

## DYNAMIC MODELLING FOR MANAGEMENT POLICY ANALYSIS OF RICE AVAILABILITY (A Case Of Solok Regency).

Gebry Ayu Diawandani<sup>1)</sup>, Rudi Febriamansyah<sup>1)</sup>, Nofialdi<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Andalas University, Faculty Of Agriculture, Padang – West Sumatera

[diwandanigebryayu@gmail.com](mailto:diwandanigebryayu@gmail.com)

### ABSTRACT

*This paper present dynamic modelling for management policy analysis of rice availability in Solok Regency, West Sumatera. As the largest rice producer in West Sumatera, Solok Regency faced some threats for their rice availability in the future. There are some dynamics factors influenced rice availability in Solok Regency, that is conversion of wetland to non agricultural use because of urbanization process, inefficient of rice production, and increasing the number of population and rice consumption. This research aimed to (1) construct and validate dynamic modelling of rice availability in Solok Regency, (2) analyze the simulation result of dynamic model to estimate rice supply and demand in the future, and (3) analyze the simulation result to several alternative policy for securing rice availability in the future. The simulation period is 2005 – 2050. The result of this research showed that dynamic modelling of rice availability in Solok Regency consist of three submodel that is rice supply submodel, rice demand submodel, and balancing of rice supply demand submodel. This research also use MAPE as model validation method, and the result showed that dynamic modelling of rice availability in Solok Regency was valid. The simulation result showed that in 2033, rice availability in Solok Regency will deficit 418,67 tonnes, because of capability of rice supply keep on declining while rice demand keep on rising. The result of testing five alternative policies showed that the fifth alternative give a continue rice surplus until 2050 which in that year rice surplus will estimated 5.936,58 tonnes. The fifth alternative was a combination policies of adding new wetland, irrigation rehabilitation and development, land optimalization, and harvest and postharvest handling improvement.*

*Keywords : dynamic modelling, rice availability, management policy*

### Introduction

Rice is still remain a staple food consumption for Indonesian society. Along with rising of population, total demand for food especially for rice also rised. However this excalation of rice demand can not always be filled by local production, so that Indonesia had to import rice to sufficient their rice stock. Indonesia always import various amount of rice each year, which the highest amount of import was in 1999 and 2011, there were 4.742.000 tonnes dan 2.745.000 tonnes of rice.

Indonesia has faced some constraints in maintaining their rice availability, there are increasing of wetland conversion rate particularly at Java Island, climate factor, land degradation, minimum adoption for crop technology, access to get farmer loans. To maintain all of the obstacles, goverment offer some policy instruments to improve national rice production and productivity, there were (1) developed and rehabilitated agricultural infrastructure, (2) improved farmer access to get farmer loans, (3) improved the efficiency of intensification technology adoption through fertilizer and paddy seed subsidies, (4) increased wetland extension, and (5) improved the efficiency of harvest and postharvet technology adoption by developed and rehabilitated rice milling unit (RMU). Beside that, there was price stability policy for unhulled rice to interest farmer to improved paddy production.

Solok was a largest rice producer in West Sumatera where the fine quality rice were produced there such as Cisokan and Anak Daro. These fine quality rice has a delicious and dry tekstur and clean white grain. This Solok rice has many demand come from other regency even from other province. Almost 70 percent of Solok rice production was traded to Pekanbaru, Batam, Bengkulu, and Jambi. In 2013, Solok produced 332.455 tonnes of unhulled rice which this is the highest unhulled rice production in West Sumatera Province. Beside that, the paddy productivity and harvested area also increased i 2013, there were 54,3 Ku/Ha and 61.229 Ha. For paddy productivity, Solok Regency has the highest productivity even higher than national paddy productivity that 51,52 Ku/Ha.

However, beside Solok Regency has some potential to improved harvest area and also paddy productivity to increase rice production, the wet land resources were limited. Solok wetland keep on decline each year, where in 2005, Soloh has 25.047 ha wetland area, but in 2013, it decline into 23.428 Ha. This indicate that some Solok wetland has conversed to non agricultural use. Furthermore, there were some problem from rice supply side such as low production efficiency, crop technology adoption, and low postharvest improvement. Also from demand side, Solok regency has faced some problem that were increasing of rice consumption that caused of population growth each year. In 2013, population growth rate at Solok Regency was 0,79 percent per year

(Solok Central Bureau of Statistic 2013) with amount of population around 358.383 **jiwa**.

Based on description above, we can conclude that dynamics changes occurred on both rice supply side and rice demand side and this condition can threats future rice availability in Solok Regency. Dynamics changes on rice supply side caused of some production factors such as wetland, productivity, and cropland area where there will affect rice produsction. While from rice demand side, it affected by population growth and rice consumption rate per capita. This research aimed to (1) construct and validate dynamic modelling of rice availability in Solok Regency, (2) analyze the simulation result of dynamic model to estimation of rice supply demand in the future, and (3) analyze the simulation result to several alternative policy for securing rice availability in the future.

### **Research Methodology**

This research used system dynamic approach to analyze and predict the condition of Solok's rice availability. For that, we collected primary and secondary data for analysis needed from Solok Agricultural Agency, Solok Central Bureau of Statistic, Solok Food Security Office, and some related literatures. We also took and interviewed 19 samples of rice milling unit around Solok regency to collect amount of traded rice data.

System dynamic approach consist of some steps to solve problem. There were (1) need analysis, (2) problem formulation. (3) system identification, (4) modelling, (5) model validation, and (6) implementation. The first step, need analysis was the beginning of system assessment, where we analyze each rice stakeholders needs. After that, we formulated every problem from them. Each rice stakelholders has a different needs and problem so that causee conflict of interest. Therefore we need to map out the interest of stakeholders to understand the mechanism of the system. Both step were analyzed by literature study from rice supply and demand journal and publication.

The next step was system identification. System identification was a chain of relationship between needs and problem that must be solved (Eriyatno, 2003). In this step, we will build causal loop diagram and black box diagram. In this diagram, each of system elements would be grouped into input and output

components in dynamic system of rice supply and demand in Solok Regency. The fourth step was modelling. In this step we developed a dynamic model based on causal loop diagram by used Powersim Studio 2005 that will be a stock flow diagram. This stock flow diagram will simulate the model.

The next step is validate model using MAPE. We will compare the model between simulation condition and actual condition. The MAPE formula is :

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \widehat{Y}_t|}{Y_t}$$

Where :

Y<sub>t</sub> = actual data  
 $\widehat{Y}_t$  = simulation data  
 n = time interval (year)

There were some MAPE criteria based on Lomauro and Bakshi (1985) in Utami (2006) :

MAPE < 5% : Very accurate  
 5% < MAPE < 10% : Accurate  
 MAPE > 10% : Not Accurate

In these model, we validated three variables that were wetland area, paddy production and population by comparing actual data from 2005 till 2013.

The last step was implementation. In these step, the valid model would simulated by some policy alternatives in order to find the best alternative to maintain rice availability for long term period in Solok Regency. There were some variable that would be modiflicated to some policy alternatives ; wetland area, paddy productivity, harvest area, rendement rate, loses and woste rates.

## **Dynamic Modelling Of Rice Supply And Demand In Solok Regency**

### **1. Need Analysis**

Need analysis was a first step to identify the stakeholder that related to rice system in Solok Regency. There were some stakeholders that related to rice system : (1) government, (2) rice trader, (3) rice milling owner, (4) rice consumer, and (5) farmer. Based on literature study from dynamic system for rice availability

(Nurmalina 2008), there were some results of need analysis for dynamic modelling of rice supply and demand in Solok ReGENCY as can be seen in Table 1

| No. | Stakeholder  | Need   |
|-----|--|--|
| 1.  | Farmer   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Low Input Price</li> <li>• High Rice Price</li> <li>• Availability of Good Quality Paddy Seed</li> <li>• High Productivity</li> <li>• Availability of access to farming credit</li> <li>• Availability of access to adapt farming technology</li> <li>• Good Irrigation system</li> </ul> |
| 2.  | Trader <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rice trader</li> <li>• Rice milling owner</li> <li>• Coperation</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximum profit</li> <li>• Guarantee for availability of input</li> <li>• Guarantee for sustainable trade</li> </ul>   |
| 3.  | Consumer   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Availability of good quality rice</li> <li>• Reached pricing</li> </ul>   |
| 4.  | Government   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Increasing of farmer welfare</li> <li>• Rice surplus</li> </ul>   |

## 2. Problem Formulation

The stakeholder necessity were variably that occurred conflict of interest in dynamic system of rice supply and demand. To map the various stakeholders interest, we need to identify and analyze problem formulation of rice supply and demand as can be seen in Table 2.

