

## **Sistem Dinamik Spasial Untuk Meningkatkan Efektifitas Dan Efisiensi Logistik Pada Rantai Pasok Pangan**

Syaiful Hidayat<sup>1</sup>, Erma Suryani<sup>2</sup>, Rully Agus Hendrawan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Sistem Informasi, Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

E-mail : <sup>1</sup>syaifulits@gmail.com, <sup>2</sup>erma.suryani@gmail.com, <sup>3</sup>ruhendrawan@gmail.com

**Abstract** Food security is a cross-cutting issue which has become a national issue as the impact of food insecurity in several regions in Indonesia. Food Logistics Systems focuses on determining the location of the farm, to delivery points and distribution centers of commodities that can improve system performance food logistics. In this case some of the factors considered, commodities, the offender and logistics service provider, Transportation, policies and regulations and food logistics. The integration of SD and GIS (SDS) involved in producing the model output as input for policy formulation in order to improve the effectiveness and efficiency of logistics in the food supply chain. The results of the dynamic system model scenario will be visualized using GIS as a basis for decision-making related to increasing the effectiveness and efficiency of logistics in the food supply chain, so as to enhance the competitiveness and sustainability of food logistics in the future.

**Keyword** : System Dynamic, Logistics cost

**Abstrak** Ketahanan pangan merupakan isu lintas sektor yang telah menjadi isu nasional sebagai dampak kerawanan pangan di beberapa daerah di Indonesia. Sistem Logistik Pangan berfokus pada penentuan lokasi pertanian, titik-titik pengiriman dan pusat-pusat distribusi komoditas yang bisa meningkatkan kinerja sistem logistik pangan. Dalam hal ini beberapa faktor yang dipertimbangkan yaitu komoditas, pelaku dan penyedia layanan logistik, Transportasi dan regulasi dan kebijakan logistik pangan. Integrasi SD dan SIG (SDS) berperan dalam menghasilkan luaran model sebagai inputan untuk formulasi kebijakan dalam rangka meningkatkan efektifitas dan efisiensi logistik pada rantai pasok pangan. Hasil yang didapat dari scenario model system dinamik akan divisualisasikan menggunakan SIG sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait peningkatan efektifitas dan efisiensi logistik pada rantai pasok pangan, sehingga dapat meningkatkan daya saing serta keberlanjutan logistik pangan dimasa mendatang.

**Kata kunci** :Sistem Dinamik, Biaya Logistik

## 1. Pendahuluan

Di seluruh dunia, jarak dan jumlah pengiriman pangan telah meningkat yang disebabkan peningkatan perdagangan pangan internasional (Ljungberg, Gebresenbet, Kihlström, & Oritz, 2006). Penggabungan antara perkembangan kemajuan teknologi dan pangan diharapkan bisa menghasilkan inovasi baru. Sistem Informasi Geografi (SIG) memungkinkan untuk menyusun dan menganalisis informasi.

Rantai pasok pangan telah menerima banyak perhatian, dalam hal ini adalah Rantai pasok Beras dan Gula yang merupakan bagian dari komoditas strategis di Jawa Timur. Faktor utamanya adalah meningkatnya biaya logistik dan peningkatan kesadaran masyarakat tentang produksi, pemrosesan dan transportasi pangan berkelanjutan. Serta rendahnya kualitas pelayanan Logistik yang ditandai dengan masih rendahnya tingkat penyediaan infrastruktur baik kuantitas maupun kualitas, masih adanya pungutan tidak resmi dan biaya transaksi yang menyebabkan biaya tinggi, masih terbatasnya kapasitas dan jaringan pelayanan penyedia jasa logistik, masih terjadinya kelangkaan stok dan fluktuasi harga kebutuhan bahan pokok masyarakat terutama pada hari-hari besar nasional dan keagamaan serta masih tingginya disparitas harga pada daerah perbatasan, terpencil dan terluar.

Manajemen Logistik Rantai Pasok Pangan dapat mengintegrasikan kegiatan logistik produsen, distributor dan konsumen yang memungkinkan produsen pangan lokal untuk menjadi berdaya saing di pasar (Gimenez, 2006) untuk peningkatan pemenuhan permintaan produk pangan, dan meningkatkan keberlanjutan sistem pangan local (Zarei, Fakhrazad, & Paghaleh, 2011).

Biaya transportasi darat merupakan komponen terbesar biaya logistik di Indonesia yaitu 66,8%, sisanya adalah biaya administrasi dan biaya persediaan serta ditambah lagi dengan biaya bongkar muat, parkir, hingga pungutan liar (Wirabrata, 2013).

