleh petani yang melakukan budidaya padi. Proses budidaya padi tersebut dimulai dari tahapan penyiapan lahan, pemilihan benih, penyemaian, penanaman, pemupukan, pemeliharaan tanaman, serta panen dan pascapanen (Purwono dan Purnamawati, 2011). Kuantitas beras yang dihasilkan dari proses budidaya padi tersebut dipengaruhi oleh kondisi luas lahan pertanian tanaman padi yang tersedia. Luas lahan pertanian tersebut dipengaruhi oleh terjadinya kegiatan alih fungsi lahan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2011 mengenai penetapan dan alih fungsi lahan pertanian pangan berkelanjutan, alih fungsi lahan pertanian berkelanjutan adalah perubahan fungsi lahan pertanian pangan berkelanjutan menjadi bukan lahan pertanian pangan berkelanjutan baik secara menetap maupun sementara (Departemen Pertanian, 2011).

Apabila terlalu banyak dilakukan alih fungsi lahan dari lahan pertanian khususnya tanaman padi menjadi lahan dengan fungsi lain, dapat menyebabkan minimnya produksi beras dalam negeri. Tidak tercukupinya pangan untuk dalam negeri akan menyebabkan terjadinya lonjakan harga beras. Berdasarkan analisa BPS tahun 2007, melonjaknya harga beras di pasaran disebabkan oleh efek bersama dari tiga faktor, yaitu minimnya pasokan beras, adanya permainan pedagang pengumpul, serta kecilnya pembelian/ stok Bulog.

Dalam upaya mewujudkan stabilitas harga beras, salah satu instrument kebijakan harga yang diterapkan pemerintah adalah kebijakan harga dasar dan harga maksimum, yang selanjutnya disesuaikan menjadi harga pembelian pemerintah (HPP). Esensi dari penerapan HPP tersebut adalah untuk memberikan intensif bagi para petani padi dengan cara memberikan jaminan harga di atas harga keseimbangan (Departemen Pertanian, 2010).

## **2.2. Model dan Simulasi**

Model didefinisikan sebagai suatu perwakilan atau abstraksi dari sebuah objek atau situasi aktual (Daellenbach, 1994). Berdasarkan fungsinya, model dapat diklasifikasikan menjadi 3 kategori, yaitu model deskriptif, prediktif, normatif/ perspektif (Ragsdale, 2012).

Dalam mengatasi sistem ketahanan pangan yang cukup kompleks maka pembuatan model simulasi dapat membantu menggambarkan situasi yang terjadi apabila suatu keputusan diterapkan. Pendekatan yang umum digunakan dalam pemodelan simulasi adalah *System Dynamics* (SD), *Discrete Event* (DE), dan *Agent Based* (AB). SD dan DE merupakan pendekatan yang sudah ada sejak cukup lama sedangkan AB masih relatif baru (Borshchev & Filippov, 2004). AB memiliki kelebihan untuk diterapkan pada sistem yang tersusun atas individu-individu berbeda yang saling berinteraksi.

Suatu model harus divalidasi untuk menjamin kebenarannya. Menurut Sterman (2000), terdapat beberapa pengujian model simulasi yang dapat diterapkan. Beberapa metode validasi yang relatif mudah diterapkan dalam penelitian ini adalah uji kondisi ekstrim (*ekstreme condition test*) dan uji keanehan perilaku (*behavior anomaly test*). Pengujian dengan kondisi ekstrim akan melihat apakah model berperilaku sebagaimana mestinya saat *input* dimasukan dengan dua nilai yang berbeda ekstrim, seperti nol atau tak terbatas. Sedangkan uji keanehan perilaku dilakukan untuk menguji kepentingan dari tiap struktur

dengan cara mencari keanehan (*anomaly*) yang mungkin muncul saat suatu hubungan dihapus atau dimodifikasi.

### **2.3. Agent Based Modeling and Simulation**

*Agent Based Modeling and Simulation* (ABMS) merupakan sebuah pendekatan baru untuk memodelkan suatu sistem yang terdiri dari agen-agen yang saling berinteraksi (North & Macal, 2007). Beberapa cara memodelkan ABMS adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi para agen dan teori perilaku dari para agen.
2. Mengidentifikasi hubungan antar agen dan mencari teori tentang interaksi antar agen.
3. Mencari kebutuhan data antar agen yang berhubungan.
4. Memvalidasi model perilaku agen sebagai tambahan model keseluruhan.
5. Menjalankan model dan menganalisis *output* dari model yang telah dibuat.

## **3. METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam penelitian ini, dilakukan metodologi sebagai berikut:

### **(i) Tahapan Identifikasi Masalah**

Aktivitas dalam upaya mencapai ketahanan pangan pokok Indonesia terutama beras merupakan hal yang sangat kompleks. Banyak faktor berpengaruh yang dapat menyebabkan tinggi rendahnya tingkat ketahanan pangan pokok beras. Untuk membantu analisis kebijakan terkait ketahanan pangan tersebut, maka dibutuhkan suatu model. Salah satu metode pemodelan yang efektif digunakan untuk sistem kompleks adalah Agent Based Modeling and Simulation (North & Macal, 2007).

### **(ii) Tahapan Studi Literatur**

Dalam studi literatur ini akan dijelaskan mengenai ketahanan pangan, *supply demand* pangan pokok beras, kebijakan pemerintah, model dan simulasi, *Agent Based Modeling and Simulation* (ABMS), *Unified Modeling Language* (UML), serta *Visual Basic. Net*.

### **(iii) Tahapan Identifikasi Sistem**

Identifikasi sistem merupakan penjelasan mengenai karakteristik sistem ketahanan pangan pokok beras dimana akan dijelaskan bagaimana perilaku-perilaku pelaku ekonomi yang terlibat dalam sistem tersebut.

