

---

# SIMULASI KETERSEDIAAN BERAS DI JAWA TIMUR

Annisa Kesya Garside<sup>1</sup>; Hasyim Yusuf Asjari<sup>2</sup>

**Abstract:** East Java province is one of the rice granary and is an important national food buffer. In 2014, East Java targeted to contribute 60% of 10 million tons national surplus in P2NB program. Objective of this research is to predict rice availability in 2013 to 2020 and analyze East Java readiness on achieving the target. Research steps starts from cause-effect diagram, stock and flow diagram, math formulation inside the diagram, verification and validation of the model, and simulation of developed model. Result of dynamical system indicates availability of rice in 2014 is 3,944,377.7 tons. With such availability, East Java target to contribute 60% of 10 million national rice surplus in 2014 cannot be achieved.

**Keywords:** *simulation, dynamic systems, rice, East Java.*

---

## PENDAHULUAN

Jawa Timur merupakan salah satu lumbung beras dan berperan sebagai penyangga pangan nasional. Jawa Timur mampu memasok lebih dari 17 persen beras nasional dan menyuplai kebutuhan beras di 15 provinsi lain melalui *move* nasional Bulog (BPS, 2012). Dalam rangka memperkuat ketahanan pangan menuju kemandirian pangan nasional, salah satu fokus kebijaksanaan pemerintah daerah Provinsi Jawa Timur adalah meningkatkan produksi sub sektor tanaman pangan diantaranya padi. Salah satu kegiatannya adalah pelestarian swasembada padi, untuk mendukung program pemerintah yaitu Peningkatan Produksi Beras Nasional (P2BN), surplus 10 juta ton beras pada tahun 2014. Dalam program ini Provinsi Jawa Timur menargetkan dapat menyumbang sekitar 60%. Berbagai skenario pencapaian telah ditargetkan antara lain peningkatan areal tanam, areal panen, produktivitas dan penurunan konsumsi beras per kapita/tahun.

Simulasi merupakan suatu metode untuk mempelajari macam-macam model sistem di dunia nyata secara luas dengan evaluasi numerik menggunakan *software* yang didesain untuk meniru operasi atau karakteristik tertentu sistem (Kelton, 2010). Simulasi telah terbukti sebagai alat evaluasi performansi yang efektif dan alat pemodelan untuk sistem stokastik di dunia nyata yang sangat kompleks. Salah satu pendekatan simulasi yang akhir-akhir ini banyak dipakai adalah dengan sistem dinamis. Penerapan simulasi sistem dinamis pada *supply chain* produk pertanian telah dilakukan. Irawan (2005) menggunakan pendekatan sistem dinamis untuk mensimulasikan ketersediaan beras nasional sampai tahun 2020 berdasarkan kebijakan yang ada saat ini. Hasil penelitian Irawan (2005) menunjukkan bahwa kebijakan laju konversi lahan sawah di Jawa, Bali dan NTB ditekan sampai 0% mulai tahun 2010 (penetapan lahan sawah abadi) dan peningkatan produktivitas padi sebesar 2,5%/tahun merupakan kebijakan terbaik karena akan menghasilkan surplus

---

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Malang  
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang 65144 Jawa Timur  
Email: annisa\_garside@yahoo.com

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

Naskah diterima: 21 Feb 2015, direvisi: 1 Mei 2015, disetujui: 20 Mei 2015

---

produksi beras menjelang tahun 2010. Selanjutnya Artrivrida (2008) menggunakan simulasi sistem dinamis untuk mengevaluasi pengaruh koordinasi terhadap kinerja *supply chain* pisang di Jawa Timur ditinjau dengan ukuran performansi yang digunakan adalah pendapatan penjualan, *oversupply*, *lost sales*, dan ketersediaan. Khumairoh (2010) menggambarkan hubungan keterkaitan antar pelaku rantai pasok industri gula nasional yang terdiri dari pabrik gula (gula kristal dan gula rafinasi), pedagang gula (importir, pedagang besar dan retailer), serta BULOG yang bertanggung jawab dalam kegiatan distribusi gula. Sedangkan Widodo, dkk. (2010) menerapkan simulasi sistem dinamis untuk mengetahui kondisi *supply chain* CPO di Indonesia dalam kurun waktu 30 tahun mendatang.

Berdasarkan kemampuan simulasi dalam menirukan perilaku sistem sehingga dapat memprediksikan kondisi mendatang maka tujuan penelitian ini adalah memprediksikan ketersediaan beras di Jawa Timur pada tahun 2013-2020 dan menganalisis kesiapan Jawa Timur dalam mencapai target surplus tersebut. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pemerintah Provinsi Jawa Timur terkait pencapaian target sebesar 60% surplus beras nasional sebesar 10 juta ton pada tahun 2014.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Sesuai dengan metodologi pengembangan model sistem dinamis maka tahapan yang dilakukan dimulai dengan konseptualisasi sistem yang terdiri dari penyusunan diagram sebab akibat berdasarkan konfigurasi *supply chain* beras yang telah diperoleh. Penyusunan diagram sebab akibat bertujuan untuk menggambarkan interaksi antar elemen dalam sistem *supply chain* beras. Interaksi ini mempunyai kemungkinan interaksi yang positif ataupun negatif. Hubungan tersebut bisa bersifat positif jika penambahan pada satu variabel akan menyebabkan penambahan pada variabel lain. Namun, apabila penambahan pada satu variabel akan menyebabkan pengurangan pada variabel lain, maka dapat dikatakan bahwa hubungan antar kedua variabel tersebut adalah negatif.