Secara umum, beberapa faktor yang mungkin mempengaruhi logistik pangan adalah distribusi, transportasi dan dampak lingkungan yang terkait, biaya logistik, dan kesadaran masyarakat tentang peningkatan produksi pangan yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk Mengembangkan model sistem logistik pangan ke dalam sistem distribusi pangan skala regional, Mengurangi biaya logistic, Meningkatkan daya saing harga pangan, meningkatkan keberlanjutan logistik pangan.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan merupakan kemampuan suatu negara untuk menghasilkan pangan yang cukup untuk memberi makan penduduknya (Allen & Patricia, 1999). Ketahanan pangan yang melibatkan domain saling berhubungan dengan pertanyaan pertanian, masyarakat, lingkungan, pekerjaan dan pendapatan, pemasaran, kesehatan dan gizi, dan kebijakan public (Pottier, 1999). Ada dua komponen kunci untuk ketahanan pangan : produksi atau ketersediaan pangan yang aman dan cukup, dan akses atau kapasitas untuk memperoleh pangan yang cukup dan memadai.

### 2.2 Produksi dan distribusi beras di Indonesia

Pada tahun 2015 Produksi beras Nasional sebesar 75,397,841 ton dimana Jawa Timur memproduksi sebesar 13,154,967 ton beras dengan luas tanah 2,152,070 ha. Hasil panen petani dalam bentuk gabah kering panen (GKP) sekitar 25% sebagian besar dijual kepada Pedagang Pengumpul Desa, dan sebagian lainnya ke Pedagang Pengumpul Lintas Desa dan Penggilingan Padi. Proses pengeringan GKP menjadi Gabah Kering Giling (GKG) pada umumnya dilakukan oleh Penggilingan Padi karena mempunyai lantai jemur yang cukup luas dan gudang penyimpanan gabah yang cukup besar. Beras dari Penggilingan Beras juga dijual kepada BULOG dalam rangka program pengadaan beras nasional dan stabilisasi harga petani. Grosir Beras kemudian menjual kepada Super Market dan Pengecer Beras, yang keduanya kemudian menjual berasnya ke Konsumen Akhir. BULOG menyimpan beras hasil pembelian dari Penggilingan Padi dan Impor (utamanya Raskin) sebagai Cadangan Beras Nasional (CBN), baik

untuk stabilisasi harga beras di tingkat konsumen maupun untuk bantuan Raskin (PERTANIAN, 2013).

### **2.3 Produksi dan distribusi gula di Indonesia**

Alur pengolahan tebu dimulai dari lahan tebu, kemudian setelah ditebang, batang tebu akan dikirim ke pabrik untuk dilakukan proses pengolahan menjadi gula kristal putih, setelah pemrosesan selesai maka gula putih hasil pemrosesan akan disimpan sementara di gudang pabrik. Tebu yang diproduksi oleh petani di daerah sentra produksi (Jawa, Lampung, Sulsel, dll) digiling oleh pabrik gula milik negara (PTPN) dengan sistem bagi hasil. Setelah penggilingan selesai, petani memperoleh gula bagiannya, yang disimpan di gudang pabrik gula penggilingnya. Setelah akumulasi jumlahnya cukup, gula tersebut kemudian dilelang. Peserta lelang adalah pedagang besar dan kuat yang jumlahnya tidak banyak (sekitar 5 orang) yang disebut sebagai “Samurai”. Harga lelang tidak boleh lebih rendah dari HP (harga patokan) yang ditetapkan pemerintah setiap tahunnya berdasarkan BPP (biaya pokok produksi per kg GKP) dan pertimbangan aspek-aspek lainnya.

Pedagang yang menang lelang, tetap menyimpan gulanya di gudang milik PTPN dan baru dikeluarkan setelah ada pembelinya. Para pembeli gula milik Samurai adalah Distributor Tingkat 1 (D1). D1 kemudian menjual gulanya kepada Distributor Tingkat 2 (D2) dan industri makanan/minuman berskala besar. Selanjutnya, D2 menjual gulanya kepada Distributor Tingkat 3 (D3) dan Pengecer Besar (pasar swalayan). D3 kemudian menjual gulanya ke Pengecer Kecil (kios) dan industri makanan/minuman kecil (industri rumah tangga), baru kemudian ke konsumen (PERTANIAN, 2013).