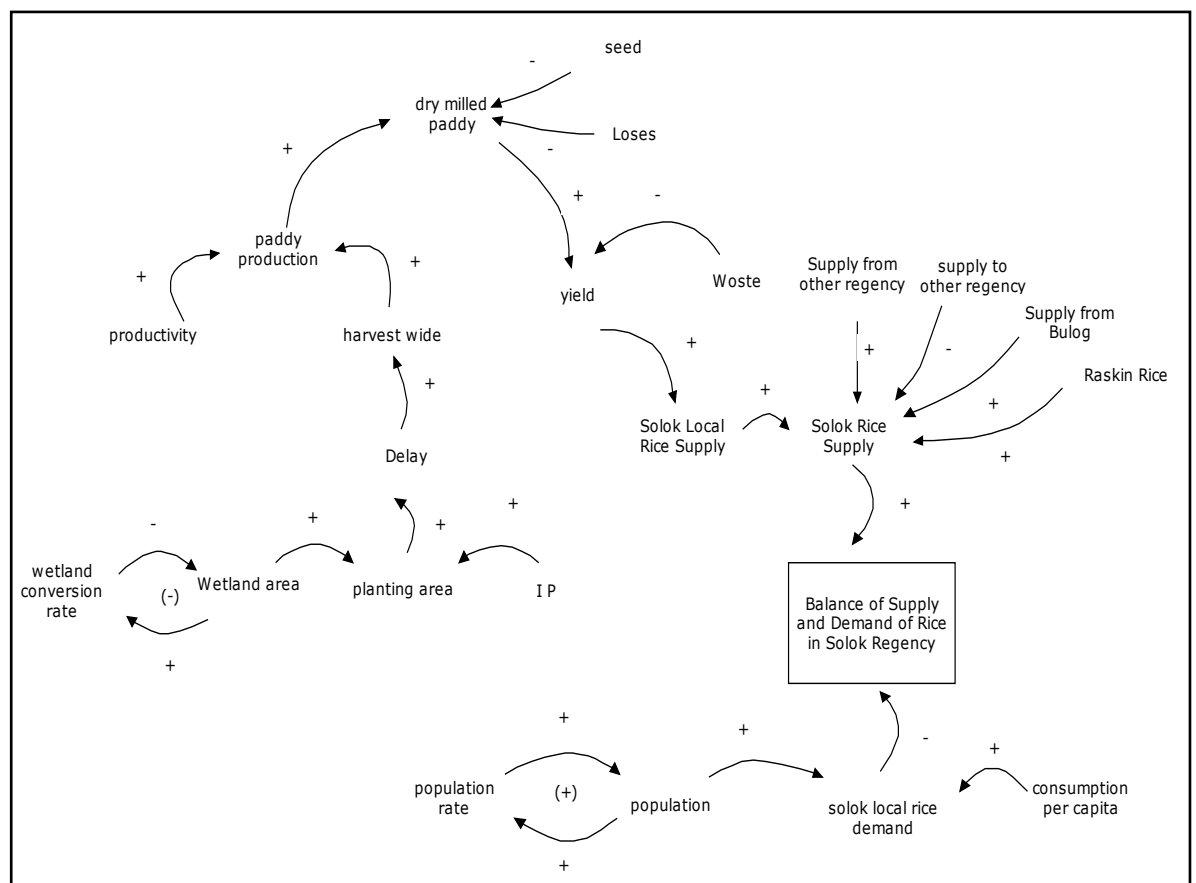
| No. | Stakeholder  | Problem Formulation   |
|-----|--|---|
| 1.  | Farmer   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• High input price</li> <li>• Risk of Climate and water availability</li> <li>• Conversion of wetland to non agricultural use</li> </ul> |
| 2.  | Trader <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rice trader</li> <li>• Rice milling owner</li> <li>• Coperation</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• High rendement conversion</li> <li>• Continuity</li> <li>• High credit warranty</li> <li>• Competitor</li> </ul>                       |
| 3.  | Consumer   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rice available and price achivable</li> </ul>  |
| 4.  | Government   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of support for irrigation facilities</li> <li>• Lack of support for agricultural commodity price information</li> </ul>           |

### 3. System Identification and Model Development

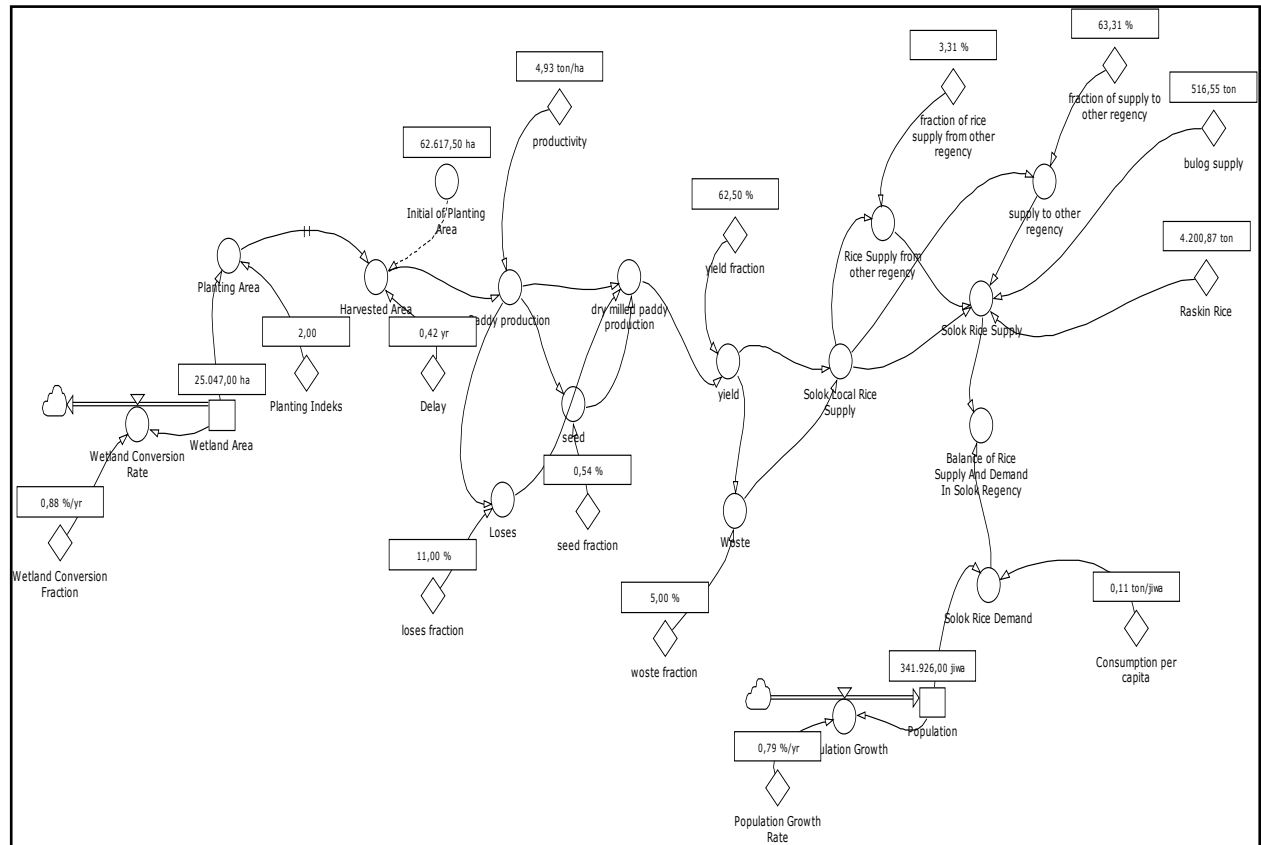
The simulation model should consider the key variables that influence the rice supply and demand in Solok Regency, such as :

- The number of wetland area,
- The number of wetland conversion rate,
- The number of paddy productivity,
- The number of cropping index (IP), and
- The number of loses and woste rates

A key variable in the model is the number of balance of rice supply and demand in Solok Regency. These are the number of difference between rice supply and rice demand. If the value of the difference were poisitve, it means rice availability in Solok Regency will be surplus. But if the value of the difference were negative, it means rice availability will be deficit and Solok Regency have to import rice from other regency.