Setelah model konseptual tersusun secara terstruktur, tahap berikutnya adalah formulasi model. Formulasi model dilakukan dengan menggambarkan *stock and flow diagram* dan menyusun formulasi matematis dalam diagram tersebut. *Stock and flow diagram* merupakan model yang kemudian disimulasikan setelah dilakukan formulasi matematis. Dalam penyusunan *stock and flow diagram*, sistem *supply chain* beras di Jawa Timur memiliki beberapa submodel yang akan mewakili subsistem produksi (produsen/petani sebagai pelaku), subsistem konsumsi (konsumen sebagai pelaku), dan subsistem distribusi (distributor dan pedagang). Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Irawan (2005), variabel-variabel yang dipertimbangkan dalam mensimulasikan ketersediaan beras nasional, antara lain: luas sawah, kecenderungan laju konversi lahan sawah, indeks pertanaman, produktivitas padi, pertambahan jumlah penduduk, dan konsumsi beras per kapita. Model sistem dinamis tersebut memiliki keterbatasan, karena belum memasukkan variabel-variabel dalam sub sistem distribusi dan mengabaikan pengaruh harga gabah dan beras terhadap tingkat penawaran atau produksi. Pada penelitian ini, simulasi ketersediaan beras akan mempertimbangkan pengaruh harga dan variabel dalam sub sistem distribusi, namun ruang lingkup penelitian hanya di Jawa Timur. Selanjutnya formulasi dilakukan dengan menginputkan keterkaitan antar variabel secara matematis dan dilakukan untuk semua variabel yang ada pada semua sub model.

Verifikasi model adalah tahapan untuk memastikan apakah model yang dibuat sudah berjalan sesuai dengan persepsi pembuat model dengan melakukan *check model* pada *software* Stella. Selain *check model*, proses verifikasi juga dilakukan dengan pengecekan unit atau satuan variabel yang terdapat di model dengan melakukan *unit check* pada *software* Stella. Validasi model adalah tahapan untuk melihat apakah model sudah mampu menggambarkan sistem nyata dengan benar. Dalam penelitian ini, validasi model akan dilakukan dengan membandingkan produksi padi sawah, padi ladang, dan jumlah penduduk Jawa Timur antara hasil simulasi dengan kondisi aktual sistem. Model dikatakan valid, jika rata-rata dari keduanya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik. Oleh karena itu validasi akan dilakukan dengan uji statistik *t-paired test* menggunakan bantuan *software* Minitab.

Setelah model dinamis sistem *supply chain* beras dikatakan *verify* dan valid, maka dilanjutkan dengan simulasi model yang telah dikembangkan dengan menggunakan *software* Stella. Simulasi ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat perilaku model sistem *supply chain* beras yang telah dibuat, dengan cara memasukkan nilai-nilai pada konstanta dan tabel fungsi sesuai dengan kondisi yang terdapat pada sistem nyata. Selanjutnya simulasi bertujuan untuk memproyeksikan ketersediaan beras di Jawa Timur pada tahun 2013-2020, berdasarkan kebijakan ketahanan pangan dan sistem pemberasan Jawa Timur yang dijalankan saat ini.

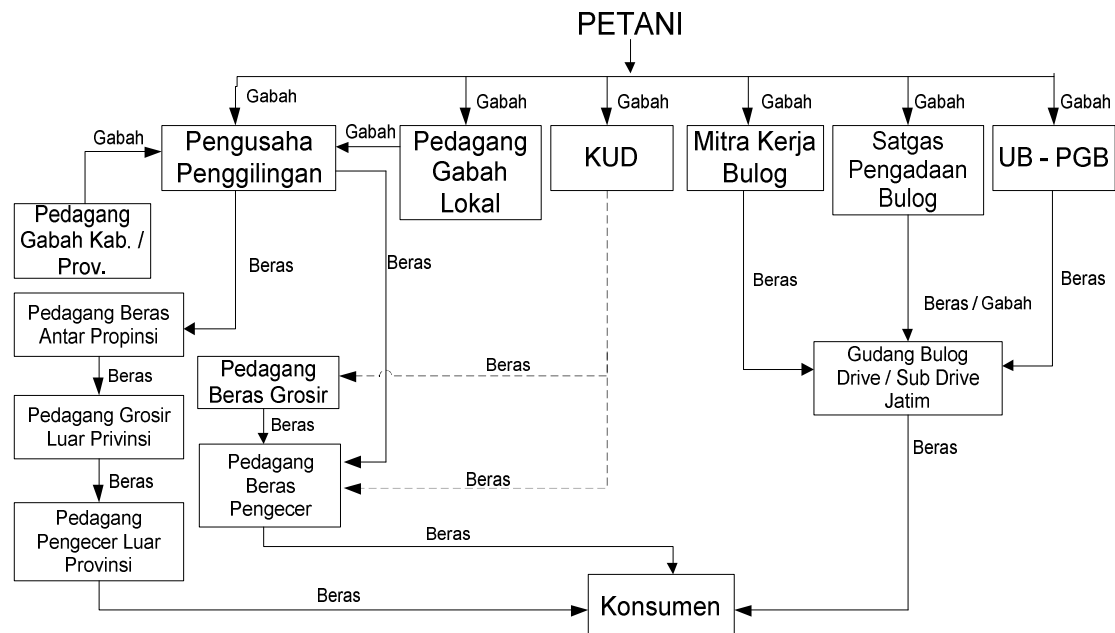
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Konfigurasi *Supply Chain* Beras di Jawa Timur

*Supply chain* atau rantai pasokan merupakan kumpulan para pelaku usaha yang terlibat dalam serangkaian proses bisnis dalam suatu rantai pasokan. Berdasarkan hasil wawancara dan penyebaran kuesioner pada tujuh kabupaten yang merupakan sentra produksi padi di Jawa Timur, sistem rantai pasokan perberasan Jawa Timur teridentifikasi memiliki pelaku-pelaku usaha, yang terdiri atas: petani, pedagang gabah lokal, pedagang gabah luar kabupaten/provinsi, KUD, pengusaha penggilingan, pedagang beras grosir, pedagang beras eceran, pedagang beras antar provinsi, mitra kerja Bulog, Satgas Pengadaan Dalam Negeri Bulog, dan UB-PGB milik Bulog dan konsumen (Garside dan Syaifullah, 2013). Gambar 1 menunjukkan jaringan rantai pasokan industri perberasan Jawa Timur yang menunjukkan keterkaitan antar pelaku usaha dan aliran material (gabah dan beras) yang berlangsung.