### **2.4 Manajemen Logistik**

Logistik adalah bagian dari rantai pasok (supply chain) yang menangani arus barang, arus informasi dan arus uang melalui proses pengadaan (procurement), penyimpanan (warehousing), transportasi (transportation), distribusi (distribution), dan pelayanan pengantaran (delivery service) sesuai dengan jenis, kualitas, jumlah, waktu dan tempat yang dikehendaki konsumen, secara aman, efektif dan efisien, melalui titik asal (point of origin) sampai titik tujuan (point of destination) (Indonesia, 2012). Aktivitas pokok logistik meliputi pengadaan, produksi, pergudangan, distribusi, transportasi, dan pengantaran barang yang dilakukan oleh setiap pelaku bisnis dan industri baik pada sector primer, sekunder maupun tersier dalam rangka menunjang kegiatan operasionalnya.

Empat dari enam kunci penggerak utama logistik (Indonesia, 2012) :

#### **1. Komoditas**

komoditas sebagai penggerak utama (key commodity factor) yakni penggerak aktivitas logistik yang terkoordinasi secara efektif, dalam hal ini fokus komoditas yang ditetapkan adalah bahan pokok diantaranya yaitu beras dan gula

#### **2. Infrastruktur Transportasi**

Infrastruktur transportasi berperan memperlancar pergerakan arus barang secara efektif dan efisien.

#### **3. Pelaku Dan Penyedia Jasa Logistik**

**Pelaku Logistik (PL)** merupakan pemilik dan penyedia barang yang dibutuhkan konsumen, yang terdiri atas : Produsen dan Penyalur

**Penyedia Jasa Logistik** (Logistics Service Provider) merupakan institusi penyedia jasa pengiriman barang (transporter, freight forwarder, shipping liner, EMKL, dsb) dari tempat asal barang (shipper) ke tempat tujuannya (consignee), dan jasa penyimpanan barang (pergudangan, fumigasi, dan sebagainya).

#### **4. Regulasi Dan Kebijakan**

Pemerintah merupakan (a) regulator yang menyiapkan peraturan perundangan dan kebijakan, (b) fasilitator yang menyediakan dan membangun infrastruktur logistik yang diperlukan untuk terlaksananya proses logistik, dan (c) integrator yang mengkoordinasikan dan

mensinkronkan aktivitas logistik sesuai dengan visi yang ingin dicapai, dan pemberdayaan baik kepada pelaku logistik, penyedia jasa logistik maupun pendukung logistik.

#### **2.4 Rantai Pasok Pangan Lokal**

Pangan lokal dikaitkan dengan kedekatan pertanian (tempat produksi) kepada konsumen (Zajfen, 2010). Dalam kasus rantai pasok pangan lokal, dapat didistribusikan oleh mitra perantara atau langsung dari produsen ke konsumen

#### **2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Menurut Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2009), "Sistem Informasi Geografis (SIG) mengintegrasikan perangkat keras, perangkat lunak, dan data untuk menangkap, mengelola, menganalisis, dan menampilkan semua bentuk informasi yang berbasis spasial (ESRI, 2009).

#### **2.6 Model**

Model adalah penyederhanaan dari sesuatu. Istilah lainya disebut tiruan model dunia nyata yang dibuat secara virtual (System Dynamics Society, 2009). Karena bentuk tiruan model tidak harus sama persis dengan aslinya, tetapi minimal memiliki keserupaan. Model adalah representasi dari sistem yang menyerupai, namun lebih sederhana. Tujuan dari dibuatkannya model adalah untuk memungkinkan para analis memprediksi dampak dari perubahan system (Sterman, 2000).

#### **2.7 Pemodelan Simulasi**

Pemodelan adalah sebuah cara untuk menyelesaikan masalah yang terjadi di dunia nyata. Pemodelan dilakukan jika implementasi langsung atau eksperimen terlalu mahal untuk dilakukan atau sulit dilakukan. Pemodelan memungkinkan sistem dioptimalkan sebelum diimplementasikan di dunia nyata. Pemodelan meliputi proses pemetaan masalah dari dunia nyata untuk dimodelkan dalam dunia model (proses abstraksi) untuk kemudian dianalisa dan dioptimalkan sehingga didapat solusi yang dapat diimplementasikan di dunia nyata (Sterman, 2000).

Simulasi adalah operasi dari model suatu sistem. Simulasi digunakan sebelum mengubah sesuatu terhadap sistem yang telah ada, untuk mengurangi dampak kegagalan, untuk mengeliminasi kemacetan yang tak terduga, untuk mencegah penggunaan sumber daya yang berlebihan, dan untuk mengoptimalkan kinerja system (Forrester, 1971).

