

PEMODELAN DAN SIMULASI BERBASIS AGEN UNTUK SISTEM KETAHANAN PANGAN POKOK BERAS DI JAWA BARAT*

RIZAL RIZQIANSYAH, CAHYADI NUGRAHA, KHURIA AMILA

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: rizalrizqiansyah@yahoo.com

ABSTRAK

Jawa Barat, sebagai salah satu daerah penghasil beras di Indonesia, dituntut untuk meningkatkan ketahanan pangan khususnya beras, agar mampu menyediakan pangan yang cukup bagi penduduknya. Interaksi antara pelaku pembuat kebijakandengan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sistem ketahanan pangan pokok beras merupakan suatu sistem yang sangat kompleks, kebijakan yang berbeda akan berdampak pada hasil yang berbeda pula. Untuk membantu analisis kebijakan terkait ketahanan pangan, maka dibutuhkan suatu model. Salah satu metode pemodelan yang efektif digunakan untuk sistem kompleks adalah Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen. Makalah ini menyajikan penelitian tentang model simulasi berbasis agen untuk sistem ketahanan pangan pokok beras di Jawa Barat. Model simulasi ini dapat digunakan sebagai alat untuk prediksi dan analisis kebijakan terkait ketahanan pangan pokok beras di Jawa Barat.

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

ABSTRACT

West Java, as one of the rice-producing areas should increase food security of rice, in order to serve sufficient food for their people. The interaction among subjects of policy with the factors that effect on the rice staple food security system is a complex system, different policy will impact to a different result. To aid the 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 in West Java. This simulation model can be used for the prediction and policy analysis related to rice staple food security in West Java.

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

*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

Isu strategis yang kini sedang dihadapi dunia adalah perubahan iklim global serta krisis pangan dan energi yang berdampak pada kenaikan harga pangan dan energi itu sendiri. Kondisi global tersebut juga terjadi di Indonesia, sehingga Indonesia, terutama Jawa Barat dituntut untuk terus meningkatkan ketahanan pangan agar mampu menyediakan pangan yang cukup bagi penduduknya. Jawa Barat merupakan salah satu daerah penghasil beras nasional.

Aktivitas dalam upaya meningkatkan ketersediaan pangan pokok Jawa Barat terutama beras merupakan salah satu hal yang sangat kompleks. Banyak faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya ketersediaan pangan pokok beras, contohnya petani sebagai penunjang *supply* pangan beras, kondisi cuaca, kondisi irigasi dan infrastruktur. Faktor-faktor tersebut banyak yang terkait dengan kebijakan yang dibuat oleh pemerintah. Misalnya faktor tanam serentak, luas daerah cocok tanam padi, dan harga beras. Selain faktor-faktor yang disebutkan tadi, masih banyak lagi faktor lain yang dapat mempengaruhi ketahanan pangan pokok beras di Jawa Barat.

Untuk mempermudah proses penentuan kebijakan ataupun pengambilan keputusan dari suatu sistem yang kompleks, dibutuhkan suatu model yang dapat mempresentasikan objek dari sistem yang akan diteliti. Metode pemodelan yang efektif untuk digunakan pada sistem yang kompleks adalah model simulasi. Hingga saat ini, terdapat banyak model simulasi yang dapat digunakan untuk memodelkan suatu sistem. Salah satu jenis model simulasi yang cocok digunakan untuk sistem yang kompleks seperti sistem ketahanan pangan pokok beras adalah Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen atau *Agent-Based Modeling and Simulation* (ABMS) (North & Macal, 2007). Dengan menggunakan ABMS, dapat diketahui efek skala besar (makro) yaitu kebijakan yang dikeluarkan pemerintah dari proses mikro melalui perilaku dan interaksi antar agen yang satu dengan agen lainnya di dalam sistem ketahanan pangan pokok beras di Jawa Barat. Karena sistem ketahanan pangan ditentukan oleh perilaku-perilaku mikro, seperti petani, tengkulak dan lain-lain, maka penggunaan ABMS cocok untuk membantu menganalisis sistem tersebut.

1.2 Identifikasi Masalah

Arief (2013) sudah menghasilkan suatu model ABMS yang dapat digunakan untuk menentukan kebijakan dalam memenuhi ketersediaan pangan di Indonesia. Hanya saja, model ini dikembangkan dengan data hipotesis dan estimasi serta belum diterapkan untuk suatu studi kasus nyata tertentu. Untuk penerapan studi kasus di Jawa Barat, dibutuhkan pengumpulan data serta adaptasi-adaptasi atau modifikasi model sesuai dengan sistem ketahanan pangan pokok beras di Jawa Barat, sehingga diharapkan dapat merepresentasikan keadaan ketahanan pangan pokok beras yang saat ini sedang terjadi.