Pedagang gabah lokal atau tengkulak (di tingkat desa/kecamatan/kabupaten) berperan membeli gabah petani berupa Gabah Kering Panen (GKP), kemudian hasil pembeliannya dijual ke unit penggilingan padi. Selanjutnya gabah yang ditampung tersebut dikeringkan menjadi gabah kering giling (GKG) dan digiling/diselep menjadi beras oleh pengusaha penggilingan. Di setiap kabupaten yang menjadi sampel penelitian, pengusaha penggilingan yang memiliki RMU dan lantai jemur juga berperan sebagai pedagang beras dan aktif melakukan kegiatan pemasaran beras. Beras yang telah dikemas dalam ukuran 5 kg, 10 kg, dan atau 25 kg, dengan merek mereka, selanjutnya dijual ke pasar bebas melalui pedagang beras antar provinsi (eksportir), pedagang beras grosir, dan pedagang beras pengecer. Sebagian besar penggilingan skala besar (sebagai contoh penggilingan beras merk "Mentari" di Kediri) menjual beras langsung ke pedagang grosir, kemudian pedagang grosir menjualnya ke pedagang pengecer dan selanjutnya konsumen membeli dari pedagang pengecer. Sedangkan penggilingan skala kecil, cenderung langsung menjual beras ke

pedagang pengecer (diantaranya pedagang di pasar-pasar). Dengan ketatnya persaingan antar penggilingan-penggilingan dan terbatasnya pasokan gabah dari pedagang gabah lokal pada wilayah tertentu, maka pihak penggilingan juga bisa membeli gabah secara langsung dari petani atau membeli dari pedagang gabah luar kabupaten/provinsi untuk bisa memenuhi permintaan pasar dengan harga yang bersaing dengan menggunakan bantuan perantara atau informan.



Sumber : Garside dan Syaifullah (2013)

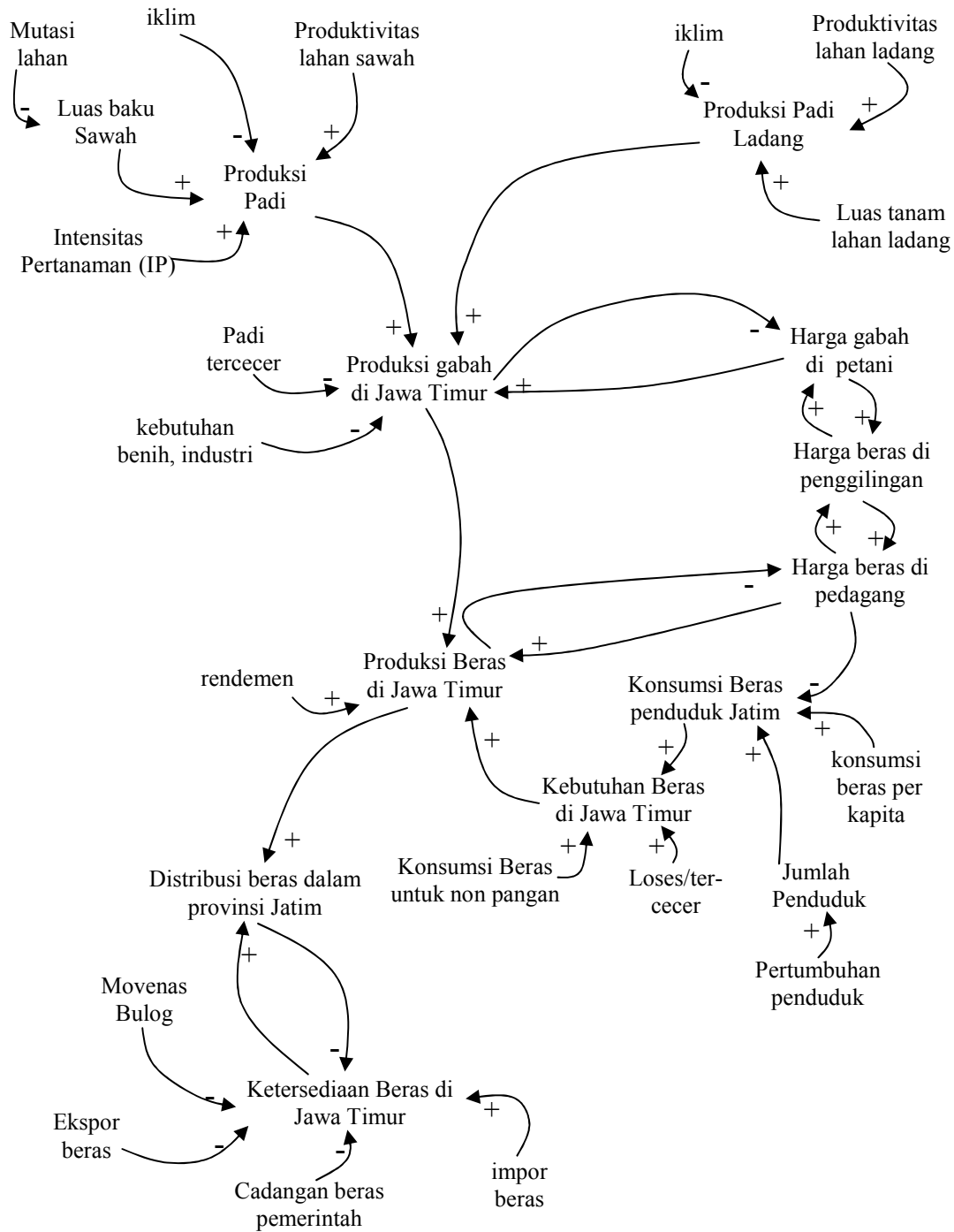
Gambar 1. Struktur dan aliran distribusi gabah/beras di Jawa Timur

Pembelian gabah dari Petani yang dilakukan oleh Bulog Divre. Jawa Timur dilakukan melalui tiga saluran: 1) mitra kerja Bulog, dapat berupa penggilingan padi, Gapoktan, KTNA, KUD, dan sejenisnya; 2) Satgas Bulog; dan 3) unit bisnis pengelolaan gabah beras (UB-PGB) milik Bulog. Setelah dilakukan pembelian gabah dari petani, mitra kerja Bulog dan UB-PGB akan menggiling gabah tersebut dan mengirim beras ke Gudang Bulog Divre maupun Sub Divre yang ada di Jawa Timur. Sedangkan Satgas Bulog akan membeli dalam bentuk gabah dan langsung dikirimkan ke gudang Bulog. Selain itu, Koperasi Unit Desa (KUD) juga berperan dalam sistem rantai pasokan perberasan dengan membeli gabah dari petani dan selanjutnya menjual beras ke pedagang grosir, pedagang pengecer atau langsung ke konsumen.