Picture 1. Causal Loop Diagram



Picture 2. Stock Flow Diagram

Tujuan pemodelan neraca perimbangan *supply demand* beras ini adalah untuk melihat pola perimbangan *supply demand* beras di masa mendatang sebagai pemenuhan kebutuhan konsumsi beras untuk wilayah Kabupaten Solok. Model dinamik yang dikembangkan dibatasi pada hal-hal yang berkaitan dengan penawaran beras dari sisi produksi dan permintaan terhadap beras dari sisi konsumsi. Untuk memudahkan dalam pemodelan, model dinamik perimbangan *supply demand* beras dibagi menjadi tiga submodel yaitu submodel penawaran, submodel permintaan, dan submodel perimbangan *supply demand* beras.

### Submodel penawaran

Submodel penawarann beras dipengaruhi oleh berbagai variabel antara lain luas lahan sawah, laju konversi lahan sawah, IP, luas tanam, delay panen, luas panen, produktivitas padi, variabel *loses*, kebutuhan benih, rendemen, dan *waste*. Disamping variabel – variabel tersebut, dibutuhkan pula konstanta sebagai input bagi model sehingga memudahkan dalam modifikasi model apabila terjadi perubahan-perubahan yang sesuai dengan kondisi nyata. Konstanta tersebut antara

lain persen laju konversi lahan, persen produktivitas, persen total produksi padi, persen *loses*, persen kebutuhan benih, persen rendemen beras, dan persen *waste*.

Hubungan sebab akibat antar variabel pada submodel penawaran dapat digambarkan oleh diagram sebab akibat (*causal loop*) pada Gambar 10. Bahasa gambar tersebut adalah panah yang saling mengait, dimana hulu panah mengungkapkan sebab dan ujung panah mengungkapkan akibat. Jika terjadi hubungan umpan balik (*feedback*) antar variabel dalam diagram sebab akibat maka keterkaitan tersebut disebut sebagai suatu *loop*.

Pada submodel penawaran beras terdapat satu *loop* yang menyatakan bahwa semakin banyak luas lahan sawah yang tersedia maka semakin besar peluang terjadinya alih fungsi lahan (konversi). Sedangkan jika semakin besar alih fungsi lahan yang terjadi maka semakin sedikit luas lahan sawah yang diusahakan. Hubungan yang terjadi pada *loop* ini adalah *feedback* negatif yang memiliki sifat memperlemah. Selanjutnya luas lahan sawah dan konstanta indeks pertanaman padi (IP) akan memberikan pengaruh positif terhadap luas tanam. Pada proses luas tanam menjadi luas panen terdapat *delay* (waktu tunggu) yaitu sejak tanaman padi ditanam yang memerlukan waktu rata-rata 5 bulan.

Luas panen dan produktivitas akan memberikan pengaruh positif terhadap produksi padi yang berarti semakin besar luas panen dan atau produktivitas maka produksi padi yang dihasilkan juga semakin besar. Selanjutnya persentase kebutuhan benih dan *loses* (susut panen) akan memberikan pengaruh negatif terhadap produksi gabah kering giling (GKG) yang berarti semakin besar persentase kebutuhan benih dan penyusutan panen maka produksi gabah akan semakin berkurang. Jumlah penawaran beras dipengaruhi positif oleh rendemen gabah – beras dan dipengaruhi negatif oleh komponen persentase *waste* dimana *waste* merupakan persentase hasil pascapanen yang tercecer.

Variabel *supply* beras Solok, dipengaruhi oleh beberapa komponen yaitu jumlah penawaran beras Solok, jumlah penawaran beras dari daerah lain, *supply* beras ke daerah lain, *supply* beras Bulog Solok, dan jumlah beras raskin yang masuk ke Kabupaten Solok. Komponen jumlah penawaran beras Solok, jumlah penawaran beras dari daerah lain, *supply* beras Bulog Solok, dan jumlah beras raskin yang masuk ke Kabupaten Solok memberikan pengaruh positif terhadap



variabel *supply* beras Solok. Komponen jumlah penawaran beras dari daerah lain didapat dari asumsi bahwa sebanyak 3,31 persen beras dari jumlah penawaran beras Solok merupakan jumlah beras yang masuk dari daerah lain. Sedangkan untuk komponen *supply* beras Bulog Solok dan jumlah beras raskin merupakan konstanta jumlah rata – rata selama lima tahun yaitu dengan nilai masing- masing 4.200,87 ton dan 516,55 ton.

Sedangkan komponen *supply* beras ke daerah lain juga berpengaruh negatif terhadap *supply* beras di Kabupaten Solok. Hal ini berarti semakin besar *supply* beras ke daerah lain maka akan semakin kecil *supply* beras Solok. Nilai jumlah permintaan beras dari daerah lain didapatkan dari asumsi bahwa hampir 63,31 persen beras dari total produksi beras Kabupaten Solok dan jumlah penawaran beras dari daerah lain merupakan permintaan luar daerah.

Submodel penawaran beras merupakan gambaran dari suatu subsistem produksi beras yaitu bagaimana dan berapa jumlah produk beras itu dihasilkan. Dalam subsistem produksi beras terdapat tiga tahapan yaitu tahapan tanam, panen dan pascapanen. Pada tahapan tanam, tanaman padi akan menghasilkan gabah kering panen, dan kemudian akan diproses lanjut pada tahap panen untuk memperoleh gabah kering giling. Pada tahapan pasca panen, produk gabah kering giling ini akan diproses lagi dengan alat *rice miller* untuk kemudian diproduksi menjadi beras siap konsumsi.

Pada tahap tanam, terdapat beberapa komponen penting yang mempengaruhi hasil produksi padi ataupun gabah kering panen, yaitu tingkat laju konversi lahan, indeks pertanaman, waktu delay panen, dan tingkat laju kenaikan produktivitas. Untuk data awal dan asumsi yang digunakan adalah nilai tingkat laju konversi lahan yang digunakan adalah - 0,88 %/tahun dimana nilai ini diperoleh dari analisis laju konversi lahan sawah rata - rata di Kabupaten Solok tahun 2005-2013 ( Lampiran 5). Sedangkan nilai indeks pertanaman dan waktu delay masing-masingnya adalah 2 dan 0,417 tahun. Nilai indeks pertanaman 2 berarti terdapat 2 kali penanaman padi dalam satu tahun, sedangkan waktu delay yaitu lama waktu panen padi bernilai 0,417 tahun, atau 5 bulan. Kedua nilai komponen ini didapatkan berdasarkan informasi dari stakeholder terkait. Komponen penting terakhir pada tahap tanam adalah tingkat laju peningkatan

produktivitas. Nilainya adalah 4,927 persen/tahun, dimana nilai ini juga didapat melalui analisis produktivitas padi rata - rata di Kabupaten Solok tahun 2005-2013 (Lampiran 6).

Pada tahap panen, gabah kering panen yang dihasilkan dilahan akan disortir dan dibersihkan. Pada tahapan ini akan terjadi *loses* yaitu potensi kehilangan gabah akibat tercecer saat panen, pengangkutan, dan saat perontokan padi. Selain itu, pada tahapan ini petani biasanya akan menyisihkan gabah mereka untuk kebutuhan benih untuk musim tanam selanjutnya. Rata – rata kebutuhan benih padi di Kabupaten Solok untuk satu kali tanam dalah 25 kg/Ha. Beberapa komponen yang mempengaruhi jumlah gabah kering giling yang dihasilkan pada tahap panen ini adalah persentase penyusutan/*loses*, dan persentase kebutuhan benih. Data awal untuk kedua komponen ini masing – masing adalah persentase penyusutan/*loses* 11 persen dan persentase kebutuhan benih adalah 0,54 persen (Lampiran 7).