### **(iv) Tahapan Penentuan *Output* Model dan Variabel-Variabel *Input* Dalam Model**

*Output* model merupakan sesuatu yang dihasilkan dari hasil rancangan model atau dapat disebut sebagai keluaran dari model. Untuk menghasilkan *output* model maka diperlukan variabel-variabel *input* dalam model yang saling mempengaruhi di dalam suatu sistem. Apabila model telah diterapkan dan dipraktikkan pada studi kasus nyata oleh *stakeholder*, *output* model dapat dijadikan ukuran performansi dalam model sedangkan variabel-variabel *input* model dapat dijadikan variabel keputusan.

### **(v) Tahapan Identifikasi Agen**

Dalam identifikasi agen akan dijelaskan dan dideskripsikan agen-agen apa saja yang terlibat dalam sistem ketahanan pangan pokok beras.

### **(vi) Tahapan Identifikasi Atribut dan Perilaku Agen**

Pada tahapan ini akan dijelaskan atribut dan perilaku dari masing-masing agen yang terlibat dalam sistem ketahanan pangan pokok beras. Atribut masing-masing agen dapat dipengaruhi maupun mempengaruhi atribut agen lain akibat adanya interaksi antar agen tersebut.

**(vii) Tahapan Pembuatan *Activity Diagram* Perilaku Agen**

Pada tahapan ini akan dijelaskan dan ditampilkan *activity diagram* untuk setiap perilaku dari setiap agen yang terlibat.

**(viii) Tahapan Parameterisasi Model**

Pada tahap ini akan dilakukan penentuan nilai-nilai yang ditetapkan untuk menjalankan model yang telah dirancang. Nilai-nilai yang ditetapkan sebagian berasal dari literatur dan wawancara terhadap sumber yang terkait, dan ada pula sebagian nilai yang ditentukan dari hasil estimasi maupun hipotesis.

**(ix) Tahapan Implementasi Rancangan Model**

Pada tahap ini, model diimplementasikan terhadap bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman yang akan digunakan adalah *Visual Basic* yang terdapat pada *software Visual Basic .NET* yang diintegrasikan dengan *Microsoft Excel*.

**(x) Tahapan Pengujian Model dan Analisis**

Proses validasi ini dilakukan dengan menggunakan dua teknik validasi pengujian model yaitu *extreme condition test* dan *behavior anomaly test* (Sterman, 2000). Validasi yang dilakukan dibatasi dengan melihat kelogisan *output* model, bukan melihat akurasi nilai *output* model.

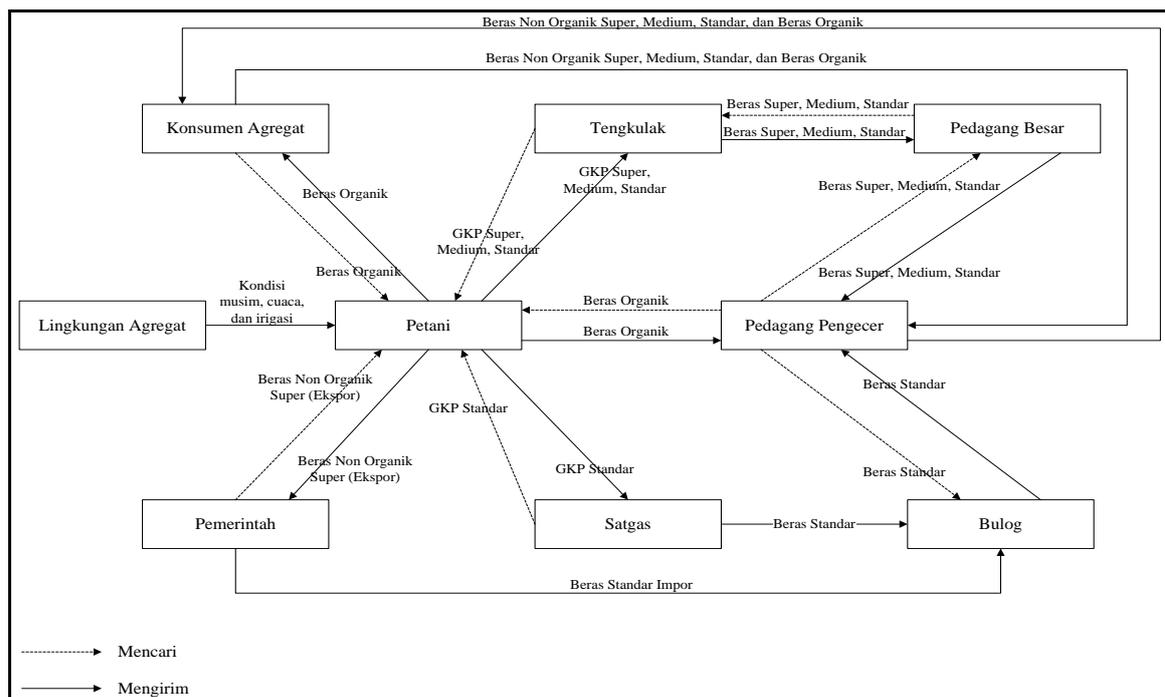
**(xi) Tahapan Kesimpulan dan Saran**

Setelah dilakukan proses perancangan dan pengembangan model simulasi, proses verifikasi, serta proses validasi terhadap model maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