Setelah dilakukan pengumpulan data serta adaptasi atau modifikasi model sesuai dengan sistem ketahanan pangan pokok beras di Jawa Barat, selanjutnya akan dilakukan validasi terhadap sistem yang telah dibuat. Validasi akan dilakukan terhadap kebijakan pemerintah serta peran bulog dalam memenuhi pengadaan beras. Selain itu, validasi perilaku akan dilakukan pada sistem. Hasil dari validasi tersebut lalu akan dibandingkan dengan data yang dihasilkan pada sistem nyata.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Ketahanan Pangan

Berdasarkan *World Food Summit* (Wright, 2013), ketahanan pangan adalah ketersediaan setiap saat pasokan pangan dunia yang mencukupi bahan makanan pokok untuk mempertahankan perkembangan konsumsi makanan dan untuk mengimbangi fluktuasi produksi dan harga.

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)

2.2 Kebijakan Pemerintah

Kebijakan pemerintah merupakan peraturan-peraturan yang ditetapkan pemerintah. Pertama adalah 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). Lalu selanjutnya adalah tanam serentak. Sebagian besar petani bersifat kurang mandiri dalam melaksanakan usaha tani dimana petani terindikasi menjadi peminta dan sangat bergantung pada pemerintah. Oleh karena itu, melalui kelompok tani pemerintah berupaya untuk mendidik petani agar lebih mandiri.

Selain itu ada kebijakan Harga Pembelian Pemerintah (HPP). Dalam upaya mewujudkan stabilitas harga beras, salah satu instrument kebijakan harga yang diterapkan pemerintah adalah kebijakan harga dasar dan harga maksimum, yang selanjutnya konsep dasar harga dasar disesuaikan menjadi harga pembelian pemerintah. Esensi dari penerapan HPP tersebut adalah untuk memberikan intensif bagi para petani padi dengan cara memberikan jaminan harga di atas harga keseimbangan, terutama pada saat panen raya (Departemen Pertanian, 2005). Terakhir adalah ekspor dan impor. Untuk menjaga ketersediaan beras nasional, mempertahankan kondisi perberasan nasional yang kondusif saat ini, dan menciptakan stabilitas ekonomi nasional, maka perlu diambil kebijakan terkait pengadaan beras khususnya yang berasal dari luar negeri.

2.3 Model dan Simulasi

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

Simulasi merupakan salah satu model matematis yang digunakan untuk merepresentasikan perilaku dari suatu sistem nyata. 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.

2.4 Agent Based Modeling and Simulation (ABMS)

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). Yang dimaksud agen adalah komponen dalam sistem yang memiliki status atribut, perilaku, dan dapat melakukan pengambilan keputusan. 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 beras di Indonesia terutama Jawa Barat 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 untuk menyelesaikan sistem yang kompleks. Salah satunya 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, organisme pengganggu tanaman, 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. Pelaku ekonomi sistem ketahanan pangan pokok beras di Jawa Barat beberapa diantaranya mencakup dinas-dinas yang terkait dengan hal perberasan seperti Dinas Bulog.

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

Output model merupakan sesuatu yang dihasilkan dari hasil rancangan model. Untuk menghasilkan *output* model maka diperlukan variabel-variabel *input* dalam model yang saling mempengaruhi di dalam suatu sistem. Apabila model telah diterapkan dan dipraktekkan 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 Pengumpulan Data dan Parameterisasi Model

Pada tahap ini akan dilakukan penentuan nilai-nilai yang ditetapkan untuk menjalankan model yang telah dirancang. Data-data yang dikumpulkan sebagian besar berasal dari data literatur dan wawancara dengan pihak Dinas Pertanian Provinsi Jawa Barat, Perum Divre dan Subdivre Bulog Jawa Barat. Untuk data yang tidak tersedia nilainya ditentukan dengan menggunakan estimasi dan 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

Pengujian model dilakukan secara internal dan eksternal. Validasi internal menguji implementasi fungsi pada sistem perangkat lunak model simulasi. Validasi eksternal menguji apakah output model simulasi sudah sesuai dengan data di lapangan dengan menggunakan teknik validasi pengujian model yaitu *behavior reproduction*.