### Pengembangan Model Dinamis Rantai Pasokan Beras

#### Diagram Sebab Akibat Sistem Supply Chain Beras

Tahapan awal dalam pendekatan sistem dinamis adalah membuat diagram sebab akibat (*causal loop diagram*). Pembuatan diagram sebab akibat merupakan tahapan kualitatif untuk menggambarkan struktur pembentuk sistem dan memahami kompleksitas kebergantungan berbagai variabel yang terdapat dalam *supply chain* beras. Variabel-variabel yang digunakan dalam membuat model dinamis berasal dari hasil wawancara dengan beberapa pihak yaitu Kepala Bidang Ketersediaan-Badan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur, Kepala Bidang Distribusi-Badan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur, Kasie Analisa Harga-Perum BULOG Drive Jawa Timur, Kasie Data-Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur.



Gambar 2. Diagram sebab akibat *supply chain* beras

Variabel yang merupakan penyebab yang ditunjukkan oleh panah atas, sedangkan variabel yang merupakan hasil yang ditunjukkan oleh hubungan panah, jika hubungan adalah arah yang sama. Akhir arah panah adalah positif (+) atau negatif (-). Gambar 2 memperlihatkan diagram sebab akibat sistem rantai pasokan beras di Jawa Timur yang diukur berdasarkan ketersediaan beras. Produksi padi sawah dipengaruhi secara positif oleh luas baku sawah dan teknologi usaha tani yang diterapkan (penggunaan bibit unggul, irigasi, dan lain-lain). Luas baku sawah mempengaruhi luas areal pertanaman padi. Indikator teknologi usaha tani dapat dilihat dari produktivitas dan Intensitas Pertanaman (IP). Semakin besar intensitas pertanaman maka luas areal tanam padi akan bertambah, meskipun luas baku sawah

yang dimiliki tetap. Selanjutnya luas areal tanam dan produktivitas yang tinggi akan berdampak pada produksi padi sawah semakin meningkat (+). Sebaliknya, iklim berpengaruh negatif terhadap jumlah produksi padi sawah. Iklim dan musim yang tidak menentu menyebabkan terjadinya banjir, kekeringan, dan serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), sehingga sebagian lahan gagal panen (puso) dan menyebabkan penurunan jumlah produksi padi sawah. Produksi padi ladang dipengaruhi secara positif oleh luas tanam dan produktivitas. Sebaliknya, iklim berpengaruh negatif terhadap jumlah produksi padi sawah. Iklim dan musim yang tidak menentu menyebabkan terjadinya banjir, kekeringan, dan serangan OPT, sehingga sebagian lahan gagal panen (puso) dan menyebabkan penurunan jumlah produksi padi ladang.

Setiap panen pada lahan padi sawah maupun ladang menghasilkan gabah yang biasanya disebut Gabah Kering Panen (GKP). Hasil produksi gabah tersebut tidak 100% akan dipergunakan untuk beras, namun juga untuk keperluan pakan, bibit, dan dalam prosesnya selalu ada padi yang tercecer. Pertambahan produksi gabah di sentra akan menambah produksi beras di Jawa Timur. Transformasi gabah menjadi beras dilakukan oleh penggilingan beras, dimana produktivitas penggilingan beras ditentukan oleh tingkat rendemen beras yang dihasilkan dari proses yang dilakukannya. Jumlah produksi beras yang dihasilkan akan berpengaruh pada kegiatan distribusi beras di Jawa Timur. Semakin banyak produksi beras yang dihasilkan akan berdampak pada distribusi antar daerah Jawa Timur yang baik dan lancar. Selanjutnya distribusi beras antar daerah Jawa Timur akan mengurangi ketersediaan beras di Jawa Timur. Keterkaitan ketersediaan beras di Jawa Timur dengan distribusi beras membentuk umpan balik negatif (*negative feedback*) yang akan menghasilkan perilaku ke arah kesetimbangan.

Produksi beras di Jawa Timur dipengaruhi positif oleh kebutuhan beras di Jawa Timur. Kebutuhan beras tidak hanya meliputi konsumsi beras penduduk melainkan juga untuk pakan ternak, industri makanan dan tercecer. Semakin tinggi konsumsi beras penduduk Jatim dan konsumsi beras untuk non pangan maka menyebabkan kebutuhan beras semakin besar juga. Faktor pembentuk konsumsi beras penduduk Jatim adalah jumlah penduduk dan konsumsi beras per kapita per tahun. Semakin banyak penduduk dan semakin tinggi konsumsi beras per kapita akan menyebabkan konsumsi beras penduduk Jatim akan bertambah. Sedangkan jumlah penduduk Jatim sangat dipengaruhi oleh laju pertumbuhan penduduknya.