#### **2.8 Sistem Dinamik (SD)**

Simulasi Sistem Dinamik merupakan simulasi kontinyu yang dikembangkan oleh Jay Forrest (MIT) tahun 1960-an, berfokus pada struktur dan perilaku sistem. Sistem Dinamik (SD) berasal dari Forrester's World Dynamics (Forrester, 1971).

System Dynamics Society menawarkan update definisi dengan menyatakan bahwa SD adalah "metodologi untuk mempelajari dan mengelola sistem umpan balik yang kompleks" (System Dynamics Society, 2009).

### **3. Metode Penelitian**

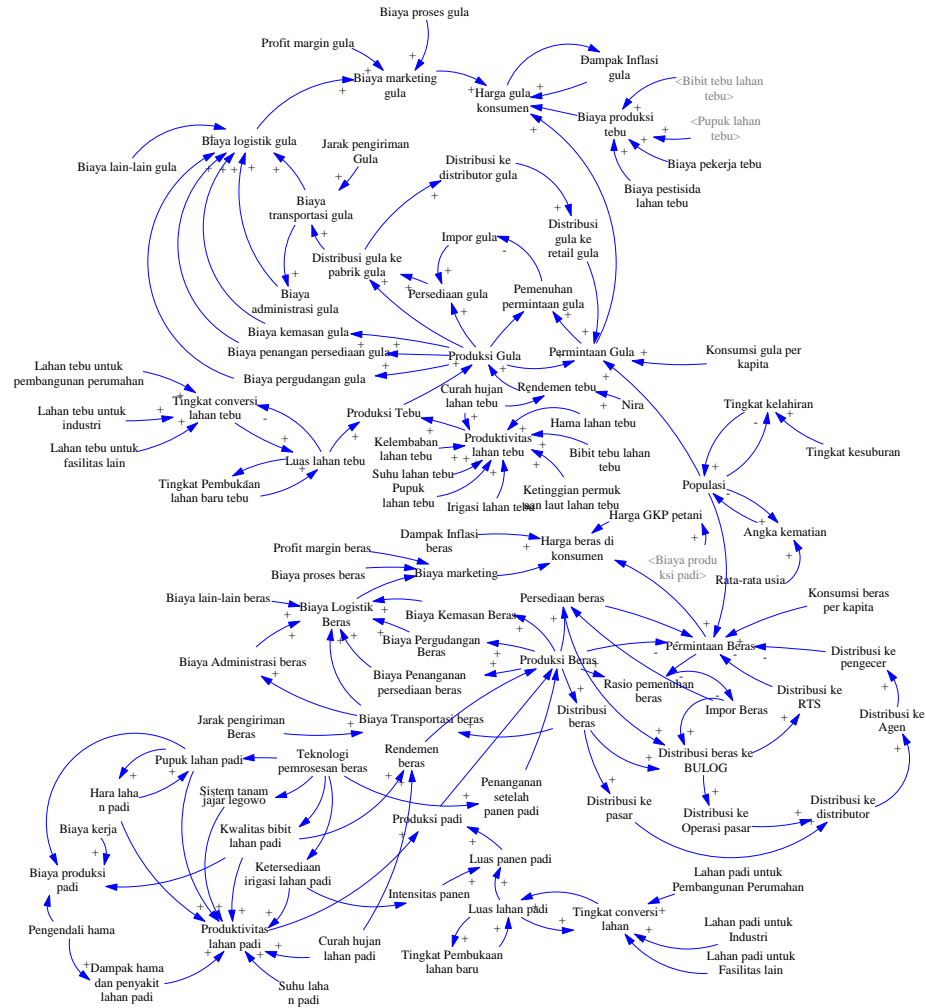
Kerangka penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan :



**Gambar 1. Metodologi Penelitian**

Berikut penjelasan dari tahapan metodologi penelitian :