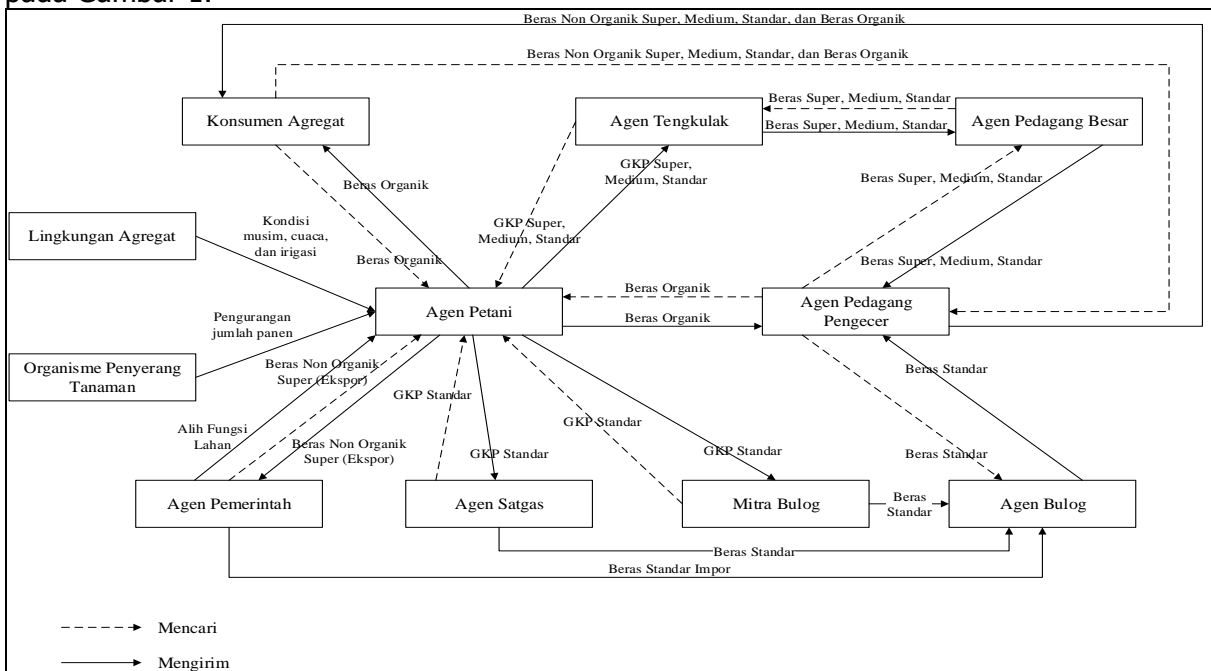
(xi) Tahapan Kesimpulan dan Saran

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

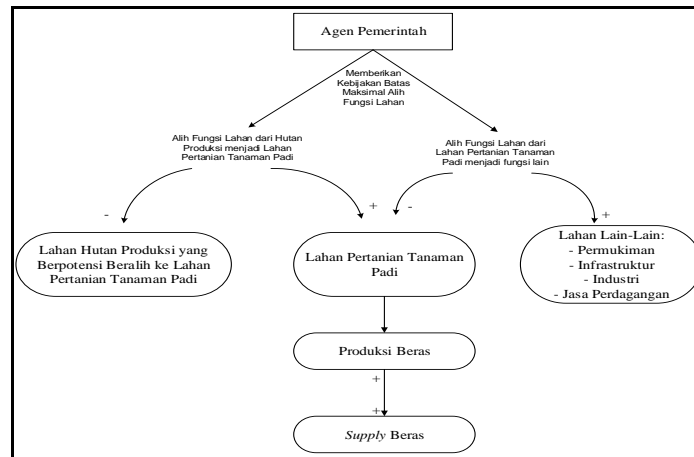
4.1 Identifikasi Sistem

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 Arief (2013). 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. Klasifikasi jenis beras dan *logic* atau rumusan sebab akibat dalam hal dinamika harga beras sama dengan penelitian sebelumnya. Penjelasan klasifikasi jenis beras dan *logic* defisit beras secara lengkap dapat dilihat dalam Arief (2013).

