



Analisis Ketersediaan Beras Menggunakan Sistem Dinamik Sebagai Pendukung Kebijakan Ketahanan Pangan

Endah Septa Sintiya

Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang

Email: e.septa@polinema.ac.id

Abstrak

Ketersediaan pangan menjadi isu global dalam memberikan jaminan warga negara dari ancaman peningkatan kelaparan. Sektor pertanian menjadi hal penting sebagai penghasil kebutuhan pangan dalam mendukung program *Sustainable Development Goals*. Indonesia sebagai salah satu negara pertanian ternyata masih menemui kendala dalam meningkatkan ketersediaan beras sebagai komoditas utama. Permasalahan terjadi ketika produksi beras fluktuatif mengikuti pola tanam, sementara konsumsi beras stabil dan dapat meningkat setiap tahun yang tidak diikuti dengan peningkatan ketersediaan beras. Beberapa variabel mempengaruhi dinamika padi dan ketersediaan beras. Sehingga diperlukan pemodelan sistem dinamik untuk memberikan rekomendasi model dan skenario dalam penentuan kebijakan strategis peningkatan ketersediaan beras untuk 10 tahun mendatang melalui uji validasi dan peramalan. Terdapat tiga jenis skenario yang dapat digunakan sebagai pilihan keputusan. Hasil terbaik terdapat pada skenario 2 dengan melakukan peningkatan jumlah beras ekspor, menaikkan jumlah cadangan beras pemerintah diikuti dengan menambah produksi padi terbukti paling tinggi nilai rata-ratanya dalam 10 tahun yang akan datang. Validasi menghasilkan nilai *error rate* 0.00131% dan *error variance* 0.08196%. Sehingga terbukti dari beberapa pilihan tersebut dapat dijadikan alternatif dukungan dalam membuat keputusan strategis.

Kata Kunci: Sistem dinamik; Swasembada beras; Dukungan kebijakan strategis; Ketersediaan pangan

ABSTRACT

Food availability is a global issue in guaranteeing citizens from the threat of increasing hunger. The agricultural sector is important as a producer of food needs in supporting the Sustainable Development Goals program. Indonesia, as one of the agricultural countries, still faces obstacles in increasing the availability of rice as the main commodity. Problems occur when rice production fluctuates following cropping patterns, while rice consumption is stable and can increase every year which is not followed by an increase in rice availability. Several variables affect the dynamics of rice and rice availability. So that a dynamic system modeling is needed with several core and supporting variables. In accordance with this research, the purpose is to provide model and scenario recommendations in making policy strategies to increase rice availability for the next 10 years through validation and forecasting tests. There are three types of scenarios that can be used as decision options. The best results are found in scenario 2 by increasing the amount of exported rice, and increasing the amount of government rice reserves followed by increasing rice production proved to be the highest average value in the next 10 years. Validation produces an error rate of 0.00131% and an Error Variance of 0.08196%. It is proven that some of these options can be used as alternative support in making strategic decisions

Keywords: *Dynamic system; Rice self-sufficiency; Strategic policy support; Food availability*

A. PENDAHULUAN

Ketahanan pangan selalu menjadi fokus *Food and Agriculture Organization* (FAO) di tengah-tengah ancaman peningkatan jumlah orang kelaparan akibat pandemi COVID-19 (FAO, 2021). Ketahanan pangan juga merupakan masalah global yang telah menarik perhatian pemerintah dan komunitas ilmiah (Giraldo et al., n.d.). Sektor pertanian sebagai penghasil pangan memiliki kontribusi yang sangat signifikan terhadap pencapaian tujuan program *Sustainable Development Goals* (SDG's) kedua, yaitu tidak ada kelaparan, mencapai ketahanan pangan, perbaikan nutrisi, serta mendorong budidaya pertanian yang berkelanjutan (FAO, 2021). Tujuan ini sejalan dengan prioritas pembangunan Indonesia yang terdapat di dalam prioritas ketahanan pangan yang diharapkan akan

terwujud pada tahun 2030. Sehingga, pemerintah Indonesia sedang gencar mengatur peningkatan kapasitas produksi padi atau beras nasional (BPS, 2021).