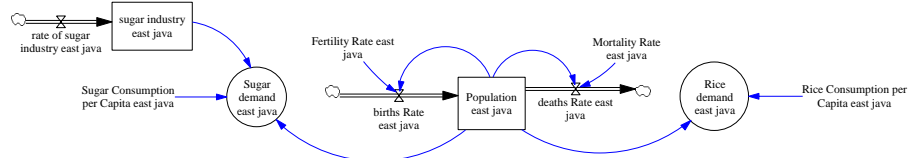
- 1) **Definisi Masalah dan Ruang Lingkup Penelitian**  
Dalam tahap ini, kami belajar tentang sistem logistik pangan dan mencirikan perilaku sistem. Kami berencana untuk memanfaatkan Jawa Timur sebagai studi kasus.
  - 2) **Pengumpulan Data**  
Wawancara, observasi fisik, pertemuan untuk diskusi dan survei berbasis internet akan digunakan untuk mengumpulkan data dan informasi terkait.
  - 3) **Sistem Informasi Geografis (SIG)**  
SIG akan digunakan untuk merekam lintang dan bujur dari lokasi pertanian yaitu tempat di mana kendaraan mulai muat, Pusat Distribusi yaitu tempat dimana kendaraan bongkar bahan baku dan muat barang jadi, Titik pengiriman yaitu tempat dimana kendaraan bongkar barang jadi
  - 4) **Pengembangan Model Sistem Dinamik Spasial**  
Model sistem dinamik dibangun untuk menunjukkan kondisi yang ada terkait pasokan, permintaan, distribusi beras dan gula dengan mempertimbangkan faktor-faktor eksternal seperti perubahan regional untuk menguji sistem logistik.
  - 5) **Skenario**  
Dalam rangka memfasilitasi koordinasi dan integrasi proses pengiriman pangan, skenario yang berbeda akan ditetapkan
- 4. Hasil dan Pembahasan**
- 4.1 Diagram Kausatik**  
Awal dari pengembangan model ini adalah dengan melalui diagram kausatik atau yang biasa disebut causal loop diagram. Hasil pemodelan diagram kausatik pada ketersediaan beras dan gula untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi logistic pada rantai pasok pangan di Jawa Timur, dapat dilihat pada Gambar 2.



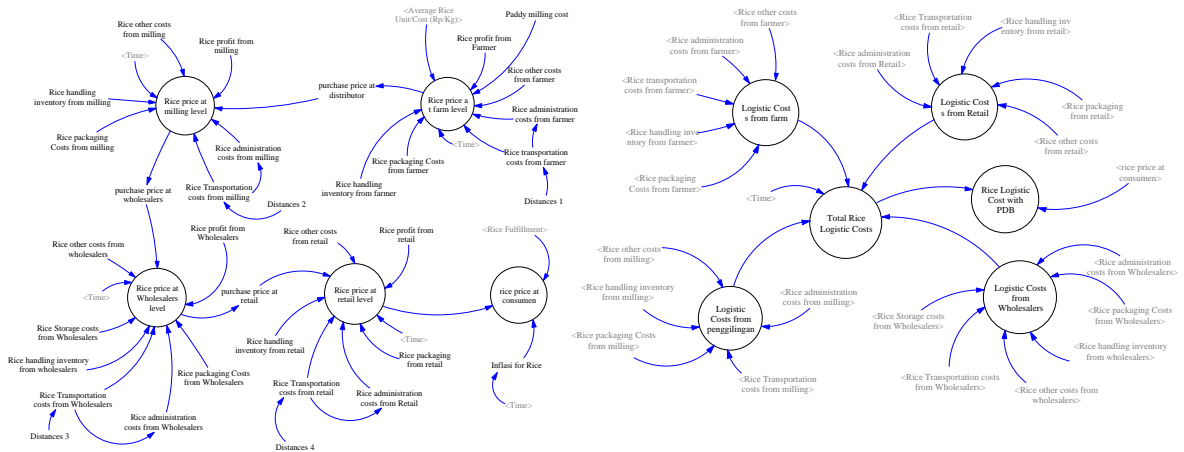
**Gambar 2. CLD Persediaan Beras dan Gula**

#### 4.2 Diagram Flow

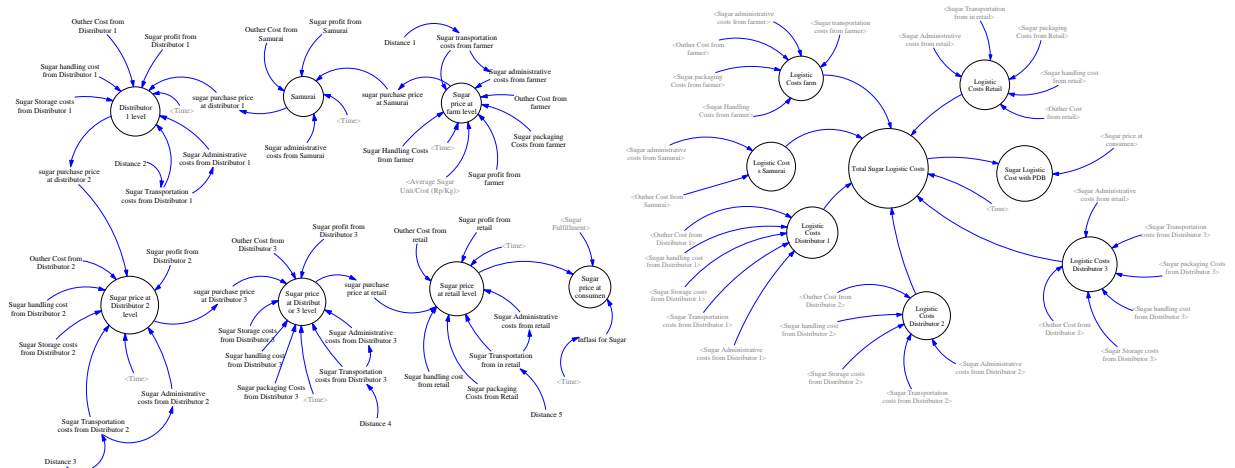
Diagram flow dari ketersediaan beras dan gula untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi manajemen rantai pasok di Jawa Timur ini, dibuat untuk menggambarkan bagaimana jumlah produksi beras dan gula dapat memenuhi permintaan konsumen.