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.	<i>Output</i> Model	Keterangan
1	Jumlah beras yang tersedia per periode	Beras dari setiap kualitas, yaitu;
2	Surplus / defisit beras terhadap kebutuhan per periode	1. Non Organik (Standar, Medium, Super)
3	Harga beras per periode	2. Organik

Terdapat tujuh 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 <i>Input</i> Model	Keterangan	Satuan
1	Jumlah Benih Bersubsidi	Kebijakan jumlah benih bersubsidi yang dikeluarkan Pemerintah	Kg
2	Jumlah Pupuk Bersubsidi	Kebijakan jumlah pupuk bersubsidi yang dikeluarkan Pemerintah	Kg
3	Harga Pembelian Pemerintah	Kebijakan harga pembelian minimum gabah kering panen (GKP) yang dikeluarkan Pemerintah	Rp/Kg
4	Jumlah Beras Impor	Penetapan batas maksimal jumlah impor beras yang dikeluarkan Pemerintah	Kg
5	Jumlah Beras Ekspor	Penetapan batas maksimal jumlah ekspor beras yang dikeluarkan Pemerintah	Kg
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)	%
8	Tanam Serentak	Penetapan taman serentak yang dikeluarkan pemerintah di daerah yang dilakukan penanaman beras, ditandai dengan Ya atau Tidak di daerah tersebut	-

4.3 Identifikasi Agen

Pelaku ekonomi yang telah dijelaskan dalam identifikasi sistem (Gambar 1), 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, Lingkungan Agregat dan Organisme Pengganggu Tanaman. 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. Contoh identifikasi atribut yang dilakukan pada Agen Petani dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Contoh Identifikasi Atribut Agen Petani

No.	Atribut	Keterangan	Satuan
1	Harga Jual Gabah Kering	Harga jual gabah kering (beras non organik) hasil panen dari petani kepada tengkulak ataupun satgas	Rp/Kg
2	Harga Jual Beras Organik	Harga jual beras organik dari petani kepada pedagang pengecer atau konsumen langsung.	Rp/Kg
3	Jenis Benih	Jenis benih yang digunakan petani (Super/ Unggul/ Standar).	-
4	Jumlah Benih	Jumlah benih yang dibutuhkan dalam satu kali masa tanam.	Kg/Ha

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

Tabel 6. Contoh Identifikasi Atribut Agen Tengkulak

No.	Atribut	Keterangan	Satuan
1	Kapasitas Tengkulak	Kapasitas maksimum pembelian gabah kering berdasarkan gudang tengkulak	Kg
2	Reorder Point Tengkulak	Titik pemesanan kembali dalam proses pembelian GKP ke Petani	Kg
3	Jumlah Gabah Kering Tengkulak	Jumlah gabah kering yang dibeli dari petani untuk masing-masing kategori (Standar, Medium, Super)	Kg
4	Jumlah Beras Tengkulak	Jumlah beras yang dihasilkan dari proses penggilingan gabah kering untuk masing-masing kategori (Standar, Medium, Super)	Kg

Contoh identifikasi perilaku yang dilakukan pada Agen Petani dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Contoh Identifikasi Perilaku Agen Petani

No.	Perilaku	Keterangan
1	Persiapan Penanaman	Mencakup pembelian pupuk, benih, dan pestisida sesuai dengan kebutuhan lahan, serta status irigasi dan kondisi cuaca
2	Penentuan Mulai Tanam	Penentuan waktu mulai tanam untuk wilayah yang menetapkan kebijakan tanam serentak
3	Penjualan	Penjualan terdiri dari dua macam yaitu penjualan panen (beras non organik) dan penjualan beras organik. Penjualan hasil panen non organik yaitu dalam bentuk gabah kering. Dalam proses penjualannya terdapat penawaran harga antara satgas dan tengkulak terhadap Petani sedangkan proses penjualan beras organik dilakukan petani terhadap pedagang pengecer atau konsumen.

Contoh identifikasi perilaku yang dilakukan pada Agen Tengkulak dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Contoh Identifikasi Perilaku Agen Tengkulak

No.	Perilaku	Keterangan
1	Pembelian Gabah Kering Panen (GKP)	Proses pencarian dan pembelian gabah kering dilakukan kepada Petani yang berada di wilayah yang sama dengan tengkulak tersebut
2	Penggilingan Beras	Tengkulak akan mencari RMU untuk melakukan penggilingan gabah kering menjadi beras
3	Penjualan Beras	Tengkulak akan menjual atau memenuhi pesanan beras dari pedagang besar

Total jumlah atribut dan perilaku yang dimiliki masing-masing agen dapat dilihat pada Tabel 9.