Dalam diagram sebab akibat, terlihat bahwa ketersediaan beras tidak hanya dipengaruhi oleh distribusi beras namun juga dipengaruhi oleh ekspor beras yang dilakukan oleh pengusaha/pedagang swasta (daerah ekspor termasuk juga domestik, yaitu luar Jawa Timur) dan Movement Nasional (movenas) Beras dari Perum Bulog Divre Jawa Timur ke Divre provinsi lainnya. Kedua variabel ini berpengaruh negatif terhadap ketersediaan beras karena menyebabkan sebagian beras yang diproduksi Jatim berpindah ke tempat lain. Demikian pula cadangan beras pemerintah (CBP) yang dikelola oleh Perum Bulog akan mengurangi ketersediaan beras karena cadangan tersebut merupakan penyisihan dari produksi beras yang akan dimanfaatkan untuk saat darurat, kerawanan pangan pasca bencana dan stabilisasi harga. Pada situasi darurat, pemerintah provinsi memiliki kewenangan untuk menyalurkan beras CBP sebanyak 200 ton setahun dan pemerintah kabupaten/kota memiliki kewenangan untuk menyalurkan maksimal 100 ton setahun. Sedangkan impor beras akan berpengaruh secara positif terhadap ketersediaan beras di Jawa Timur.

Dalam *supply chain* beras, terdapat keterkaitan antar pasar dengan sentra produksi. Produksi beras akan menentukan harga beras di level pedagang, semakin

banyak produksi beras maka harga beras di level pedagang akan turun. Selanjutnya, penurunan harga beras tersebut berdampak pada penurunan harga beras di penggilingan dan harga gabah di petani. Harga gabah pada petani di sentra produksi akan menentukan produksi gabah di sentra produksi tersebut. Semakin banyak produksi gabah maka harga gabah akan turun. Dalam kurun waktu tertentu, semakin tinggi harga gabah akan menyebabkan harga beras di penggilingan dan level pedagang akan naik juga. Selain itu terdapat keterkaitan antara kenaikan harga beras dengan konsumsi beras penduduk Jatim, dimana harga beras berpengaruh secara negatif terhadap konsumsi beras penduduk Jatim. Pada saat terjadi kenaikan harga beras di level pedagang, sebagian masyarakat miskin akan mengurangi konsumsi beras karena tidak mampu membeli.

*Stock and Flow Diagram Sistem Supply Chain Beras*

Tahap ini berkaitan dengan langkah menerjemahkan diagram sebab akibat dalam diagram simulasi. Diagram simulasi dilakukan dengan merumuskan konsep matematis menurut hubungan antara variabel *stock* dan *flow*. Model simulasi dalam penelitian ini menggunakan STELLA© (*i-See System*) sebagai perangkat lunak simulasi. Tujuan membuat *stock* dan *flow* diagram adalah untuk elaborasi lebih lanjut dari sistem yang sebelumnya ditunjukkan oleh diagram *sebab akibat* karena pengaruh waktu pada hubungan antara variabel. Jadi setiap variabel menunjukkan hasil untuk akumulasi yang disebut *stock*, dan aktivitas sistem variabel setiap periode waktu disebut *flow*. Gambar 3 menunjukkan *stock and flow diagram* pada *supply chain* beras di Jawa Timur.

*Formulasi Model*

Perumusan model menunjukkan bagaimana model didasarkan pada rumus matematika dan pendekatan kuantitatif lainnya. Tabel 1 menunjukkan formulasi berdasarkan rumusan matematik yang dibangun dari model untuk sektor *supply demand* dan kebutuhan beras.

Tabel 1. Formulasi matematika sektor supply, demand dan kebutuhan beras

No	Variabel di causal loop	Model Building	Formulasi
1	Luas Tanam Lahan Ladang	<i>stock</i>	$Luas\_Tanam\_Ladang(t) = Luas\_Tanam\_Ladang(t - dt) + (Perluasan\_Ladang) * dt$
2	Perluasan Ladang	<i>flow</i>	$Perluasan\_Ladang = Luas\_Tanam\_Ladang * Laju\_Perluasan\_Luas\_Ladang$
3	Luas panen ladang	<i>stock</i>	$Luas\_Panen\_Ladang = (Luas\_Tanam\_Ladang * (1 - Persentase\_Luas\_Fuso\_Ladang)) * Konversi\_Galengan\_Ladang$
4	Luas tanam sawah	<i>stock</i>	$Luas\_Tanam\_Sawah = Luas\_Baku\_Sawah * IP$
5	Luas panen sawah	<i>stock</i>	$Luas\_Panen\_Sawah = (Luas\_Tanam\_Sawah * (1 - Persentase\_Luas\_Fuso\_Sawah)) * Konversi\_Galengan\_Sawah$
6	stok padi ladang	<i>stock</i>	$Stok\_Padi\_Ladang(t) = Stok\_Padi\_Ladang(t - dt) + (Produksi\_Padi\_Ladang - Produksi\_Gabah\_Ladang) * dt$
7	Produksi padi ladang	<i>flow</i>	$Produksi\_Padi\_Ladang = (Luas\_Panen\_Ladang * Produktivitas\_Ladang) / 10$
8	Produksi gabah ladang	<i>flow</i>	$Produksi\_Gabah\_Ladang = Stok\_Padi\_Ladang * Conv\_GKP\_ke\_GKG$
9	Stok padi swah	<i>stock</i>	$Stok\_Padi\_Sawah(t) = Stok\_Padi\_Sawah(t - dt) + (Produksi\_Padi\_Sawah - Produksi\_Gabah\_Sawah) * dt$
10	Produksi padi sawah	<i>flow</i>	$Produksi\_Padi\_Sawah = (Luas\_Panen\_Sawah * Produktivitas\_Sawah) / 10$

Tabel 1. Formulasi matematika sektor *supply*, *demand* dan kebutuhan beras (lanjutan)