**4. PENGEMBANGAN MODEL**

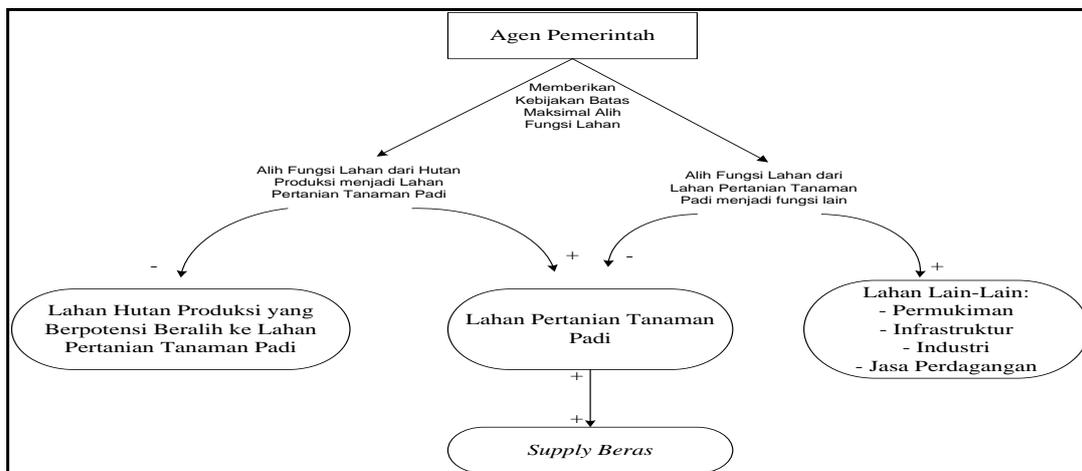
**4.1 Identifikasi Sistem**

Sistem yang diteliti merupakan sistem ketahanan pangan pokok beras dimana dalam sistem tersebut terjadi interaksi antar pelaku ekonomi yang terlibat. Interaksi antar pelaku ekonomi dalam sistem tersebut merupakan pengembangan dari identifikasi sistem Dwiputra (2011). Interaksi antar pelaku ekonomi dalam sistem ketahanan pangan pokok beras dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Interaksi antar Pelaku Ekonomi dalam Sistem Ketahanan Pangan Pokok Beras**

Sistem ketahanan pangan pokok beras dipengaruhi juga oleh peristiwa alih fungsi lahan. Skema peristiwa alih fungsi lahan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Alih Fungsi Lahan

Terjadinya *supply* beras yang minim dapat menyebabkan terjadinya defisit beras. Sebaliknya, terjadinya *supply* beras yang tinggi dapat menyebabkan surplus beras. Terjadinya surplus maupun defisit dapat menyebabkan terjadinya dinamika harga pada setiap kategori jenis beras. Sebelum dirumuskannya *logic* defisit mempengaruhi harga beras, dilakukan klasifikasi terhadap jenis beras yang tersedia. Klasifikasi jenis beras dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Jenis Beras

Kelas	Kategori
A	Organik
	Super
	Medium
B	Standar

Setelah diketahui klasifikasi beras tersebut maka selanjutnya *logic* atau rumusan sebab akibat dalam hal dinamika harga beras dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. *Logic* Defisit Beras Mempengaruhi Harga Beras

No.	Sebab	Akibat
1	Apabila KelasA dan KelasB mengalami Surplus $\geq 0$	Maka harga akan tetap normal
2	Apabila satu atau dua kategori pada KelasA mengalami defisit, namun defisit tersebut masih bisa dipenuhi oleh kategori dalam KelasA lainnya	Maka harga yang naik adalah harga satu atau dua kategori KelasA yang mengalami defisit tersebut. Harga yang lain masih normal.
3	Apabila satu atau dua kategori pada KelasA mengalami defisit, dan defisit tersebut tidak dapat dipenuhi oleh kategori dalam KelasA lainnya, namun masih dapat dipenuhi oleh KelasB	Maka harga seluruh kategori di KelasA naik, sedangkan harga Kelas B normal
4	Apabila ketiga kategori pada KelasA mengalami defisit namun defisit tersebut masih dapat dipenuhi oleh KelasB	
3	Apabila satu atau dua kategori pada KelasA mengalami defisit, dan defisit tersebut tidak dapat dipenuhi oleh kategori dalam KelasA lainnya maupun oleh KelasB	Maka harga seluruh kategori di KelasA dan KelasB naik
4	Apabila ketiga kategori pada KelasA mengalami defisit dan tidak dapat dipenuhi oleh KelasB	
5	Apabila KelasB mengalami defisit meskipun KelasA dapat atau tidak dapat memenuhi kekurangan tersebut	

#### 4.2 Penentuan *Output* Model dan Variabel-Variabel *Input* dalam Model

*Output* model dalam sistem ketahanan pangan pokok beras dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Output Model**

No.	Output Model
1	Jumlah beras yang tersedia per periode
2	Surplus / defisit beras per periode
3	Harga beras per periode

Terdapat 7 variabel-variabel *input* model dalam sistem ketahanan pangan pokok beras yang dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Variabel-Variabel Input dalam Model**

No.	Variabel-Variabel Input Model	Keterangan
1	Jumlah Benih Bersubsidi	Kebijakan jumlah benih bersubsidi yang dikeluarkan Pemerintah
2	Jumlah Pupuk Bersubsidi	Kebijakan jumlah pupuk bersubsidi yang dikeluarkan Pemerintah
3	Harga Pembelian Pemerintah	Kebijakan harga pembelian minimum gabah kering panen (GKP) yang dikeluarkan Pemerintah
4	Jumlah Beras Impor	Penetapan batas maksimal jumlah impor beras yang dikeluarkan Pemerintah
5	Jumlah Beras Ekspor	Penetapan batas maksimal jumlah ekspor beras yang dikeluarkan Pemerintah
6	Persentase Batas Maksimal Penambahan Lahan Pertanian	Penetapan batas maksimal pengalihan lahan menjadi lahan pertanian yang dikeluarkan Pemerintah dalam bentuk persentase (per wilayah)
7	Persentase Batas Maksimal Pengurangan Lahan Pertanian	Penetapan batas maksimal pengalihan lahan dari lahan pertanian menjadi lahan dengan fungsi lain yang dikeluarkan Pemerintah dalam bentuk persentase (per wilayah)

### 4.3 Identifikasi Agen

Pelaku ekonomi yang telah dijelaskan dalam identifikasi sistem, dapat dinyatakan sebagai agen. Dalam sistem ketahanan pangan pokok beras, agen-agen yang terkait dan berperan penting dalam jalannya sistem ini antara lain Petani, Tengkulak, Satgas, Bulog, Pedagang Besar, Pedagang Pengecer, Pemerintah, Konsumen Agregat dan Lingkungan Agregat. Konsumen dan lingkungan dianggap agregat karena agen tersebut tidak mewakili satu per satu individu agen, namun merupakan kesatuan yang memiliki perilaku sama.