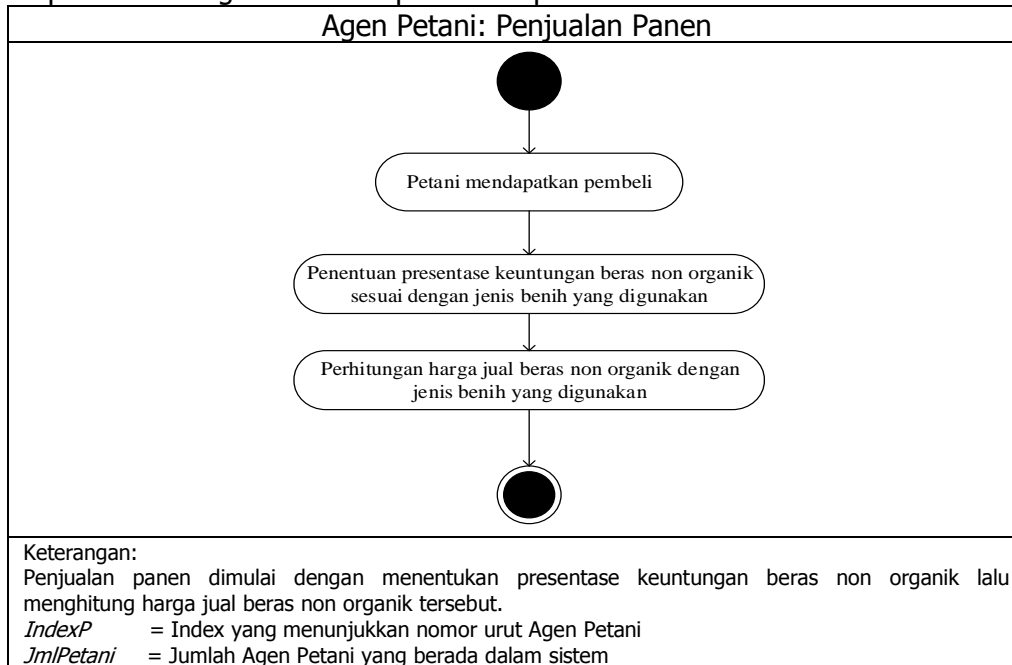
Tabel 9. Total Jumlah Atribut dan Perilaku Seluruh Agen

Nama Agen	Agen Petani	Agen Tengkulak	Agens atgas	Agens Mitra Bulog	Agens Bulog	Agens Pedagang Besar	Agens Pedagang Pengecer	Agens Pemerintah	Agens Konsumen Agregat	Agens Lingkungan Agregat	Agens Hama Wereng
Jumlah Atribut	30	13	10	10	8	10	10	6	7	3	7
Jumlah Perilaku	5	3	3	3	2	2	2	3	4	2	3

Penjelasan identifikasi atribut dan perilaku Agen Petani secara lengkap dapat dilihat dalam Rizqiansyah (2014).

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 Pengumpulan Data dan 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 aktual yang didapat dari Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Jawa Barat, Perum Divre dan Subdivre Bulog Jawa Barat. Contoh parameterisasi model untuk parameterisasi konsumen dapat dilihat pada Tabel 10.

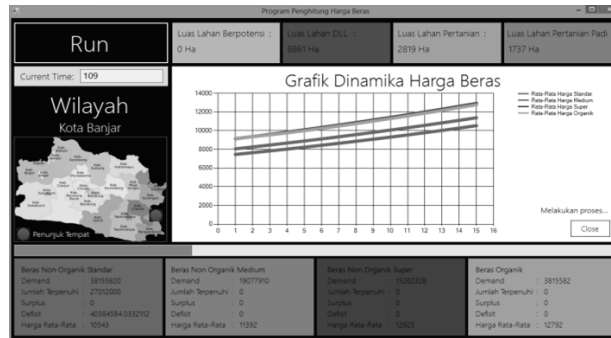
Tabel 10. Contoh Parameterisasi Konsumen

Variabel	Jumlah	Satuan	Sumber
Tingkat konsumsi	1,7422	Kg/Orang/Minggu	Jawa Barat dalam Angka 2012
Jumlah Penduduk	43053732	Orang	
Persentase Pertumbuhan Penduduk per tahun	0.84%	%/ tahun	

Parameterisasi model secara lengkap dapat dilihat dalam Rizqiansyah (2014).

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.