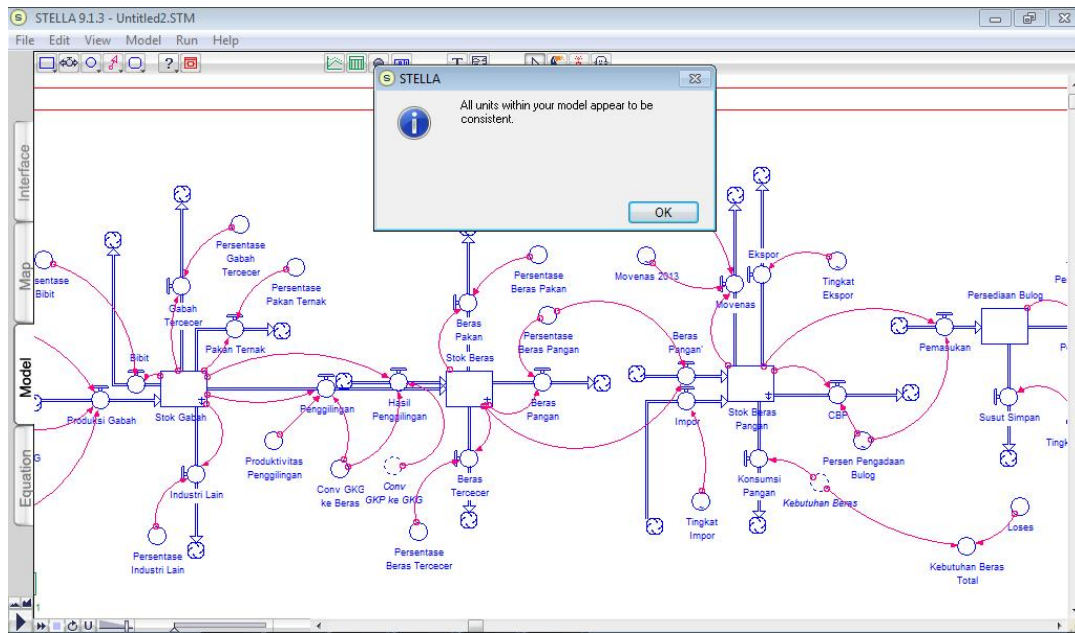
No	Variabel di causal loop	Model Building	Formulasi
11	Produksi gabah sawah	<i>flow</i>	Produksi_Gabah_Sawah = Stok_Padi_Sawah*Conv_GKP ke GKG
12	Stok gabah	<i>stock</i>	Stok_Gabah(t) = Stok_Gabah(t - dt) + (Produksi_Gabah - Penggilingan - Gabah_Tercecer - Pakan_Ternak - Industri_Lain - Bibit) * dt
13	Produksi Gabah	<i>flow</i>	Produksi_Gabah = Conv_GKP ke GKG*(Stok_Padi_Ladang+Stok_Padi_Sawah)
14	Produksi beras pangan	<i>flow</i>	Penggilingan = Stok_Gabah*Produktivitas_Penggilingan*Conv_GKG ke Beras *Stok_Gabah*Persentase_Industri_Lain
15	Padi tercecer	<i>flow</i>	Gabah_Tercecer = Stok_Gabah*Persentase_Gabah_Tercecer
16	Kebutuhan industri	<i>flow</i>	Pakan_Ternak = Stok_Gabah*Persentase_Pakan_Ternak Industri_Lain =
17	Kebutuhan benih	<i>flow</i>	Bibit = Stok_Gabah*Persentase_Bibit
18	Jumlah Penduduk	<i>stock</i>	Penduduk_Jatim(t) = Penduduk_Jatim(t - dt) + (Pertumbuhan_Penduduk) * dt
19	Pertumbuhan penduduk	<i>flow</i>	Pertumbuhan_Penduduk = Penduduk_Jatim*Laju_Pertumbuhan_Penduduk
20	Konsumsi beras penduduk	<i>flow</i>	Kebutuhan_Beras = (Penduduk_Jatim*Konsumsi_Beras per Kapita)/1000
21	Kebutuhan beras	<i>flow</i>	Kebutuhan_Beras_Total = Kebutuhan_Beras*(1-Loses)
22	Stok Beras di Jawa Timur	<i>stock</i>	Stok_Beras(t) = Stok_Beras(t - dt) + (Hasil_Penggilingan - Beras_Pakan - Beras_Tercecer - Beras_Pangan) * dt
23	Produksi Beras di Jawa Timur	<i>flow</i>	Hasil_Penggilingan = Stok_Gabah*Conv_GKG ke Beras*Conv_GKP ke GKG
24	Konsumsi beras non pangan	<i>flow</i>	Beras_Pakan = Persentase_Beras_Pakan*Stok_Beras
25	Beras tercecer /loses	<i>flow</i>	Beras_Tercecer = Stok_Beras*Persentase_Beras_Tercecer
26	Produksi beras pangan	<i>flow</i>	Beras_Pangan = Stok_Beras*Persentase_Beras_Pangan
27	Ketersediaan Beras	<i>stock</i>	Ketersediaan_Beras_Pangan(t) = Ketersediaan_Beras_Pangan(t - dt) + (Impor + Beras_Pangan' - Konsumsi_Pangan - Ekspor - Movenas - CBP) * dt
28	Impor beras	<i>flow</i>	Impor = Tingkat Impor
29	Konsumsi pangan	<i>flow</i>	Konsumsi_Pangan = Kebutuhan_Beras
30	Ekspor beras	<i>flow</i>	Ekspor = Tingkat Ekspor
31	Movenas bulog	<i>flow</i>	Movenas = Tingkat_Movenas_2007_sd_2012 + (Stok_Beras_Pangan*Movenas_2013)
32	Cadangan beras pemerintah	<i>flow</i>	CBP = Stok_Beras_Pangan*Persen_Pengadaan_Bulog