**Gambar 3. Sub Model Populasi dan permintaan beras dan gula**



**Gambar 4. Sub Model Harga dan Biaya logistik beras**



**Gambar 5. Sub Model Harga dan Biaya logistik gula**

### 4.3 Verifikasi dan Validasi

#### 4.3.1 Verifikasi

Tahapan ini digunakan untuk memastikan apakah model yang telah dibuat sudah merepresentasikan konsep secara tepat atau tidak antara model dengan kondisi terkini. Dengan menggunakan Vensim (*Ventana Simulation*) untuk menampilkan hasil simulasi. Ketika vensim tidak menampilkan pesan error maka model tersebut dikatakan *verified* (bebas error).

#### 4.3.2 Validasi

Untuk dapat memastikan bahwa model sudah sesuai dengan kondisi saat ini, maka dilakukan validasi seperti pada Tabel 4. Dari tabel tersebut ditampilkan bahwa model dikatakan valid apabila *mean comparison* < 5% dan *error variance* < 30%.

### 4.4 Skenario

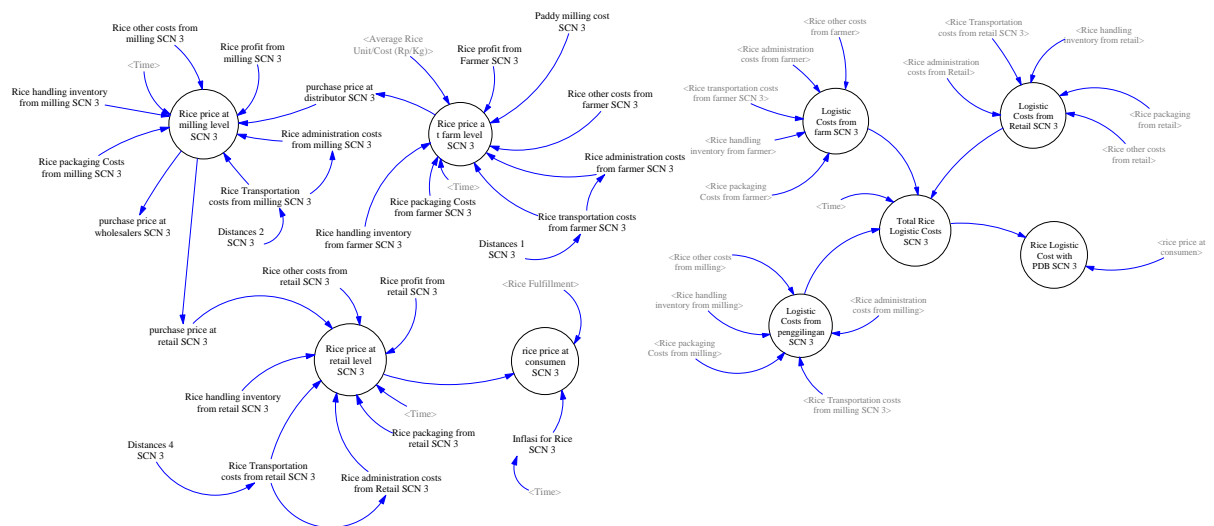
Skenario yang dibuat bertujuan untuk meningkatkan produksi beras dan gula sehingga rasio pemenuhan dapat meningkat serta meminimalisir biaya logistik dengan mengefisiensikan rantai distribusi beras dan gula.