Selanjutnya pada tahap pascapanen, gabah kering giling akan dijemur dan kemudian digiling agar menghasilkan beras. Pada tahapan ini terdapat angka konversi rendemen sebesar 62,5 persen. Hal ini berarti dalam 1000 kg gabah kering giling yang diproses pada mesin *rice miller* akan menghasilkan sebesar 625 kg beras. Selain itu pada tahapan ini juga terdapat *waste* (tercecer) sebesar 5 persen yaitu potensi kehilangan beras yang terjadi saat penggilingan, pengemasan, dan pengangkutan. Pada tahap pascapanen ini akan diperoleh jumlah penawaran beras Solok. *Supply* beras Solok dibentuk dari beberapa komponen diantaranya yaitu jumlah penawaran beras Solok, jumlah penawaran beras dari daerah lain, jumlah *supply* beras ke daerah lain, jumlah *supply* beras Bulog Solok, dan jumlah beras raskin.

Jumlah penawaran beras Solok merupakan total produksi beras yang dihasilkan oleh Kabupaten Solok, yang didapat dari jumlah rendemen dikurangi dengan jumlah *waste*. Jumlah penawaran beras dari daerah lain merupakan jumlah beras/gabah yang masuk dari daerah luar Kabupaten Solok. Berdasarkan hasil wawancara dengan informan kunci pemilik beberapa RMU di Kabupaten Solok, maka diasumsikan bahwa jumlah penawaran beras dari daerah lain adalah sebesar 3,31 persen dari jumlah penawaran beras Kabupaten Solok. Sedangkan jumlah

*supply* beras ke daerah lain memberikan pengaruh negatif terhadap variabel *supply* beras Solok yaitu bersifat mengurangi. Besarnya jumlah *supply* beras ke daerah lain dihitung dengan menggunakan angka konstanta fraksi *supply* beras ke daerah lain yang bernilai 63,31 persen. Angka ini diperoleh dari asumsi bahwa 60 persen beras Solok adalah surplus beras yang dijual keluar daerah Solok, dan asumsi bahwa jumlah beras yang masuk dari daerah lain yaitu sebesar 3,31 persen juga menjadi *supply* bagi daerah luar Solok lainnya.

Komponen *supply* beras Bulog Solok dan jumlah beras Raskin juga mempengaruhi secara positif variabel *supply* beras Solok. Kedua komponen ini digambarkan dalam bentuk konstanta, dengan nilai masing – masing 516,55 Ton, dan 4.200,87 Ton. Angka konstanta *supply* beras Bulog 516,55 Ton merupakan rata – rata dari jumlah beras Bulog yang masuk ke GPB Bukit Kili Solok selama tahun 2011 -2015. Sedangkan angka konstanta jumlah beras raskin 4.200,87 Ton merupakan rata –rata jumlah penyaluran beras raskin selama tahun 2009 – 2015. Kedua data ini didapatkan dari data statistik Bulog Subdivre Solok.

### **Submodel Permintaan**

Tujuan penyusunan submodel permintaan beras untuk mengetahui dinamika *demand* beras di Kabupaten Solok. Submodel ini dibangun dari kebutuhan konsumsi beras rumah tangga masyarakat Kabupaten Solok. Variabel yang terdapat pada submodel ini antara lain adalah; laju pertumbuhan penduduk, jumlah penduduk, dan tingkat konsumsi per kapita.

Jumlah permintaan beras Solok sangat dipengaruhi oleh pola konsumsi masyarakat dalam mengkonsumsi beras yang terlihat pada komponen variabel konsumsi per kapita dan jumlah penduduk. Untuk mengetahui jumlah permintaan beras Solok diperlukan variabel (konstanta) tingkat konsumsi beras yang menginputkan rata-rata konsumsi beras per kapita. Variabel konsumsi per kapita ini selanjutnya akan memberikan pengaruh positif terhadap jumlah permintaan beras Solok. Hal ini berarti semakin besar tingkat konsumsi per kapita maka akan semakin besar jumlah permintaan beras yang diperlukan untuk kebutuhan konsumsi rumah tangga masyarakat di Kabupaten Solok.

Selain itu pada komponen kebutuhan konsumsi beras rumah tangga ini juga dapat dilihat dinamika perkembangan penduduk yang sangat berpengaruh terhadap permintaan beras. Dinamika model penduduk ini akan menghasilkan output perkiraan jumlah penduduk dimasa mendatang. Dinamika perkembangan penduduk pada submodel ini terbentuk dari interaksi antara variabel jumlah penduduk dengan variabel laju pertumbuhan penduduk yang membentuk sebuah *loop* seperti dapat dilihat pada Gambar 13. Hubungan yang terjadi pada *loop* dibawah adalah *feedback* positif yang memiliki sifat memperkuat (*reinforcing*). Ini berarti bahwa semakin besar laju pertumbuhan penduduk per tahun maka semakin besar jumlah penduduk tahunan. Di pihak lain, semakin besar jumlah penduduk per tahun mengakibatkan semakin besar laju pertumbuhan penduduk per tahun. Submodel permintaan beras merupakan gambaran dari suatu subsistem konsumsi beras, yaitu bagaimana dan berapa jumlah konsumsi beras masyarakat di Kabupaten Solok. Dinamika permintaan beras terjadi akibat peningkatan konsumsi beras per kapita dan pertumbuhan penduduk. Sehingga dua komponen inilah yang nantinya akan menentukan jumlah permintaan beras di Kabupaten Solok. Komponen yang pertama adalah konsumsi beras per kapita, dimana pada komponen ini terdapat nilai rata – rata konsumsi beras per kapita yaitu 107,91 kg/kapita/tahun. Angka ini didapat melalui analisis tren rata – rata konsumsi beras per kapita selama tahun 2008 – 2012 (lampiran 11).

Komponen yang kedua adalah jumlah penduduk. Dalam simulasi jumlah penduduk diperlukan satu variabel persentase laju pertumbuhan penduduk, yang diambil dari rate pertumbuhan penduduk Kabupaten Solok. Nilai persentase laju pertumbuhan penduduk yang digunakan adalah 0,79 persen per tahun. Nilai ini didapat berdasarkan rumus perhitungan rate pertumbuhan penduduk dengan data jumlah penduduk aktual tahun 2010 – 2014.

Dari konstruksi diagram alir submodel ini, model akan disimulasikan dengan periode waktu simulasi tahun 2005 sampai tahun 2050. Dua komponen yang menjadi hasil simulasi dari submodel permintaan beras adalah jumlah penduduk dan jumlah permintaan beras Solok. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa jumlah permintaan beras mengalami kecendrungan peningkatan setiap

tahunnya akibat dari bertambahnya jumlah penduduk. Diperkirakan pada tahun 2050 Demand beras di Kabupaten Solok mencapai 52.551,48 Ton.

### 3. Model Validation

Setelah submodel disimulasi, maka untuk melihat apakah konstruksi submodel valid dan tepat untuk menggambarkan kondisi aktual penawaran beras di Kabupaten Solok. Validasi pada submodel penawaran dilakukan pada dua variabel yaitu luas lahan dan produksi padi. Pemilihan dua variabel ini didasarkan atas ketersediaan data aktual yang didapat dari sumber Badan Pusat Statistik Kabupaten Solok. Validasi model dilakukan dengan menggunakan Perhitungan uji MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dengan periode validasi tahun 2005-2013. Dari Tabel 14 dapat dilihat bahwa nilai MAPE untuk variabel luas lahan adalah -1,359 persen.