Indonesia merupakan negara agraris dimana kegiatan pertanian sangatlah penting untuk ketahanan pangan. Salah satu makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia yaitu beras yang menjadi salah satu komoditas pangan strategis nasional. Meskipun terkenal sebagai negara agraris Indonesia juga masih melakukan impor beras dilihat dari data 2016-2020. Impor beras terbanyak pada tahun 2018 yaitu 2,203 juta ton (Databoks, 2018) dan tahun 2020 masih sebanyak 356,286 ton (Databoks, 2021). Konsumsi beras masyarakat cukup tinggi pada tahun 2020 mencapai 29,37 juta ton. Rata-rata konsumsi beras per kapita tahun 2020 sebanyak 92.9 kg/kapita/tahun dan jumlah ini cenderung stabil sepanjang tahun. Tingginya konsumsi beras Indonesia belum tergantikan oleh komoditas substitusi lainnya (Kementrian pertanian, 2020). Target utama pemenuhan ketahanan pangan didominasi oleh swasembada beras. Namun, realisasi produksi beras pada tahun 2020 tidak mencapai target, bahkan mengalami penurunan dibandingkan dengan produksi tahun 2018. Walaupun secara statistik produksi beras nasional mencukupi, permasalahan muncul ketika terjadi kesenjangan antara produksi dan konsumsi. Produksi beras berfluktuasi mengikuti pola tanam, sementara konsumsi beras stabil sepanjang tahun (DPRRI, 2020).

Sistem ketahanan pangan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berinteraksi diantaranya pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, penggunaan sumber daya, pola konsumsi, tata kelola, masalah alokasi dan distribusi sumber daya yang berada di bawah tekanan serta ketidakpastian, penggunaan lahan, konsekuensi lingkungan, dan penerimaan sosial

(Melkonyan et al., 2017) (Lovell, 2010). Indonesia sendiri memiliki faktor yang identik terkait ketahanan pangan beras yaitu dipengaruhi populasi, teknologi pertanian, luas lahan sawah, luas area panen, produksi padi, konsumsi, permintaan, pasokan dan produktivitas padi (BPS, 2021; Kementerian pertanian, 2020). Ketahanan pangan utamanya swasembada beras menjadi tantangan bagi pemerintah Indonesia karena kondisi yang dinamis dan adanya perubahan faktor-faktor pada setiap periodenya. Sehingga dibutuhkan perencanaan untuk sistem kebijakan dengan pengetahuan dan pengamatan dinamika sistem secara keseluruhan (Fristovana et al., 2020).

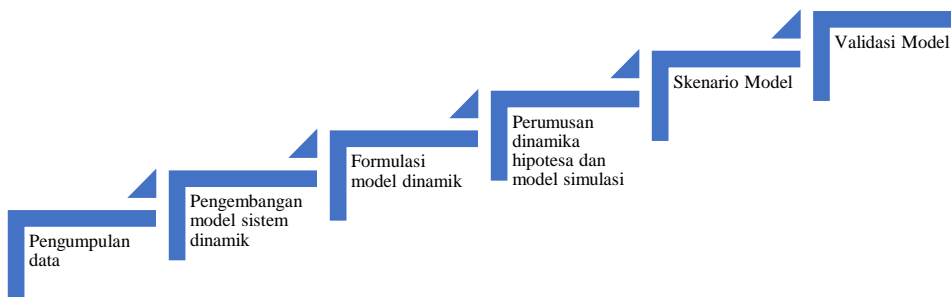
Sistem dinamik untuk ketahanan pangan telah dikembangkan di negara berkembang dimana prespektif sistem untuk menggambarkan keterkaitan dan saling ketergantungan antar faktor untuk menangani masalah manajemen. Pembuat kebijakan cenderung melihat model dengan mempertimbangkan potensi dari pengaruh, tren, dan kebiasaan perilaku dari kebijakan yang akan diputuskan (Giraldo et al., n.d.). Pemodelan sistem dinamik juga digunakan untuk mendukung kebijakan swasembada pangan di Indonesia seperti kedelai (Hasan et al., 2015; Oktyajati et al., 2018) dan jangung (Panikkai et al., 2017; Sarintang et al., 2021). Begitu juga perencanaan kebijakan sistem swasembada beras menggunakan pendekatan sistem dinamik digunakan untuk memahami faktor kondisi sesuai fenomena (Alfa & Subagyo, 2018; Fristovana et al., 2020; Sulistyo et al., 2016).