Skenario 1 : Pengurangan Jarak Distribusi beras

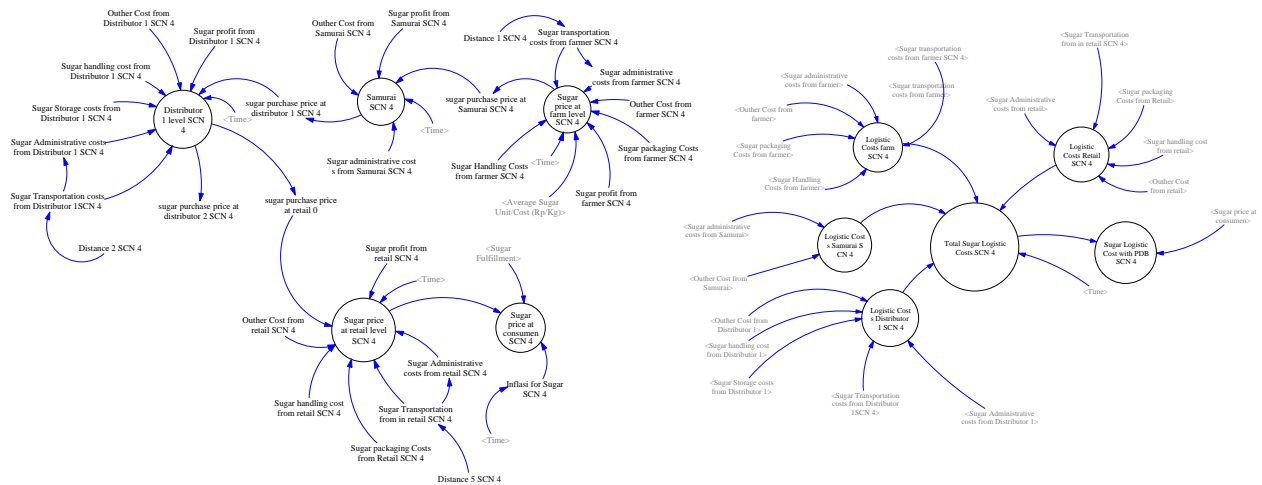
Skenario 2 : Pengurangan Jarak Distribusi gula.

Skenario 3 : Pengurangan pelaku distribusi untuk mengurangi biaya logistik Beras.

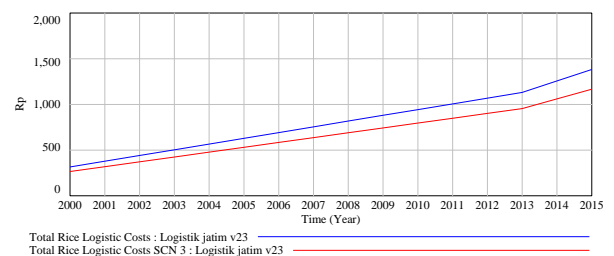
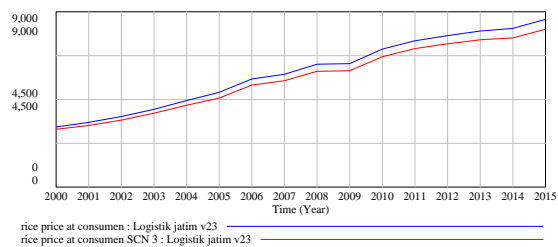
Skenario 4 : Pengurangan pelaku distribusi untuk mengurangi biaya logistik Gula.



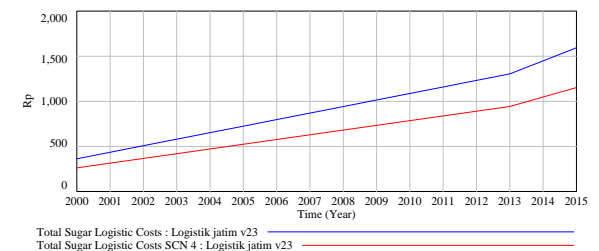
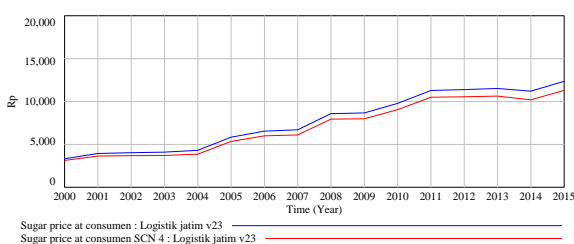
Gambar 6. Skenario 3 Harga dan Biaya logistik beras