### Uji Verifikasi dan Validasi Model Dinamis Supply Chain Beras

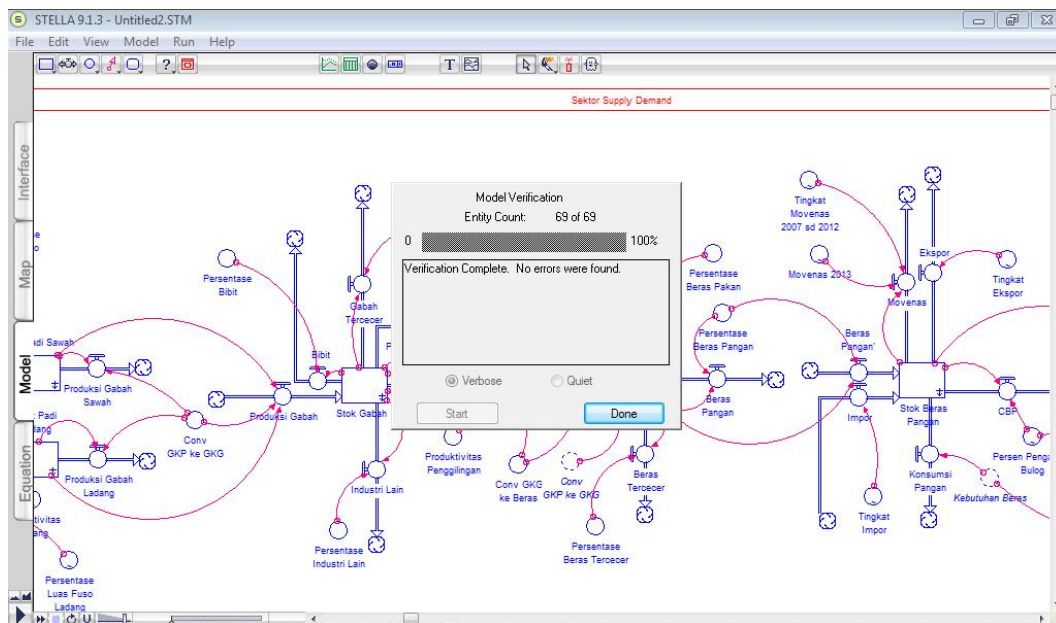
Berdasarkan model yang telah dikembangkan sebelumnya maka dilakukan uji coba simulasi. Selanjutnya akan dilakukan verifikasi dan validasi untuk mengetahui apakah model berjalan dan dapat mewakili sistem nyatanya.

Verifikasi dilakukan dengan memeriksa formulasi matematis dan memeriksa satuan (unit) variabel model. Jika ada kesalahan dalam model atau saat menjalankan model, model tidak dapat dikatakan terverifikasi. Verifikasi model bertujuan untuk memeriksa kesalahan dan memastikan bahwa model tersebut berperilaku sesuai dengan logika penelitian. Gambar 4 dan 5 menggambarkan hasil uji konsistensi dan verifikasi untuk semua variabel dalam model simulasi.





Gambar 4. Uji konsistensi untuk *stock and flow diagram*



Gambar 5. Uji verifikasi untuk *stock and flow diagram*

Berdasarkan hasil uji konsistensi dan verifikasi dengan menggunakan fasilitas yang ada pada *software* Stella, dapat disimpulkan model simulasi dinamis *supply chain* beras yang dikembangkan sudah diverifikasi.

*Uji Validasi Model Simulasi*

Validasi bertujuan menentukan model simulasi dapat diterima dan mewakili sistem nyata atau tidak, dengan membandingkan struktur dan perilaku model yang dikembangkan dengan struktur dan perilaku sistem pada situasi nyata. Ada dua metode validasi yang digunakan, kotak putih dan kotak hitam. Metode kotak putih (*white box validation*) dilakukan dengan mengamati cara kerja interval model

simulasi, misalnya input distribusi dan logika sistem, baik statis maupun dinamis. Sedangkan metode validasi kotak hitam (*black box validation*) dilaksanakan dengan melakukan observasi perilaku sistem riil pada suatu kondisi tertentu dan menjalankan model pada kondisi yang sedapat mungkin mendekati kondisi sistem riil. Model dianggap valid jika tidak ada perbedaan yang signifikan antara observasi model dengan sistem riil.

Dalam penelitian ini, uji validasi model dilakukan dengan metode kotak hitam. Pengujian dilakukan dengan membandingkan rata-rata *output* sistem nyata dan rata-rata *output* hasil simulasi dengan menggunakan uji statistik yaitu *paired sample t-test*. *Output* yang dibandingkan adalah: jumlah penduduk Jawa Timur, produksi padi sawah, dan produksi padi ladang selama tahun 2007-2012. Hipotesis yang diajukan dalam uji ini adalah:

$H_0 : \mu_{Nyata} - \mu_{awal} = 0$ , artinya tidak ada perbedaan signifikan *output* sistem nyata dan *output* simulasi.

$H_1 : \mu_{Nyata} - \mu_{Awal} \neq 0$ , artinya ada perbedaan signifikan *output* sistem nyata dan *output* simulasi.

Dari uji statistik, selanjutnya diambil keputusan dengan menggunakan taraf keberartian ( $\alpha$ ) = 5%:

Signifikansi 2 *tailed*  $\geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima

Signifikansi 2 *tailed*  $< \alpha$  maka  $H_0$  ditolak

Tabel 2 menunjukkan rekapitulasi *P value* atau nilai signifikansi 2 *tailed* dari seluruh uji statistik dengan menggunakan software Minitab.

Tabel 2. Hasil validasi model simulasi

Variabel	Tahun	Hasil simulasi	Data aktual	<i>P value</i>	Kesimpulan
Produksi padi sawah (ton/tahun)	2007	9.029.176	9.029.176	0,057	$H_0$ diterima
	2008	10.665.542	10.017.560		
	2009	11.006.796	10.758.398		
	2010	11.207.500	11.126.703		
	2011	10.863.417	10.029.728		
	2012	12.891.511	11.499.199		
Produksi padi ladang (ton/tahun)	2007	372.853	372.853	0,054	$H_0$ diterima
	2008	481.952	549.457		
	2009	516.186	500.687		
	2010	549.109	517.069		
	2011	622.519	546.815		
	2012	732.551	699.508		
Jumlah penduduk Jawa Timur (orang/tahun)	2007	36.706.081	36.706.081	0,056	$H_0$ diterima
	2008	36.963.024	36.972.282		
	2009	37.224.955	37.236.149		
	2010	37.463.947	37.476.757		
	2011	37.673.560	37.687.622		
	2012	37.883.356	37.898.672		

Karena *P value*  $\geq \alpha$  maka  $H_0$  diterima, yang artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara *output* nyata dan *output* simulasi. Model dinyatakan valid.