Gambar 4. User Interface Program Model Simulasi

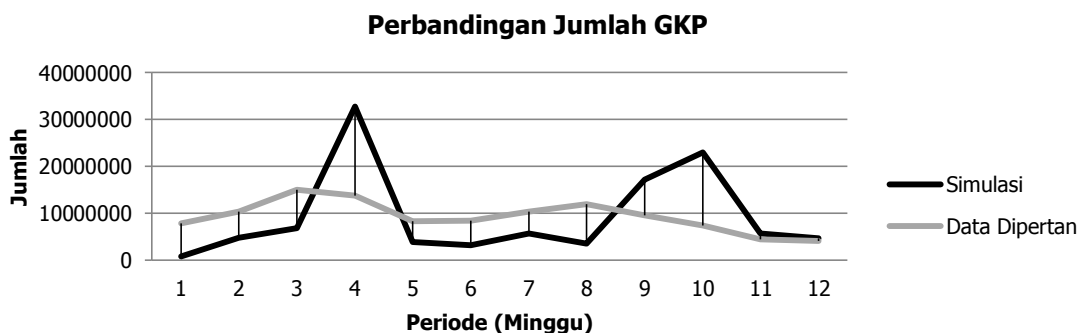
Selanjutnya terdapat tahapan verifikasi terhadap program yang telah dibuat. Verifikasi ini dilakukan untuk menguji apakah hasil simulasi sesuai dengan alur model yang diinginkan atau tidak. Untuk sistem ketahanan pangan pokok beras, proses verifikasi dilakukan dengan menguji apakah perhitungan matematis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

5. PENGUJIAN MODEL DAN ANALISIS

5.1 Pengujian Model

Pengujian model dilakukan dengan membandingkan *output* simulasi pada kondisi normal dengan data yang dihasilkan di lapangan sesuai dengan Laporan Tahunan 2011 yang dibuat oleh Departemen Pertanian Provinsi Jawa Barat. *Output* yang akan dibandingkan adalah besarnya produksi gabah kering dan harga beras setiap jenis dalam periode waktu 1 tahun. Pengujian model berdasarkan kondisi normal dilakukan dalam empat kali replikasi. Hal tersebut dilakukan untuk melihat keluaran model dalam situasi ketidakpastian yang berbeda-beda, dan untuk melihat apakah sistem sensitif terhadap perubahan suatu ketidakpastian.

Running time dalam satu kali simulasi dengan agregat per 10 petani sehingga totalnya tiga ribu agen petani berlangsung selama tiga jam pada spesifikasi komputer dengan *processor Intel Quad Core* dan *RAM* sebesar dua GB. Simulasi program diharapkan dapat menghasilkan *output* yang relatif *steady state*. *Steady state* merupakan kondisi dimana *output* simulasi tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi nol. Untuk mendapatkan kondisi satu tahun yang relatif *steady state*, waktu simulasi program akan dijalankan sebanyak lima kali satu tahun dengan *output* satu tahun menjadi inisial bagi tahun berikutnya. Lalu akan dicari simulasi mana yang paling mendekati kondisi *steady state*. Salah satu contoh perbandingan antara produksi gabah kering di lapangan dengan rata-rata empat replikasi *output* simulasi dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 11.



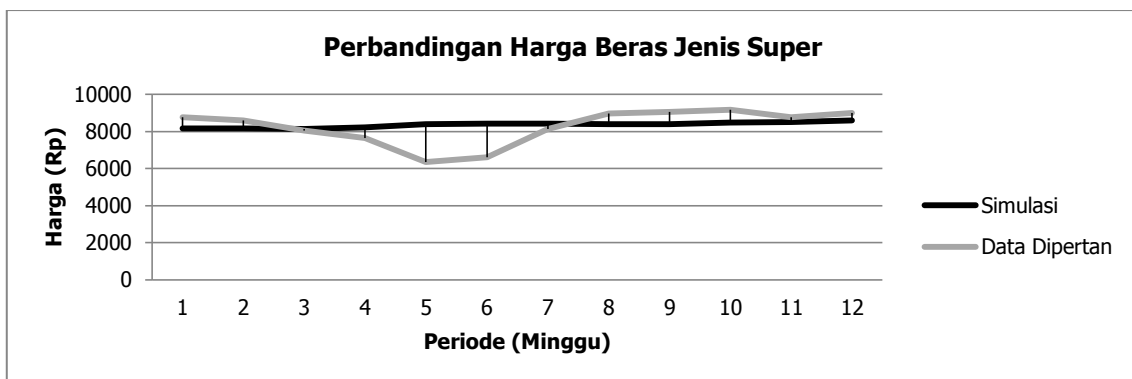
Gambar 5. Grafik Dinamika Perbandingan Jumlah GKP Dipertan dengan *Output* Simulasi