Gambar 7. Skenario 3 Harga dan Biaya logistik gula



Gambar 8. Hasil skenario 3 untuk komoditas beras



Gambar 9. Hasil skenario 4 untuk komoditas beras



## **5. Kesimpulan**

Dari hasil pengembangan model berdasarkan kondisi saat ini (base model) dan skenario maka kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Jalur distribusi utama pada komoditas beras dan gula cenderung lebih panjang karena melibatkan beberapa pelaku distribusi. Dari masing-masing rantai distribusi tersebut, terjadi peningkatan biaya logistic dan harga komoditas dikarenakan setiap pelaku membutuhkan biaya logistic seperti Biaya transportasi, biaya administrasi, biaya penanganan persediaan, biaya pergudangan, biaya packing, biaya lain-lain. Serta masing-masing yang melibatkan profit untuk pelaku distribusi.
2. Dengan mengurangi pelaku distribusi beras dan gula bisa mengurangi jarak dan waktu transportasi. Untuk komoditas beras dari penggilingan langsung ke retail, tidak perlu ke grosir/agen sehingga bisa menurunkan harga beras sebesar 6.04% per tahun dan biaya logistic beras 19.3% per tahun, sedangkan untuk komoditas gula dari distributor 1 langsung ke retail tidak perlu ke distributor 2 dan distributor 3 sehingga jarak transportasi bisa berkurang dan waktu pengiriman pun lebih cepat. Aktor yang dikurangi untuk komoditas beras ada grosir/agen sedangkan untuk gula adalah distributor 2 dan distributor 3 sehingga bisa menurunkan harga gula 8.13% per tahun dan biaya logistic gula 27.71% per tahun
3. Setelah dilakukan scenario, diusulkan bagi pemangku kebijakan agar dilakukan pemotongan arus distribusi beras dan gula yaitu pada komoditas beras adalah Grosir/agen jadi retail langsung beli dari penggilingan sehingga system distribusi beras lebih efektif dan biaya logistic lebih efisien juga harga beras lebih murah , pelaku yang dihapus untuk komoditas gula adalah Distributor 2 dan Distributor 3 jadi retail langsung beli dari Distributor 1 sehingga system distribusi gula lebih efektif dan biaya logistic lebih efisien juga harga gula lebih murah.

## **Referensi**

- Allen, & Patricia. (1999). *Reweaving the Food Security Safety Net: Mediating Entitlement and Entrepreneurship*. Agriculture and Human Values 16 , 11.
- Aronsson, H., & Brodin, M. H. (2006). The environmental impact of changing logistics structures. *The international journal of logistics management* 17(3) , 394-415.
- Christopher, M. (2005). *Logistics and Supply Chain Management: Creating value-Adding Networks*. Great Britain.
- Engblom, J. (2012). Multiple-method analysis of logistics costs. *Production Economics* , 29-35.
- ESRI. (2009). *ArcGIS desktop help*. New York: Environmental Systems Research Institute.
- Forrester, J. W. (1971). *System Dynamics : the Foundation Under Systems Thinking*. System Dynamic D-402.
- Gimenez, C. (2006). Logistics integration processes in the food industry. *International journal of physical distribution and logistics management* 36(3) , 231-249.
- Indonesia, P. R. (2012). *CETAK BIRU PENGEMBANGAN SISTEM LOGISTIK NASIONAL*. Jakarta: PERATURAN PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA.
- Ljungberg, D., Gebresenbet, G., Kihlström, M., & Oritz, C. (2006). *ASCI: Improving the Agricultural Supply Chain - Case Studies in Uppsala Region*. Uppsala: VINNOVA Report VR.
- PERTANIAN, D. P. (2013). *RENCANA PEMBANGUNAN JANGKA MENENGAH NASIONAL (RPJMN) BIDANG PANGAN DAN PERTANIAN 2015-2019*. Jakarta.
- Pottier, j. (1999). *Anthropology of Food: The Social Dynamics of Food Security*. Cambridge: Polity Press.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston : McGraw-Hill , 1-10.
- System Dynamics Society. (2009). *Proceedings of the International Conference*. New Mexico: Homeland Security.

- Wirabrata, A. (2013). PENINGKATAN LOGISTIC PERFORMANCE INDEX (LPI) DAN RENDAHNYA INFRASTRUKTUR PENDUKUNG. EKONOMI DAN KEBIJAKAN PUBLIK , 13-16.
- Zajfen, V. (2010). Fresh food distribution models for the greater Los Angeles region: Barriers and opportunities to facilitate and scale up the distribution of fresh fruits and vegetables. Dipetik March 1, 2011, dari departments.oxy.edu: <http://departments.oxy.edu/uepi/publications/TCEFinalReport.pdf>
- Zarei, M., Fakhrzad, M. B., & Paghaleh, J. M. (2011). Food supply chain leanness using a developed QFD model. *Journal of Food Engineering* 102 , 25-33.