#### *Simulasi Model Dinamis Supply Chain Beras di Jawa Timur*

Setelah model *supply chain* beras telah *verify* dan valid, maka dilanjutkan dengan simulasi untuk memprediksikan produksi, kebutuhan, dan ketersediaan beras.

Tabel 3 menunjukkan proyeksi produksi beras yang meningkat dari tahun ke tahun, walaupun pertumbuhannya berjalan lambat sejak tahun 2015. Kenaikan produksi beras ini disebabkan oleh kenaikan produksi padi sawah dan ladang yang terjadi selama kurun waktu tersebut seperti ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 3. Proyeksi produksi, kebutuhan dan ketersediaan beras di Jawa Timur tahun 2013-2020 (ton)

Tahun	Produksi beras	Konsumsi beras penduduk	Kebutuhan beras	Ketersediaan beras
2013	8.781.165,13	3.542.771,86	3.637.363,87	3.399.122,448
2014	9.850.600,55	3.562.500,84	3.657.619,61	3.944.377,7
2015	10.160.168,00	3.582.339,68	3.677.988,15	4.639.116,325
2016	10.281.215,54	3.602.289,01	3.698.470,12	4.855.054,765
2017	10.346.791,53	3.622.349,42	3.719.066,15	5.131.502,143
2018	10.395.724,64	3.642.521,55	3.739.776,87	5.299.949,071
2019	10.440.651,98	3.662.806,01	3.760.602,93	5.382.131,402
2020	10.485.911,48	3.683.203,43	3.781.544,96	5.397.672,448

Konsumsi beras penduduk meningkat dari tahun ke tahun selama tahun 2013-2020 hal ini dikarenakan jumlah penduduk Jawa Timur juga meningkat selama kurun waktu tersebut seperti ditunjukkan pada tabel 4. Dari hasil simulasi diperoleh pertumbuhan penduduk Jawa Timur rata-rata meningkat 0,56% per tahunnya dan konsumsi beras per kapita sebesar 93 kg/tahun. Variabel lain yang merupakan output dari hasil simulasi adalah kebutuhan beras yang merupakan kebutuhan beras untuk pangan dan non pangan (misal pakan, tercecer dan lainnya). Sama seperti konsumsi beras penduduk maka kebutuhan beras juga meningkat dari tahun ke tahun.

Tabel 4. Proyeksi produksi padi dan jumlah penduduk di Jawa Timur tahun 2013-2020

Tahun	Produksi padi sawah (ton)	Produksi padi ladang (ton)	Produksi padi (ton)	Jumlah Penduduk (orang)
2013	12.728.040,33	784.368,51	13.512.408,84	38.094.321
2014	12.710.352,71	832.281,52	13.542.634,23	38.306.461
2015	12.708.438,91	882.310,48	13.590.749,39	38.519.782
2016	12.708.231,84	935.259,07	13.643.490,91	38.734.290
2017	12.708.209,43	991.375,69	13.699.585,12	38.949.994
2018	12.708.207,01	1.050.858,35	13.759.065,36	39.166.898
2019	12.708.206,75	1.113.909,86	13.822.116,61	39.385.011
2020	12.708.206,72	1.180.744,45	13.888.951,17	39.604.338

Selanjutnya dengan membandingkan produksi beras yang jauh lebih besar daripada kebutuhan beras dan ekspor, maka ketersediaan beras menunjukkan surplus sampai tahun 2020 dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 6,75% per tahunnya. Walaupun terjadi surplus dapat dilihat bahwa besarnya cenderung stabil yaitu sekitar 5 juta ton mulai tahun 2017. Dengan kondisi surplus ini, ketahanan pangan di Jawa Timur diharapkan tetap terjaga dengan baik. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh ketersediaan beras pada tahun 2014 sebesar 3.944.377,7 ton. Dengan ketersediaan tersebut, maka target Jawa Timur untuk menyumbang 60% dari surplus 10 juta ton beras nasional 2014 belum bisa tercapai.

## **KESIMPULAN**

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, diperoleh ketersediaan beras di Jawa Timur pada tahun 2014 sebesar 3.944.377,7 ton. Dengan ketersediaan tersebut, maka target Jawa Timur untuk menyumbang 60% dari surplus 10 juta ton beras nasional 2014 belum bisa tercapai. Perlu dikembangkan kebijakan ketahanan pangan untuk meningkatkan kemampuan aksesibilitas beras oleh masyarakat dan mendukung program pemerintah melalui program Peningkatan Produksi Beras Nasional (P2BN), surplus 10 juta ton beras pada tahun 2014.

## **Ucapan Terima Kasih**

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada DP2M-DIKTI atas dukungan dana dalam kegiatan Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2013.

## **Daftar Pustaka**

- Artrivrida, N. 2008, *Simulasi Koordinasi Supply Chain Pisang: Studi Kasus Pisang Mas dari Lumajang*. Thesis. Jurusan Teknik Industri - Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- BPS. 2012. *Berita Resmi Statistik No. 06/01/35/Th.X*.
- Garside, A.K.; Syaifullah, Y. 2013, *Pola Distribusi dan Margin Pemasaran Beras di Jawa Timur*. Proceeding Indonesia Statistical Analysis Conference, Bandung.
- Irawan, 2005. *Analisis Ketersediaan Beras Nasional: Suatu Kajian Simulasi Pendekatan Sistem Dinamis*. Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Pertanian dan Ketahanan Pangan. Balittanah, Departemen Pertanian, Bogor.
- Kelton, W.D; Sadowski, R.P.; Swets, N.B. 2010. *Simulation with Arena*. New York: McGraw Hill.
- Khumairoh, L. 2010. *Analisis Keterkaitan Pelaku Pergulaan Nasional: Suatu Penghampiran Model Dinamika Sistem*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri- Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Widodo, K.H.; Abdullah, A.; Arbita, K.P.D. 2010. "Sistem Supply Chain Crude-Palm-Oil Indonesia dengan Mempertimbangkan Aspek Economical Revenue, Social Welfare dan Environment". *Jurnal Teknik Industri*. Vol. 12 (1), pp. 47-54.