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, penelitian ini difokuskan untuk mencari alternatif ketahanan pangan beras dari sudut pandang negara Indonesia melalui pemodelan sistem dinamik dengan menambahkan beberapa variabel. Untuk mendapatkan model dinamik yang dapat

menghasilkan data dengan nilai yang mendekati dengan data asli, maka diperlukan metode yang terstruktur. Subbab selanjutnya menjelaskan lebih rinci tentang metode.

B. METODE

Terdapat enam tahapan dalam penelitian ini. Secara ringkas tahapan metode ditunjukkan pada Gambar 1. Secara rinci setiap tahapan tersebut dijelaskan pada bagian hasil dan pembahasan.



Gambar 1. Metode Penelitian

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengumpulan data

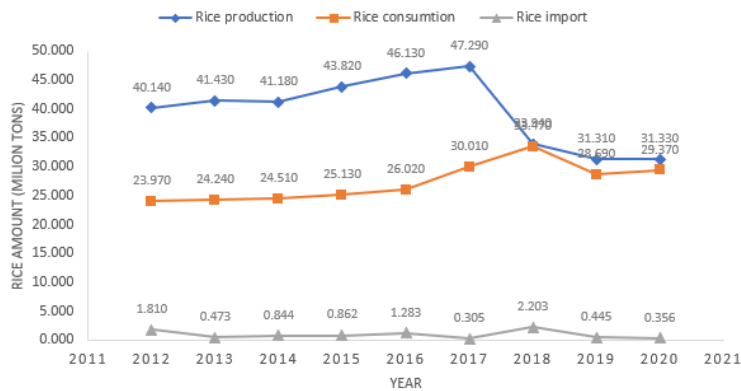
Penelitian ini menggunakan pengumpulan data secara sekunder dari Badan Pusat Statistik, Badan Pengkajian dan penerapan teknologi, pusat kajian anggaran dan Kementerian Pertanian. Data yang dihimpun dari tahun 2012–2020 berupa data faktor yang menjadi parameter atau variabel dan sajian nilai yang akan menjadi acuan untuk pemodelan system pada Tabel 1.

Masing-masing variabel mempunyai data pada Tabel 1 yang berbeda dari tahun ke tahun. Selain itu juga terdapat perbandingan produksi

beras, konsumsi beras dan impor beras Indonesia yang berkaitan dengan ketersediaan beras di Indonesia secara garis besar sebagai berikut yang menjadi acuan untuk pemodelan sistem dinamik agar ketersediaan padi di Indonesia aman dan terjamin pada Gambar 2.