Tabel 14. Validasi Variabel Luas Lahan Sawah Pada Submodel Penawaran Beras

| Tahun | Luas Lahan Aktual (Ha) | Luas Lahan Hasil Simulasi (Ha) | Nilai MAPE     |
|-------|------------------------|--------------------------------|----------------|
| 2005  | 25.047                 | 25.047                         |                |
| 2006  | 25.037                 | 24.826                         |                |
| 2007  | 23.489                 | 24.608                         |                |
| 2008  | 23.555                 | 24.391                         |                |
| 2009  | 23.555                 | 24.176                         | <b>-1,359%</b> |
| 2010  | 23.561                 | 23.964                         |                |
| 2011  | 23.561                 | 23.753                         |                |
| 2012  | 23.546                 | 23.544                         |                |
| 2013  | 23.428                 | 23.337                         |                |

Validasi variabel produksi padi dilakukan dengan membandingkan nilai produksi padi aktual dengan nilai produksi padi hasil simulasi selama periode 2005 sampai dengan 2013. Hasil perhitungan uji MAPE untuk variabel produksi menunjukkan bahwa nilai MAPE produksi padi adalah -9,344 persen seperti yang terlihat pada Tabel 15.

Kriteria ketepatan sistem dengan uji MAPE menurut Lomauro dan Bakshi (1985) dalam Utami 2006 adalah jika nilai MAPE kecil dari 5 persen, maka model dikatakan sangat tepat, jika nilai MAPE berada diantar 5 dan 10 persen maka model dikatakan tepat, namun jika nilai MAPE besar dari 10 persen, maka model dikatakan tidak tepat. Nilai MAPE untuk kedua variabel luas lahan dan produksi padi bernilai lebih kecil dari 5 persen, sehingga dapat disimpulkan bahwa submodel penawaran beras ini sangat tepat dan valid dalam menggambarkan kondisi aktual penawaran beras di Kabupaten Solok.

Tabel 15. Validasi Variabel Produksi Padi pada Submodel Penawaran Beras

| Tahun | Produksi Padi Aktual (Ton) | Produksi Padi Hasil Simulasi (Ton) | Nilai MAPE     |
|-------|----------------------------|------------------------------------|----------------|
| 2005  | 251.212                    | 308.516,42                         |                |
| 2006  | 248.971                    | 308.516,42                         |                |
| 2007  | 275.685                    | 305.801,48                         |                |
| 2008  | 245.571                    | 303.110,42                         |                |
| 2009  | 259.896                    | 300.443,05                         | <b>-9,344%</b> |
| 2010  | 276.114                    | 297.799,15                         |                |
| 2011  | 304.200                    | 295.178,52                         |                |
| 2012  | 307.027                    | 292.580,95                         |                |
| 2013  | 332.455                    | 290.006,24                         |                |

Validasi submodel permintaan beras dilakukan pada satu variabel saja yaitu variabel jumlah penduduk. Hal ini disebabkan variabel ini memiliki ketersediaan data aktual dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Solok. Validasi model dilakukan dengan menggunakan Perhitungan uji MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dengan periode validasi tahun 2005-2013. Dari Tabel dapat dilihat bahwa nilai MAPE untuk variabel jumlah penduduk adalah -0,104 persen, sehingga dapat disimpulkan model ini valid dan sangat tepat untuk menggambarkan kondisi aktual permintaan beras di Kabupaten Solok.

Tabel 17. Validasi Variabel Jumlah Penduduk pada Submodel Permintaan Beras

| Tahun | Jumlah Penduduk Aktual (Jiwa) | Jumlah Penduduk Hasil Simulasi (Jiwa) | Nilai MAPE     |
|-------|-------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| 2005  | 341.926                       | 341.926,00                            |                |
| 2006  | 347.288                       | 344.623,80                            |                |
| 2007  | 351.515                       | 347.342,88                            |                |
| 2008  | 355.705                       | 350.083,41                            |                |
| 2009  | 359.819                       | 352.845,57                            | <b>-0,104%</b> |
| 2010  | 349.916                       | 355.629,52                            |                |
| 2011  | 352.814                       | 358.435,44                            |                |
| 2012  | 355.628                       | 361.263,50                            |                |
| 2013  | 358.383                       | 364.113,86                            |                |

#### 4. Policy Scenario Implementation

Pada tahapan ini, model dinamik perimbangan *supply demand beras* di Kabupaten Solok yang telah dibangun dilakukan simulasi terhadap sejumlah skenario kebijakan. Variabel yang akan dijadikan sebagai alternatif skenario adalah : luas lahan sawah, produktivitas padi, luas panen, tingkat rendemen gabah-beras, tingkat *loses* dan *waste*. Sedangkan reaksi variabel endogen yang akan diamati adalah variabel *supply* beras Solok, *demand* beras Solok, dan Neraca Perimbangan *Supply Demand* Beras.

Penentuan dan pemilihan skenario kebijakan dilakukan dengan metode wawancara. Wawancara dilakukan dengan pihak – pihak yang terkait dalam sistem perimbangan *supply demand* beras di Kabupaten Solok yang disebut dengan informan kunci. Adapun beberapa informan kunci yang akan diwawancarai adalah : Kepala Sub Bagian Tanaman Pangan Dinas Pertanian Kabupaten Solok dan Kepala Sub Bagian Ketersediaan Pangan Kantor Ketahanan Pangan Kabupaten Solok.

Pemerintah Kabupaten Solok telah melakukan upaya peningkatan *supply* beras di Kabupaten Solok melalui sejumlah program kebijakan pertanian tanaman pangan. Adapun output dari sejumlah program kebijakan ini adalah dapat meningkatkan luas lahan baku sawah, produktivitas, indeks pertanaman padi, efisiensi panen dan pascapanen. Berdasarkan informasi tersebut, peneliti

menetapkan lima faktor kunci yang akan digunakan sebagai skenario kebijakan pada model dinamik perimbangan supply demand beras di Kabupaten Solok. Lima faktor kunci tersebut adalah pencetakan sawah, indeks pertanaman, produktivitas, dan penanganan panen dan pascapanen.

Kelima faktor kunci ini dijadikan skenario pada model dinamik perimbangan supply demand beras untuk meningkatkan surplus beras di Kabupaten Solok dalam jangka panjang. Adapun kelima skenario kebijakan tersebut adalah (I) Skenario I : Pencetakan Lahan Sawah Baru, (II) Skenario II : Peningkatan Indeks Pertanaman melalui Program Rehabilitasi Jaringan Irigasi, (III) Skenario III : Peningkatan Produktivitas dan Indeks Pertanaman melalui Program Optimalisasi Lahan, (IV) Skenario IV : Peningkatan Produksi Beras melalui Penanganan Panen dan Pascapanen, dan (V) Skenario V : Peningkatan Produksi Beras melalui Pencetakan Sawah Baru, Peningkatan Produktivitas, Peningkatan Indeks Pertanaman, dan Penanganan Panen dan Pascapanen.

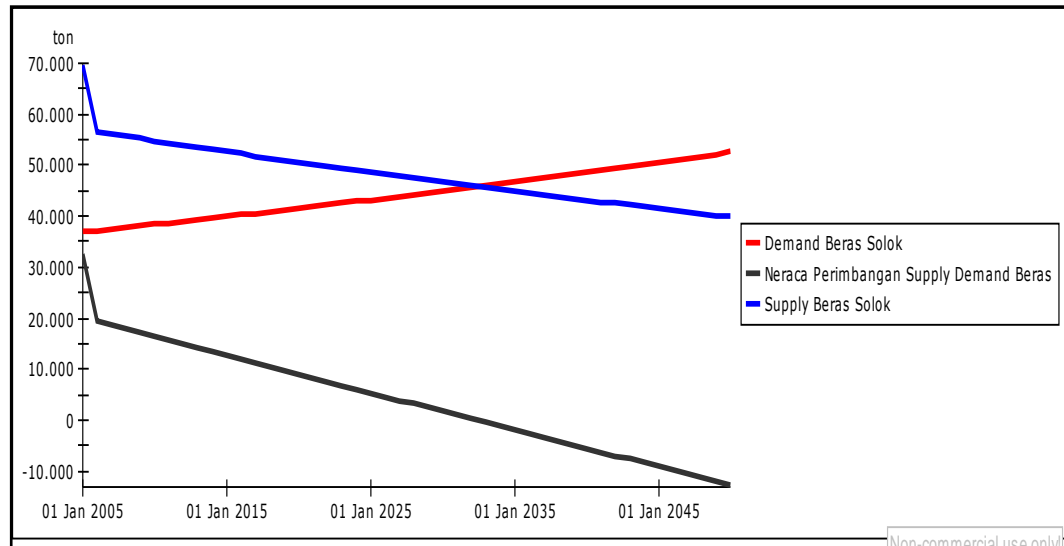
## RESULTS

### 1. Simulasi Model Dinamik Perimbangan *Supply Demand* Beras di Kabupaten Solok

Pembangunan model dinamik perimbangan *supply demand* beras di Kabupaten Solok bertujuan untuk mengetahui keragaan dinamika perimbangan *supply demand* beras di Kabupaten Solok pada masa mendatang baik dari sisi penawaran dan juga sisi permintaan beras. Struktur model secara keseluruhan disajikan pada Lampiran 2, sedangkan persamaan – persamaan model disajikan pada Lampiran 3. Data awal dalam model tersebut menggunakan data tahun 2005 yang dipakai sebagai tahun dasar analisis. Sedangkan periode simulasi untuk menganalisis keragaan model adalah tahun 2005 sampai tahun 2050.