### 4.4 Identifikasi Atribut dan Perilaku Agen

Setelah dilakukan identifikasi agen-agen terlibat, selanjutnya dilakukan identifikasi atribut dan perilaku terhadap seluruh agen-agen yang teridentifikasi. Total jumlah atribut dan perilaku yang dimiliki masing-masing agen dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Total Jumlah Atribut dan Perilaku Seluruh Agen**

Nama Agen	Agen Petani	Agen Tengkulak	Agen Satgas	Agen Bulog	Agen Pedagang Besar	Agen Pedagang Pengecer	Agen Pemerintah	Agen Konsumen Agregat	Agen Lingkungan Agregat
Jumlah Atribut	27	13	10	8	10	7	6	7	3
Jumlah Perilaku	5	3	3	2	2	2	3	4	2

Contoh identifikasi atribut yang dilakukan pada Agen Petani dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Contoh Identifikasi Atribut Agen Petani**

No.	Atribut	Keterangan
1	ID	Identitas pengolah lahan pertanian padi
2	Lokasi	Lokasi lahan pertanian
3	Luas Lahan	Luas lahan pertanian yang diolah petani tersebut
4	Status	Status jenis beras apa yang ditanam (organik atau nonorganik)

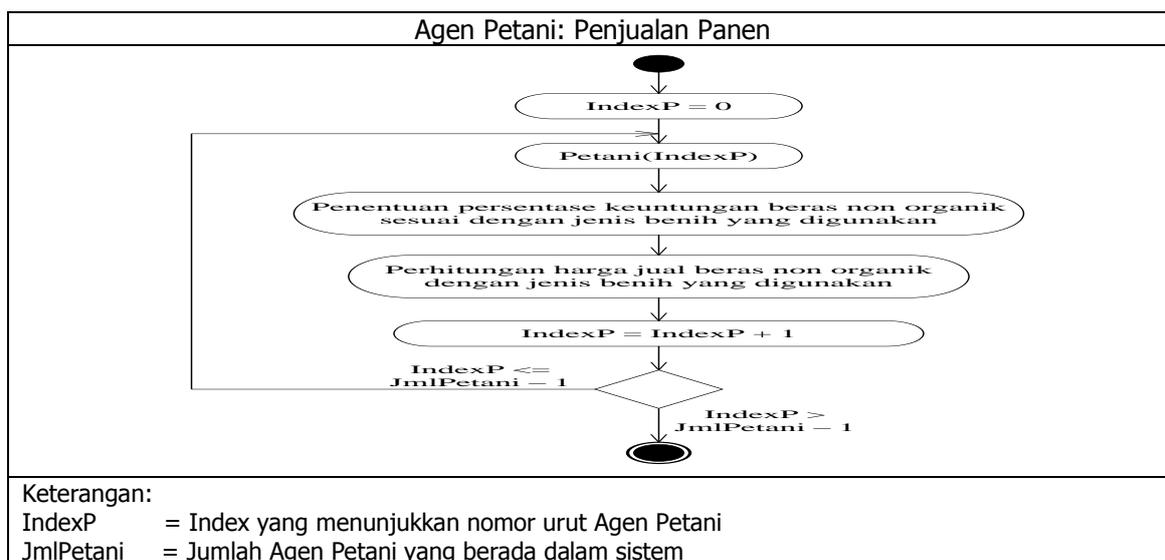
Contoh identifikasi perilaku yang dilakukan pada Agen Petani dapat dilihat pada Tabel 7. Penjelasan identifikasi atribut dan perilaku Agen Petani secara lengkap dapat dilihat dalam Arief (2013).

**Tabel 7. Contoh Identifikasi Perilaku Agen Petani**

No.	Perilaku	Keterangan
1	Persiapan Penanaman	Mencakup pembelian pupuk, benih, dan pestisida, status irigasi, serta kondisi cuaca
2	Penentuan Mulai Tanam	Penentuan waktu mulai tanam untuk wilayah yang menetapkan kebijakan tanam serentak

#### 4.5 Activity Diagram Perilaku Agen

Detail perilaku setiap agen dideskripsikan dalam suatu *activity diagram*. Terdapat 32 *activity diagram* yang telah dirancang meliputi *activity diagram* keseluruhan (interaksi seluruh agen) serta *activity diagram* perilaku masing-masing agen. Contoh *activity diagram* untuk perilaku penjualan panen oleh Agen Petani dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Contoh Activity Diagram Perilaku Penjualan Panen**

#### 4.6 Parameterisasi Model

Parameterisasi model merupakan proses pengumpulan data-data atau nilai parameter yang diperlukan untuk menjalankan model simulasi yang telah dibuat. Parameterisasi dilakukan dengan menggunakan data sekunder dan hipotesis. Contoh parameterisasi model untuk parameterisasi konsumen dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8. Contoh Parameterisasi Konsumen**