Tabel11.Perbandingan Produksi Gabah Dipertan dengan *Output* Simulasi

Bulan	Jumlah GKP (Kg)		error	error /asli
	Simulasi 2	Dipertan		
Jan	78699836.5	788752000	710052163.5	90.02%
Feb	476983130	1036451000	559467870	53.98%
Mar	683494365	1504111000	820616635	54.56%
Apr	3274503414	1373371000	1901132414	138.43%
Mei	388610915.3	833693000	445082084.8	53.39%
Jun	326836411.5	840959000	514122588.5	61.14%
Jul	575136999	1036670000	461533001	44.52%
Agu	350959092.3	1199503000	848543907.8	70.74%
Sept	1720039360	960377000	759662360.3	79.10%
Okt	2303161946	743897000	1559264946	209.61%
Nov	566886318.5	443517000	123369318.5	27.82%
Des	465540677.3	417296000	48244677.25	11.56%
Jumlah	11210852465	11178597000		894.86%
MAPE bulan		74.57%		
Error tahun		0.29%		

Besarnya MAPE per bulan adalah sebesar 74.57% % sedangkan untuk error per tahun adalah sebesar 0.29 %. Dari perbandingan antara grafik pola dinamika dan jumlah produksi GKP dengan data Dinas Pertanian Provinsi Jawa Barat, dapat ditarik kesimpulan bahwa model simulasi dapat menghasilkan *output* simulasi yang cukup akurat untuk pola dinamika dan jumlah produksi GKP tahunan berdasarkan error tahunannya yang kecil. Namun, untuk prediksi hasil bulannya tidak akurat. Hal ini disebabkan tidak tersedianya data yang akurat untuk kondisi per bulan. *Output* perbandingan antara grafik pola dinamika dan jumlah produksi GKP dengan data Dinas Pertanian Provinsi Jawa Barat secara lengkap dapat dilihat dalam Rizqiansyah (2014).

Salah satu contoh perbandingan antara dinamika harga beras di lapangan yaitu jenis super dengan rata-rata 4 replikasi *output* simulasi dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 12.

**Gambar 6. Grafik Dinamika Perbandingan Harga Beras Jenis Super Dipertan dengan *Output* Simulasi****Tabel12.Perbandingan Harga Beras Jenis Super Dipertan dengan *Output* Simulasi**

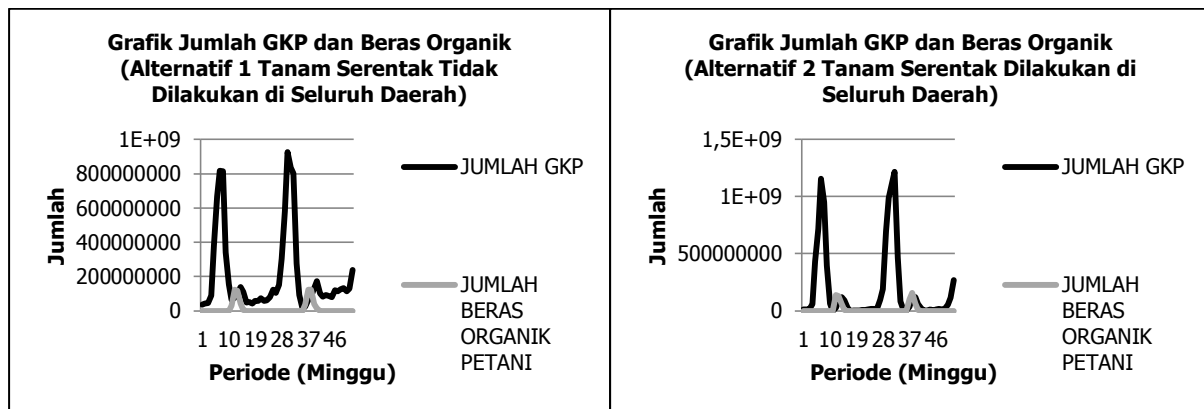
Bulan	Harga Beras Jenis Super		error	error /asli
	Simulasi 1	Dipertan		
Jan	8176.5	8783	606.5	6.91%
Feb	8156.25	8588.533352	432.283352	5.03%
Mar	8146.5	8042.057455	104.4425448	1.30%
Apr	8215.25	7637.123739	578.1262612	7.57%
Mei	8413.5	6354.628503	2058.871497	32.40%
Jun	8437.25	6609.404428	1827.845572	27.66%
Jul	8423	8125.751962	297.2480381	3.66%
Agu	8387	8982.389854	595.3898543	6.63%
Sept	8401	9050.083941	649.0839406	7.17%
Okt	8480	9190.39532	710.3953195	7.73%
Nov	8509	8769.461183	260.4611827	2.97%
Des	8614.25	9009.467489	395.2174888	4.39%
Jumlah	100359.5	99142.29723		113.41%
MAPE		9.45%		