Hasil simulasi neraca perimbangan *supply demand* beras dapat dilihat pada Gambar 15. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa grafik *supply* beras Solok memiliki kecenderungan yang menurun. Namun dari sisi *demand* beras Solok, mengalami kecenderungan peningkatan disebabkan oleh meningkatnya jumlah penduduk sehingga jumlah konsumsi beras pun meningkat.





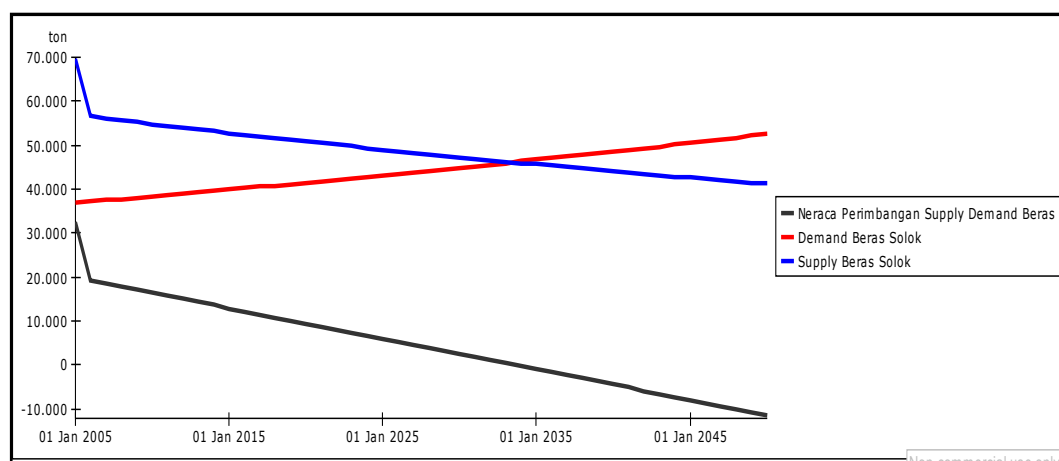
Gambar 15. Hasil Simulasi Perimbangan *Supply Demand* Beras di Kabupaten Solok Tahun 2005 – 2050.

Hasil simulasi perimbangan *supply demand* beras di Kabupaten Solok tahun 2005 – 2050 (Lampiran 13), menunjukkan bahwa pada tahun 2033 perimbangan *supply demand* beras di Kabupaten Solok akan mengalami defisit beras sebesar 418,67 Ton. Defisit ini terjadi akibat peningkatan *demand* beras yang lebih tinggi daripada kemampuan *supply* beras Solok yang terus menurun setiap tahunnya. Bila tidak dilakukan kebijakan, defisit ketersediaan beras ini terus meningkat sepanjang periode analisis dengan peningkatan yang cukup tinggi pada tahun 2050 diperkirakan akan terjadi defisit yang cukup tinggi yaitu mencapai 12.689,27 Ton.

## 2. Skenario I : Pencetakan Lahan Sawah Baru

Skenario pertama adalah skenario kebijakan pendayagunaan sumberdaya lahan untuk menambah luas lahan sawah yaitu dengan melakukan pencetakan sawah baru. Berdasarkan hasil penelitian Irwandi (2011) mengenai Analisis Potensi Wilayah untuk Arahan Mempertahankan Lahan Sawah di Kabupaten Solok, menunjukkan bahwa Kabupaten Solok memiliki lahan yang sesuai dan tersedia sebagai cadangan pengembangan padi sekitar 4.564 Ha atau sebesar 15,2 persen dari total potensi lahan sawah seluas 30.061 Ha. Lahan tersebut saat ini merupakan padang rumput, semak belukar, dan tegalan.

Pada skenario ini diasumsikan target dari program pencetakan sawah baru adalah 50 Ha lahan sawah baru setiap tahunnya maka nilai fraksi laju pencetakan sawah baru adalah 0,2 persen per tahun. Sedangkan peubah dan nilai lainnya dalam skenario ini sama dengan model aktual. Hasil simulasi skenario I dapat dilihat pada Gambar 16 dan Lampiran 14. Berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui bahwa pencetakan sawah baru secara gradual dan mencapai 50 hektar per tahun mulai dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2050 ternyata hanya dapat memenuhi permintaan beras sampai pada tahun 2033, dimana pada tahun 2034 sampai dengan tahun 2050, Kabupaten Solok tetap mengalami defisit beras. Hasil simulasi tersebut memperkirakan pada tahun 2034 jumlah defisit beras di Kabupaten Solok adalah 358,31 Ton, dan pada tahun 2050, Solok mengalami peningkatan defisit beras sebesar 11.322,53 Ton.



Gambar 16. Hasil Simulasi Perimbangan *Supply Demand* Beras Skenario I Tahun 2005 – 2050.

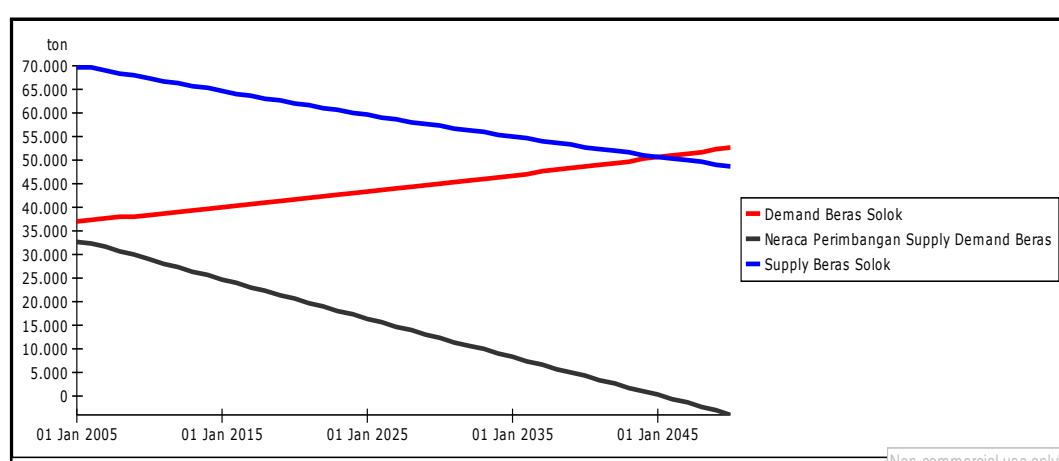
Hasil simulasi skenario I secara kuantitatif disajikan pada Lampiran 14. Berdasarkan Lampiran 14, diketahui bahwa pada tahun 2034 neraca perimbangan supply demand beras mulai terjadi defisit sebesar 358,31 Ton. Jumlah defisit beras ini terus meningkat hingga tahun 2050. Namun jika dibandingkan dengan model aktual, terjadi penurunan laju konversi luas lahan yang lebih rendah. Pada skenario I ini, jika diterapkannya kebijakan pencetakan sawah baru sebesar 0,2 persen per tahun, maka pada tahun 2050 diperkirakan luas lahan sawah di Kabupaten Solok menjadi 17.506,11 Ha. Luas lahan ini tentu meningkat jika dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan model aktual, dimana pada

model tersebut, luas lahan sawah di Kabupaten Solok tahun 2050 diperkirakan 16.827,28 Ha.