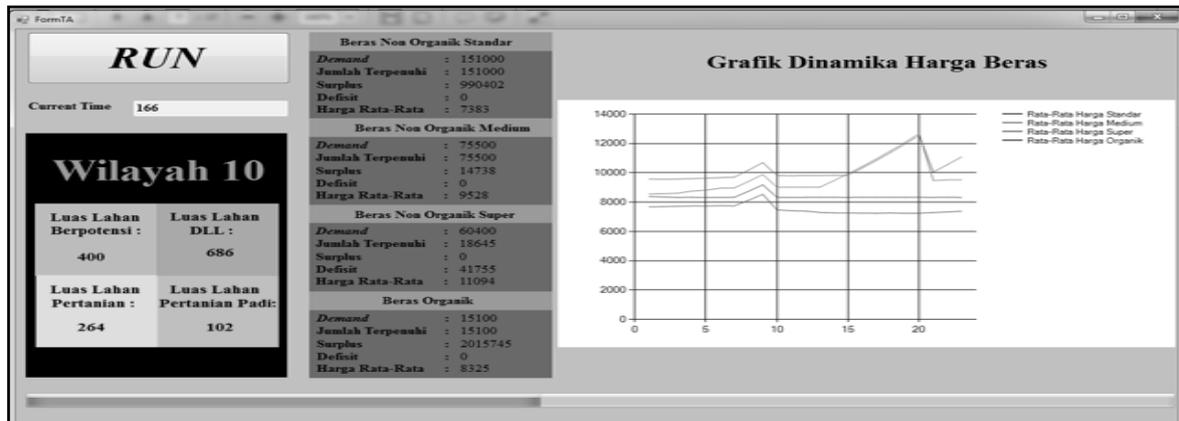
Variabel	Jumlah	Satuan	Sumber
Tingkat konsumsi	2,692	Kg/Orang/Minggu	Kementerian Perdagangan
Jumlah Penduduk	100000	Orang	Hipotesis
Persentase Pertumbuhan Penduduk per tahun	1.49%	%/ tahun	Departemen Pertanian

Parameterisasi model secara lengkap dapat dilihat dalam Arief (2013).

#### 4.7 Implementasi Rancangan Model

Rancangan model yang telah dibuat selanjutnya diimplementasikan dalam bentuk *class* ke dalam *software Visual Basic.NET*. Atribut agen merupakan variabel dalam *class* dan perilaku merupakan fungsi *sub* dalam *class*. Implementasi program dalam penelitian ini telah menerapkan konsep objek (*class*), walaupun belum sepenuhnya mengimplementasikan *object oriented programming* (OOP). *User interface* dari program yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.

Selanjutnya terdapat tahapan verifikasi terhadap program yang telah dibuat. Verifikasi ini dilakukan untuk menguji apakah hasil simulasi sesuai dengan alur model yang diinginkan atau tidak. Untuk sistem ketahanan pangan pokok beras, proses verifikasi dilakukan dengan menguji apakah perhitungan matematis yang dirancang dalam simulasi sesuai dengan perhitungan manualnya atau tidak.



Gambar 4. User Interface

## 5. PENGUJIAN DAN ANALISIS

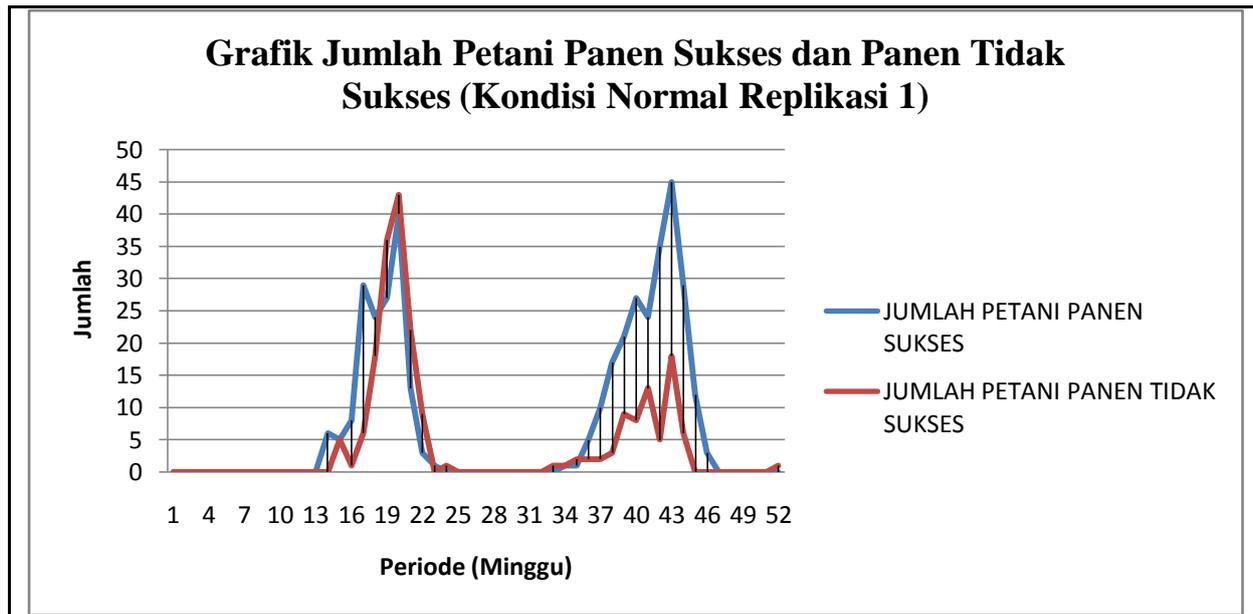
### 5.1 Pengujian Model

Pengujian model dilakukan dengan menggunakan teknik validasi pengujian model yaitu *extreme condition test* dan *behavior anomaly test* (Serman, 2000). *Extreme condition test* dilakukan untuk mengetahui apakah *output* model masih tetap logis ketika dilakukan perubahan nilai *input* atau parameter dengan menggunakan nilai baru yang ekstrim sedangkan *behavior anomaly test* dilakukan untuk mencari keanehan (*anomaly*) yang mungkin muncul saat suatu hubungan dihapus atau dimodifikasi.