Besarnya MAPE adalah sebesar 9.45%. Dari perbandingan antara grafik pola dinamika dan harga beras setiap jenis tahun dengan data Dinas Pertanian Provinsi Jawa Barat, dapat

ditarik kesimpulan bahwa model simulasi belum cukup akurat untuk menghasilkan *output* simulasi harga beras setiap jenis per bulannya. Hal ini disebabkan tidak tersedianya data yang akurat untuk kondisi per bulan. *Output* perbandingan antara grafik pola dinamika dan harga beras setiap jenis tahun dengan data Dinas Pertanian Provinsi Jawa Barat secara lengkap dapat dilihat dalam Rizqiansyah (2014).

5.2 Contoh Penggunaan Model dan Analisis

Contoh penggunaan model dan analisis berisikan penjelasan mengenai contoh penggunaan model simulasi, analisis terhadap contoh penggunaan, serta kelebihan dan keterbatasan model yang telah dikembangkan. Contoh penggunaan dilakukan dengan membandingkan dua alternatif kebijakan. Contoh penggunaan ini akan menunjukkan contoh pemilihan alternatif terbaik dari kedua contoh alternatif kebijakan yang dilakukan. Alternatif pertama dilakukan dengan *input* kebijakan tanam serentak tidak semua dilakukan oleh semua sedangkan alternatif kedua dilakukan dengan *input* kebijakan tanam serentak dilakukan oleh semua daerah. *Output* dari contoh penggunaan ini adalah perbandingan grafik jumlah beras antara dua alternatif. Grafik jumlah GKP dan beras organik untuk alternatif satu dan dua dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Alternatif 1 dan 2 Kebijakan Tanam Serentak

Contoh penggunaan kebijakan lain secara lengkap dapat dilihat dalam Rizqiansyah (2014). Gambar 8 menunjukkan bahwa pada alternatif dua dimana dilakukannya tanam serentak di seluruh daerah, jumlah GKP dan beras organik lebih rendah dibandingkan pada alternatif satu yang tidak melakukan tanam serentak di seluruh daerah. Berdasarkan kedua contoh alternatif pada contoh penggunaan model ini, dapat dilakukan pemilihan alternatif terbaik yaitu alternatif satu yang menunjukkan jumlah GKP dan beras organik lebih tinggi.

Dari hasil contoh penggunaan model dengan menggunakan dua 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 dua alternatif tersebut dilakukan hanya untuk menggambarkan dan mencontohkan bagaimana model dapat digunakan oleh perancang kebijakan.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dengan menggunakan metode pemodelan dan simulasi berbasis agen,

telah dihasilkan model simulasi mengenai sistem ketahanan pangan pokok beras di Jawa Barat. Model tersebut dapat menghasilkan *output* simulasi untuk pola dinamika dan jumlah produksi GKP. Akurasi output model masih dalam rentang tahunan. Untuk bulanan, masih sulit dijamin akurasi akibat kurangnya informasi detail dari seluruh faktor-faktor dari sistem yang mempengaruhi akurasi bulanan. Model dapat digunakan oleh perancang kebijakan sebagai gambaran apa yang akan terjadi apabila suatu kebijakan diterapkan.

6.2 Saran

Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan keseluruhan data yang sebenarnya untuk sistem ketahanan pangan pokok beras di Jawa Barat dan dapat mengurangi asumsi yang digunakan pada penelitian ini. 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. Untuk memanfaatkan pemodelan berbasis agen dengan baik, perlu didukung data yang rinci dari sistem yang dimodelkan.

REFERENSI

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

Borshchev, A., dan Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling, Techniques, Tools. *The 22nd 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. (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.

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.

Rizqiansyah, R. (2014). *Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen untuk Sistem Ketahanan Pangan Pokok Beras di Jawa Barat*, Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung.

Wright, C., 2013, Fixing Food, Discovery Channel Magazine M2013.