Namun dalam pelaksanaan program kebijakan pencetakan sawah baru di Kabupaten Solok masih mengalami banyak kendala, dikarenakan lokasi lahan cadangan sulit diakses dan jauh dari sumber air. Sehingga perlu dibangun sejumlah infrastruktur pendukung agar lahan dapat ditanami padi minimal dua kali salam setahun.

### 3. Skenario II : Peningkatan Indeks Pertanaman melalui Program Rehabilitasi Jaringan Irigasi

Skenario II merupakan skenario peningkatan indeks pertanaman melalui program rehabilitasi jaringan irigasi sawah. Program rehabilitasi jaringan irigasi sawah merupakan kegiatan pembangunan, dan peningkatan jaringan irigasi terutama jaringan irigasi tersier. Pembangunan jaringan irigasi adalah seluruh kegiatan penyediaan jaringan irigasi di wilayah tertentu yang belum ada irigasinya, sedangkan peningkatan jaringan irigasi adalah kegiatan meningkatkan fungsi dan kondisi jaringan irigasi yang sudah ada atau kegiatan menambah luas areal pelayanan pada jaringan irigasi yang sudah ada dengan mempertimbangkan perubahan kondisi lingkungan irigasi. Target dari program ini adalah peningkatan indeks pertanaman sebesar 0,5. Hasil simulasi skenario II dapat dilihat pada Gambar 17 dan Lampiran 15.



Gambar 17. Hasil Simulasi Perimbangan *Supply Demand* Beras Skenario II Tahun 2005 – 2050.

Berdasarkan Gambar 17 hasil simulasi model terhadap skenario II memperlihatkan stok beras yang cenderung menurun setiap tahunnya. Hasil kuantitatif skenario ini dapat dilihat pada Lampiran 15, dimana pada tahun 2046 diperkirakan defisit sebesar 695,75 Ton dan pada tahun 2050 juga terjadi defisit beras sebesar 3.903,07 Ton. *Supply* beras pada tahun 2050 diperkirakan mencapai 48.648,41 Ton belum mampu memenuhi *demand* beras sebesar 52.551,48 Ton. Namun bila dibandingkan dengan kondisi aktual dan juga kondisi pada skenario I, hasil simulasi skenario II memberikan dampak jumlah defisit beras yang lebih kecil dari pada dua kondisi sebelumnya.

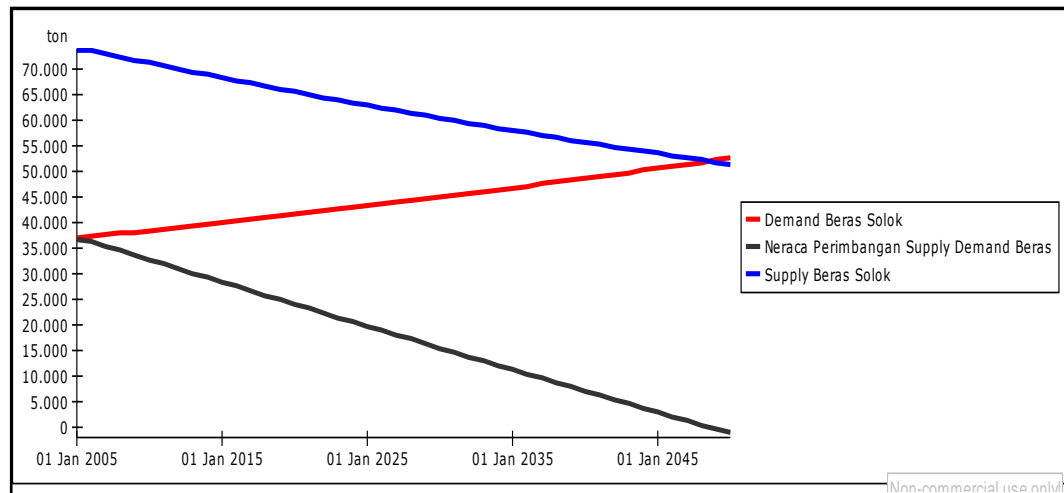
#### **4. Skenario III : Peningkatan Produktivitas dan Indeks Pertanaman Padi melalui Program Optimasi Lahan**

Skenario III merupakan skenario peningkatan produktivitas dan indeks pertanaman padi melalui program optimasi lahan. Optimasi lahan merupakan salah satu upaya khusus dalam mencapai swasembada pangan pada tahun 2017. Kegiatan ini difokuskan untuk meningkatkan indeks pertanaman dan produktivitas melalui penyediaan sarana produksi, paket teknologi budidaya jajar legowo serta bantuan pengolahan tanah.

Program optimasi lahan ini ditujukan pada lahan sawah yang memiliki sumber dan jaringan irigasi baik irigasi primer, sekunder dan tersier. Target dari program ini adalah peningkatan IP minimal 0,5 dan peningkatan produktivitas 0,3 Ton/Ha. bila skenario ini dilakukan, maka indeks pertanaman padi di Kabupaten Solok meningkat menjadi 2,5 dan tingkat laju peningkatan produktivitas padi meningkat menjadi 5,23 persen per tahun. Hasil simulasi skenario III dapat dilihat pada Gambar 25 dan Lampiran 16.

Berdasarkan Gambar 18 terlihat bahwa terjadi surplus beras sampai pada tahun 2048. Hasil simulasi secara kuantitatif pada Lampiran 16, bahwa pada tahun 2049 diperkirakan perimbangan *supply demand* beras di Kabupaten Solok mengalami defisit sebesar 403 Ton. Pada tahun 2050 nilai peningkatan *demand* beras masih lebih tinggi dari padi kemampuan *supply* beras Solok, dimana dari sisi *supply*, Solok hanya mampu memenuhi 51.323,33 Ton beras, sedangkan *demand* pada tahun 2050 meningkat menjadi 52.551,48 Ton. Namun, jika dibandingkan dengan model aktua, skenario I dan skenario II, skenario III

merupakan alternatif pilihan kebijakan yang lebih baik daripada kebijakan - kebijakan sebelumnya.

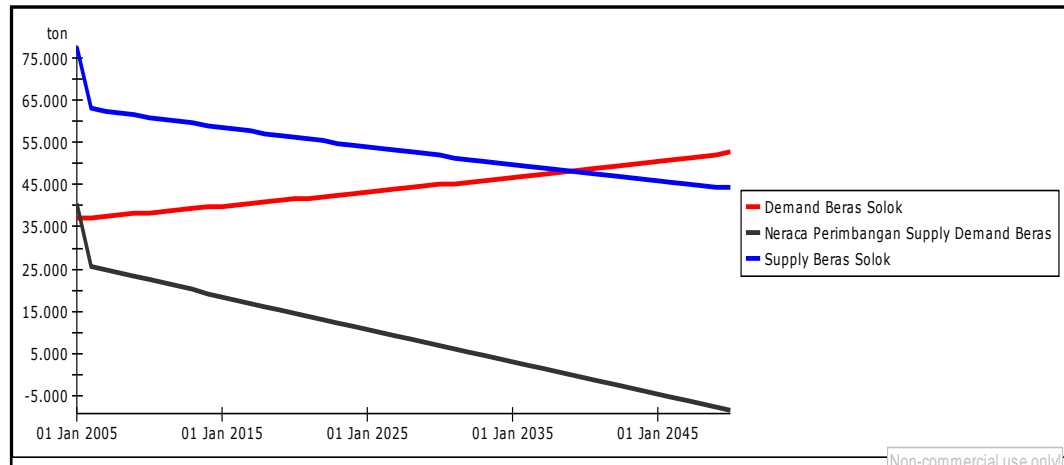


Gambar 18. Hasil Simulasi Perimbangan *Supply Demand* Beras Skenario III Tahun 2005 – 2050.