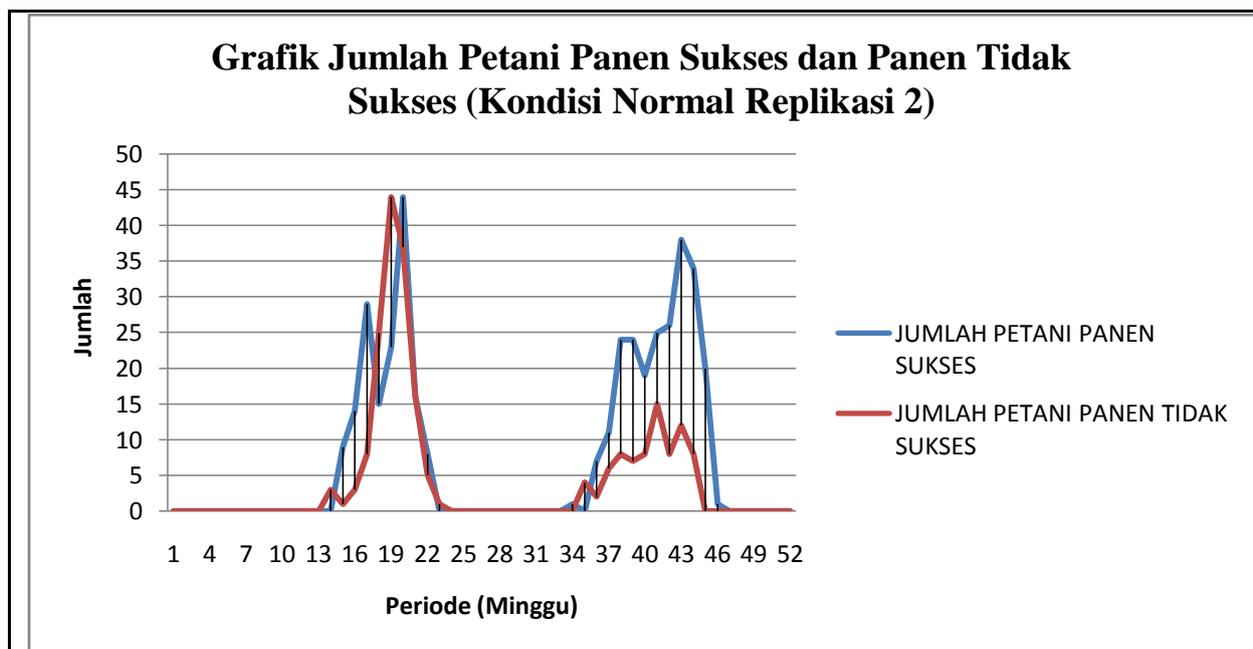
Pengujian model ini dilakukan dengan menggunakan 3 skenario yang berbeda. 2 skenario dilakukan dengan *extreme condition test* dimana mencakup pengujian model berdasarkan kondisi cuaca buruk serta pengujian model berdasarkan kondisi irigasi buruk dan irigasi sangat baik. Sedangkan 1 skenario dilakukan dengan *behavior anomaly test* yang mencakup pengujian berdasarkan kondisi Agen Bulog tidak aktif yaitu dengan menghilangkan Agen Bulog dalam sistem. Data *input* seluruh skenario merupakan data hipotesis. *Output* dari masing-masing skenario akan dibandingkan dengan kondisi normal.

Dilakukan 5 kali replikasi terhadap kondisi normal. Hal tersebut dilakukan untuk melihat keluaran model dalam situasi ketidakpastian yang berbeda-beda, dan untuk melihat apakah sistem sensitif terhadap perubahan suatu ketidakpastian. Pada contoh kali ini, akan dilakukan 2 kali replikasi dengan *input random seed* yang berbeda. Grafik jumlah petani panen sukses dan panen tidak sukses replikasi 1 dapat dilihat pada Gambar 5.

Yang dimaksud dengan panen tidak sukses adalah kondisi pemanenan yang mengalami kegagalan sehingga mengurangi kuantitas gabah yang dihasilkan. Pengurangan tersebut bervariasi, bisa dalam jumlah yang kecil, maupun dalam jumlah yang besar. Grafik jumlah petani panen sukses dan panen tidak sukses replikasi 2 dapat dilihat pada Gambar 6.



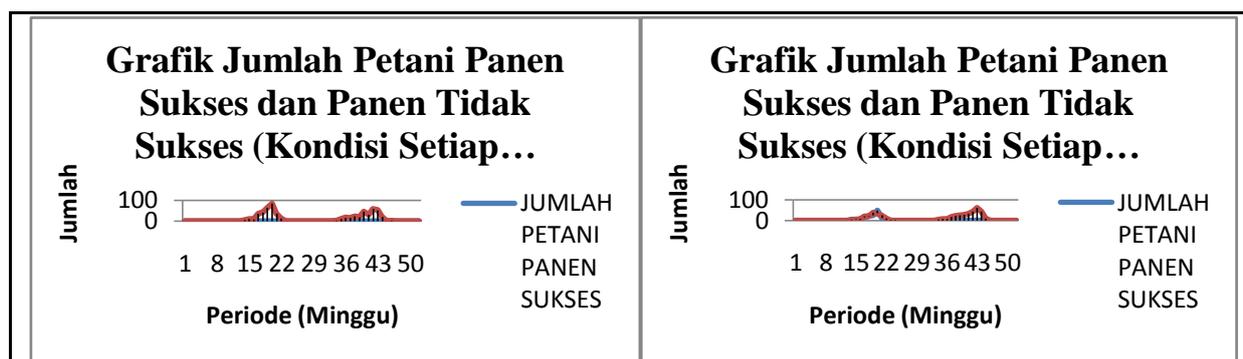
Gambar 5. Grafik Jumlah Petani Panen Sukses dan Panen Tidak Sukses Replikasi 1



Gambar 6. Grafik Jumlah Petani Panen Sukses dan Panen Tidak Sukses Replikasi 2

Jika *output* dari kedua replikasi dibandingkan, dapat diketahui bahwa kedua replikasi memiliki perilaku yang mirip, walaupun tidak sama. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa model memang menggambarkan situasi yang dipengaruhi kerandoman tetapi tidak terlalu sensitif terhadap perubahan bilangan random yang digunakan. *Output* replikasi pada kondisi normal secara lengkap dapat dilihat dalam Arief (2013).

Pada kali ini akan ditampilkan satu contoh pengujian yaitu pengujian model berdasarkan kondisi cuaca buruk. Pengujian ini dilakukandalam dua kondisi yaitu ketika setiap bulan mengalami musim hujan dan ketika setiap bulan mengalami musim kemarau. Grafik rekapitulasi jumlah petani panen sukses dan panen tidak sukses per periode untuk kondisi setiap bulan mengalami musim hujan dan setiap bulan mengalami musim kemarau dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7. Grafik Jumlah Petani Panen Sukses dan Panen Tidak Sukses Kondisi Setiap Bulan Musim Hujan dan Setiap Bulan Musim Kemarau**

Apabila dibandingkan dengan kondisi normal, kedua kondisi ekstrim tersebut sangat mempengaruhi kondisi pemanenan petani. Dari perbandingan grafik jumlah petani panen sukses dan panen tidak sukses antara Gambar 5 dengan Gambar 7, dapat diketahui bahwa jumlah petani panen tidak sukses pada kondisi ekstrim jauh lebih besar dibandingkan pada kondisi normal. Hal tersebut disebabkan besarnya kemungkinan terjadi banjir pada kondisi setiap bulan hujan atau terjadi kekeringan berkepanjangan pada kondisi setiap bulan kemarau. Dengan demikian, berdasarkan pengujian ini maka perilaku model dapat dianggap valid.

Dua pengujian lainnya menghasilkan *output* yang logis sehingga berdasarkan kedua pengujian tersebut dapat dinyatakan bahwa perilaku model dianggap valid. *Output* dua pengujian lainnya secara lengkap dapat dilihat dalam Arief (2013).

## 5.2 Analisis

Analisis berisikan penjelasan mengenai contoh penggunaan model simulasi, analisis terhadap contoh penggunaan, serta kelebihan dan keterbatasan model yang telah dikembangkan.

### 5.2.1 Contoh Penggunaan

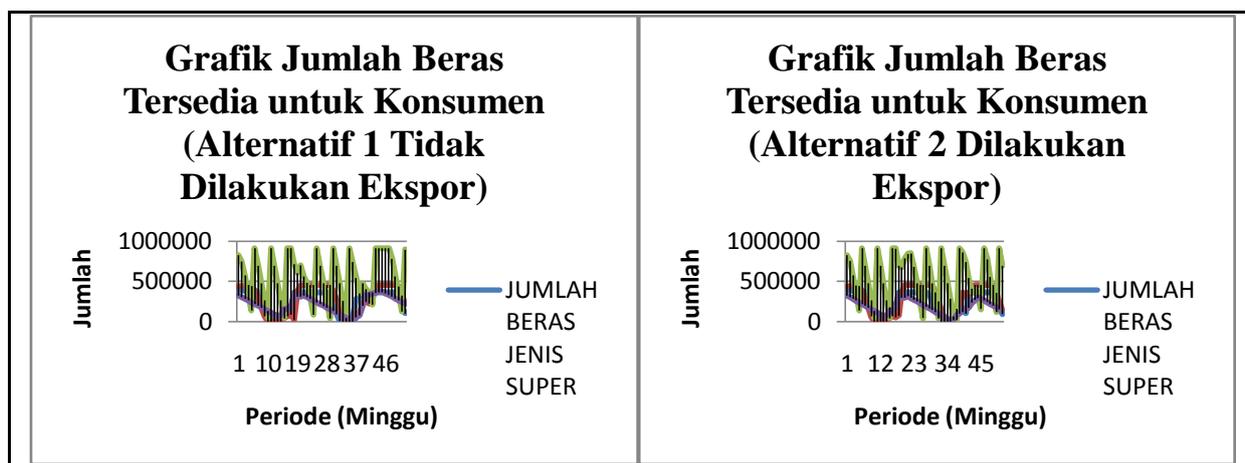
Contoh penggunaan berisikan penjelasan mengenai beberapa contoh penggunaan model simulasi. Contoh penggunaan dilakukan dengan membandingkan 2 alternatif kebijakan. Contoh penggunaan ini akan menunjukkan contoh pemilihan alternatif terbaik dari kedua contoh alternatif kebijakan yang dilakukan. Alternatif pertama dilakukan dengan *input* kebijakan batas maksimal ekspor 0 Kg yang artinya tidak akan ada kegiatan ekspor yang dilakukan sedangkan alternatif kedua dilakukan dengan *input* batas maksimal ekspor 5 juta Kg yang artinya diperbolehkan melakukan ekspor beras khusus beras kategori super. *Output* dari contoh penggunaan ini adalah perbandingan grafik ketersediaan dan harga beras antara 2 alternatif. Grafik jumlah beras tersedia di konsumen untuk alternatif 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 8. Contoh penggunaan perubahan setiap tahun yang dilakukan selama 5 tahun dapat dilihat dalam Arief (2013).