#### 5. Skenario IV : Peningkatan Produksi Beras melalui Penanganan Panen dan Pascapanen

Skenario IV merupakan skenario peningkatan produksi beras melalui penanganan panen dan pascapanen. Berdasarkan wawancara dengan stakeholder terkait, diketahui data terbaru tingkat kehilangan hasil pada saat panen (*loses*) mencapai 11 persen, tingkat rendemen 62,5 persen dan tingkat kehilangan hasil saat pascapanen mencapai 5 persen. Namun melalui program penyaluran alsintan panen, dan program pengembangan dan revitalisasi mesin heler beras ditargetkan penurunan *loses* saat panen menjadi 5 persen, penurunan *waste* saat pascapanen menjadi 4 persen dan peningkatan rendemen menjadi 65 persen. Hasil simulasi skenario IV terdapat pada Gambar 19 dan Lampiran 17.

Dari hasil simulasi model terhadap skenario IV, terlihat bahwa perimbangan *supply demand* beras masih akan mengalami defisit mulai pada tahun 2039 yaitu sebesar 13,85 Ton dan terus meningkat hingga tahun 2050 yaitu defisit diperkirakan sebanyak 8.393,42 Ton. Jumlah *supply* beras pada tahun 2050 yang mencapai 44.158,06 Ton ternyata belum mampu memenuhi *demand* beras yang mencapai 52.551,48 Ton.



Gambar 19. Hasil Simulasi Perimbangan *Supply Demand* Beras Skenario IV Tahun 2005 – 2050.

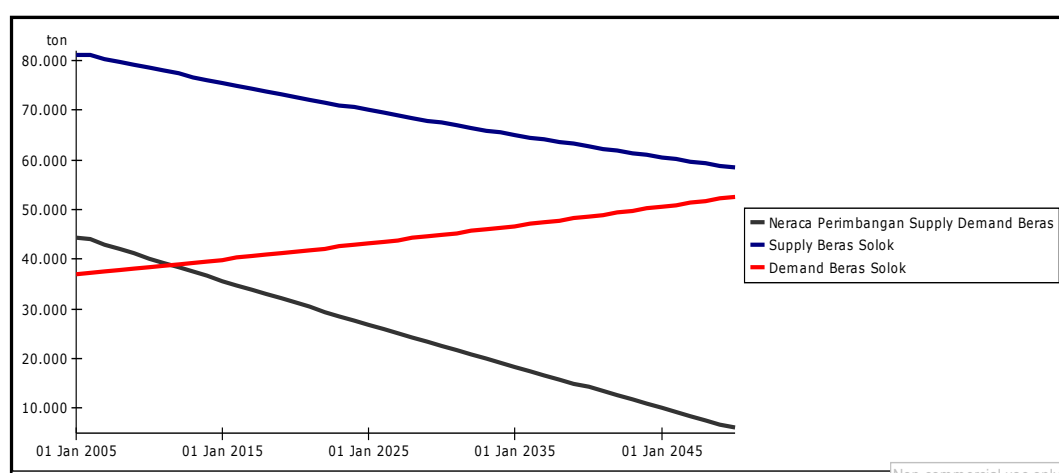
#### 6. Skenario V : Peningkatan Produksi Beras melalui Pencetakan Sawah Baru, Peningkatan Produktivitas, Peningkatan Indeks Pertanaman, dan Penanganan Panen dan Pascapanen.

Berdasarkan hasil kinerja model dari keempat skenario diketahui bahwa skenario III (peningkatan IP dan produktivitas melalui program optimasi lahan) merupakan skenario terbaik karena perimbangan *supply demand* beras baru akan mengalami defisit pada tahun 2049. Skenario V merupakan hasil pengembangan dari skenario I, II, III dan IV. Sasaran pada skenario V ini adalah dengan peningkatan jumlah surplus beras hingga akhir periode tahun simulasi.

Skenario V ini diasumsikan bahwa pemerintah mengusahakan dengan segala upaya meningkatkan produksi beras baik melalui kebijakan ataupun program mengenai penambahan sawah baru, peningkatan IP dan produktivitas, penurunan *loses*, *waste* dan revitalisasi mesin heller yang dilakukan secara bersama- sama. Hasil simulasi skenario V dapat dilihat pada Gambar 20 dan Lampiran 18.

Berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui bahwa pelaksanaan lima kebijakan tersebut secara bersama – sama dapat meningkatkan jumlah surplus beras di Kabupaten Solok selama periode simulasi. Gambar 28 memperlihatkan bahwa grafik *supply* beras berada di atas grafik *demand* beras. Hal inilah yang menyebabkan perimbangan *supply demand* beras mengalami surplus. Hasil

kuantitatif perimbangan *supply demand* beras pada tahun 2050 diperkirakan surplus sebanyak 5.936,58 Ton.



Gambar 20. Hasil Simulasi Perimbangan *Supply Demand* Beras Skenario V Tahun 2005 – 2050.

## Conclusion

1. Dynamic model of rice availability in Solok Regency consist of three submodel : submodel of supply, submodel of demand, and submodel of balancing of rice supply and demand.
2. The simulation result of the model show that rice availability in Solok will be deficit 418,67 tonnes on 2033.
3. Model validation result using MAPE shows that three variables wetland area, paddy production, and population were very accurate and the model can use to simulate and prediction rice availability in Solok for 45 years ahead.
4. There is one alternatives policy that can maintain the rice availability in Solok Regency, thats a combination alternatives of adding a new wetland, irrigation development, land optimalization, harvest and post harvest improvement.

## ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my thankful to PEER-USAID which have given us a research grant forthis study

## References

- BPS Kabupaten Solok. 2014. Kabupaten Solok dalam Angka Tahun 2014. Solok.
- BPS Provinsi Sumatera Barat. 2013. Sumatera Barat Dalam Angka 2013.
- Chechland, P. B. 1981. *Systems Thinking, Systems Practices*. Wiley Chichester.
- Debertin, D L. 1986. *Agricultural Production Economics*. Macmilan Publishing Company. New York.
- Forrester, Jay W. 1998. *Designing The Future*, at Univesided de Sevilla, Sevilla Spain. December 15, 1998.
- Hasibuan, Abdul Muis. 2012. Sistem Dinamika Sistem Agroindustri Kakao di Indonesia. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Irawan. 2005. Analisis Ketersediaan Beras Nasional: Suatu Kajian Simulasi Pendekatan Sistem Dinamis. [Prosiding]. Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Pertanian dan Ketahanan Pangan. Balai Penelitian Tanah Kementerian Pertanian.
- Irwandi, Didi. 2011. Analisis Potensi Wilayah untuk Arahan Mempertahankan Lahan Sawah di Kabupaten Solok Sumatera Barat. [Tesis]. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Manetsch,R. P, G. L. Park. 1977. *System Analysis and Simulations With Application to Economic And Social System*. Michigan State University. USA.
- Nugrahapsari RA. 2012. Sistem Swasembada Gula Kristal Putih (GKP) Nasional Dengan Pendekatan Sistem Dinamik. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Nurmalina, Rita. 2007. Sistem Neraca Ketersediaan Beras yang Berkelanjutan untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Purnomo, H. 2003. Model Dinamika Sistem Untuk Pengembangan Alternatif Kebijakan Pengelolaan Hutan yang Adil dan Lestari. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, Vol IX No.2 : 54-62.
- Pusdatin. 2014. Buletin Ketahanan Pangan 2014. Sekretariat Jendral Kementrian Pertanian.



- Radzicki, M.J. 1994. Powersim, *The Complete Software Tool For Dynamic Simulation. User's Guide and Reference*. Model Data As, Norway.
- Richardson, G.P. and A.L. Pugh. 1986. Introduction to System Dynamics Modelling with Dynamo. The MIT Press, Cambridge, Massachusete, anD London, England.
- Sterman, J.D. 2004. Business Dynamics System Thinking and Modelling for a Complex World. Mc Graw Hill, New York.
- Tasrif, M. 2004. Model Simulasi Untuk Analisis Kebijakan : Pendekatan Metodologi System Dynamics. Kelompok Peneliti dan Pengembangan Energi. Institut Teknologi Bandung.
- . 2005. Powersim Studio Professional 2005 : User's Guide. Powersim Software AS, Copyright ©1993-2005.
- . 2004. Laporan Akhir Tahunan Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Propinsi Sumatera Barat.