### 5.2.2 Analisis Terhadap Contoh Penggunaan

Dari hasil contoh penggunaan model dengan menggunakan 2 alternatif berbeda, dapat dianalisis bahwa model dapat digunakan untuk membandingkan berbagai alternatif dengan penerapan *input* kebijakan yang berbeda-beda guna mencari alternatif terbaik. Pemilihan alternatif terbaik tersebut hanya dapat dilakukan oleh perancang kebijakan ataupun pengambil keputusan dengan menggunakan parameter dan variabel yang berupa data nyata, bukan hipotesis ataupun estimasi. Contoh penggunaan model dengan 2 alternatif

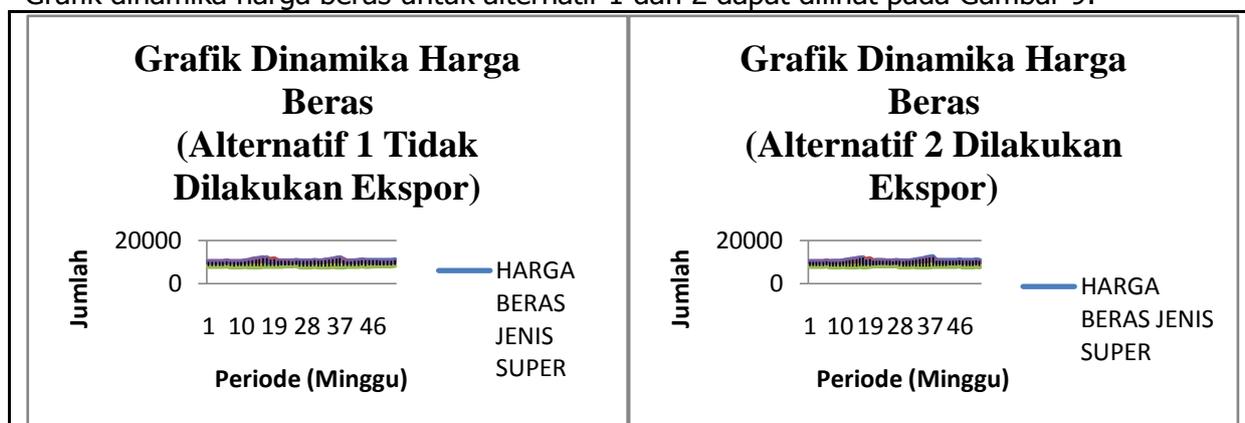
tersebut dilakukan hanya untuk menggambarkan dan mencontohkan bagaimana model dapat digunakan oleh perancang kebijakan.

Dari hasil contoh penggunaan model dengan perubahan input kebijakan setiap tahun, dapat dianalisis bahwa model dapat digunakan untuk memperlihatkan *output* yang sifatnya mikro atau detail. Pada contoh penggunaan tersebut, dapat dilihat penambahan dan pengurangan luas lahan pada setiap wilayah dengan dibatasi oleh adanya batasan maksimal alih fungsi lahan.



Gambar 8. Grafik Jumlah Beras Tersedia untuk Konsumen Alternatif 1 dan 2

Grafik dinamika harga beras untuk alternatif 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Dinamika Harga Beras Alternatif 1 dan 2

## 6. KESIMPULAN

### 6.1 Ringkasan

Dari hasil penelitian dengan menggunakan metode pemodelan dan simulasi berbasis agen, telah dihasilkan model simulasi mengenai sistem ketahanan pangan pokok beras. Model yang dihasilkan valid dan terverifikasi dengan baik. Model dapat digunakan oleh perancang kebijakan sebagai gambaran apa yang akan terjadi apabila suatu kebijakan diterapkan.

### 6.2 Saran

Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengumpulan data yang sebenarnya untuk sistem ketahanan pangan pokok beras dan dapat mengurangi asumsi yang digunakan pada penelitian ini guna menghasilkan model yang lebih baik. Faktor ekonomi makro diharapkan turut dilibatkan pada penelitian selanjutnya guna mendapatkan hasil dengan nilai

yang lebih akurat. Aspek pemerataan distribusi beras diharapkan turut dipertimbangkan pada penelitian selanjutnya agar penelitian dapat memenuhi seluruh aspek ketahanan pangan yang tertera dalam Undang-Undang Pangan No. 7 Tahun 1996.

## REFERENSI

Arief, E. (2013). *Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen untuk Sistem Ketahanan Pangan Pokok Beras*. Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung.

Bank Indonesia. (2007). *Kajian Ekonomi Regional Sulawesi Selatan*. [Online]. Available: <http://www.bi.go.id/NR/rdonlyres/F2039A36-D199-4CEB-842B-CAEA9A08E7F4/10892/BOX1.pdf>.

Borshchev, A., dan Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling, Techniques, Tools. *The 22<sup>nd</sup> International Conference of The System Dynamics Society, Oxford, England*.

Daellenbach, H. G. (1994). *System and Decision Making : A Management Science Approach*. John Wiley & Sons, Ltd, England.

Departemen Pertanian. (2005). *Rencana Aksi Pemantapan Ketahanan Pangan*. [Online]. Available: <http://pustaka.litbang.deptan.go.id/bppi/lengkap/bpp05004.pdf>.

Departemen Pertanian. (2010). *Kajian Kebijakan Perberasan*. [Online]. Available: [http://pse.litbang.deptan.go.id/ind/pdf/files/anjak\\_2010\\_05.pdf](http://pse.litbang.deptan.go.id/ind/pdf/files/anjak_2010_05.pdf).

Departemen Pertanian. (2011). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2011 Tentang Penetapan dan Alih Fungsi Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan*. [Online]. Available: [http://www.deptan.go.id/psp/admin/rb/PP Nomor 1 Tahun\\_2011.pdf](http://www.deptan.go.id/psp/admin/rb/PP Nomor 1 Tahun_2011.pdf).

Dwiputra, S. (2011). *Model Simulasi Berbasis Agen Pada Sektor Pertanian Tanaman Padi*. Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung.

North, M. J., dan Macal, C. M. (2007). *Managing Business Complexity : Discovering Strategic Solutions with Agent-Based Modeling and Simulation*. Oxford University Press, New York.

Purwono, dan Purnamawati, H. (2011). *Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul*. Penebar Swadaya, Jakarta.

Ragsdale, C. T. (2012). *Spreadsheet Modeling & Decision Analysis*. South-Western Cengage Learning, USA.

Sterman, J. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw Hill, USA.