Tabel 1. Padi dan Beras Indonesia Tahun 2012-2020

	Produktivitas padi (Ku /ha)	Produksi padi (juta ton)	Ekpor Beras (ton)	Area tanam padi (juta ha)	Populasi (juta orang)	Kebutuhan beras (juta ton)
2012	51.36	69.050	897.2	13.445	248.5	31.461
2013	51.520	71.280	2585.0	13.835	251.8	31.571
2014	51.350	70.850	516.1	13.797	255.1	31.669
2015	53.410	75.390	519.5	14.117	261.6	31.904
2016	52.360	79.360	999.2	15.160	246.7	32.309
2017	51.650	81.380	3555.3	15.710	264.7	32.707
2018	52.030	59.200	3196.3	11.360	267.7	33.097
2019	51.140	54.600	341.1	10.680	270.6	33.467
2020	51.140	54.650	230.2	10.790	273.5	33.897



Gambar 2. Produksi Beras, Konsumsi Beras, dan Impor Beras di Indonesia Tahun 2012-2020 (BPS, 2021)

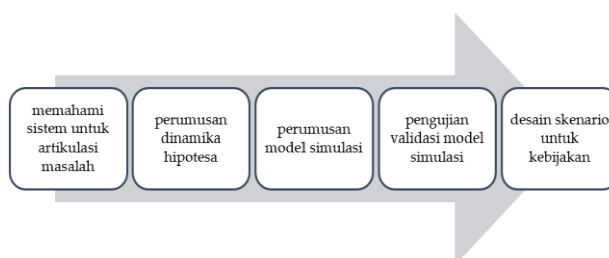
Berdasarkan grafik pada Gambar 2 dapat diketahui data produksi, konsumsi dan impor beras yang disajikan runtun waktu dari tahun 2012 hingga 2020. Dapat diketahui pada tahun 2012 hingga 2017 produksi beras cenderung mengalami kenaikan yang signifikan dan produksi beras

tertinggi pada 2017 yaitu 47.290 juta ton. Namun, hal ini berbanding terbalik di tahun 2018 yang mengalami penurunan secara drastis sebanyak 13.350 juta ton dari tahun sebelumnya sehingga menjadi 33.940 juta ton. Kendala penurunan produksi beras ini berlanjut hingga tahun 2020 yang masih di angka 31.330 juta ton. Kondisi pada tahun 2018 juga terjadi kenaikan jumlah konsumsi beras masyarakat sebanyak 33.470 juta ton. Namun produksi beras juga tidak beda berbeda jauh dari kebutuhan konsumsi masyarakat di angka 33.940 juta ton. Masyarakat masih mempunyai minat besar untuk konsumsi beras sebagai bahan pokok. Beberapa skenario untuk keamanan beras nasional juga berkaitan dengan variabel-variabel lainnya yang akan dibahas pada penerapan sistem dinamik karena sangat dinamisnya perbedaan dari tahun ke tahun untuk menjaga ketersediaan beras.

2. Pengembangan model sistem dinamik

Pengembangan model dinamika sistem, diperlukan 5 langkah menurut Sterman pada Gambar 3 (Sterman, 2000). Perumusan sistem model simulasi menggunakan *software* Vensim.

Selanjutnya langkah pada Gambar 3 digunakan untuk memodelkan sistem dinamik pada ketersediaan beras. Sistem dinamik model dijabarkan dalam bentuk diagram berupa *Causal Loop Diagram* (CLD) dan *Stock Flow Diagram* (SFD).



Gambar 3. Pengembangan Model Dinamik (Sterman, 2000)

Model sistem dinamik memiliki banyak variabel yang saling terkait dan memiliki hubungan timbal balik yang digambarkan dalam CLD. Sedangkan, Stock SFD adalah diagram yang dibuat dengan mengkuantisasi variabel-variabel yang terdapat dalam CLD (Alfa & Subagyo, 2018). Sehingga kedua diagram ini memiliki keterkaitan dalam pemodelan.

3. Formulasi model dinamik

Kajian ini berdasarkan sumber terpercaya pemerintah Indonesia mulai dari Badan Pusat Statistik, Kementerian perdagangan, Kementerian pertanian, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian khusus outlook padi, dan beberapa literatur lainnya. Data yang dihimpun telah diolah dalam pendefinisian nilai sesuai dengan satuan parameter yang digunakan, kemudian formulasi ini digunakan untuk nilai yang dimasukkan kedalam sistem dinamik yang spesifik pada Tabel 2.

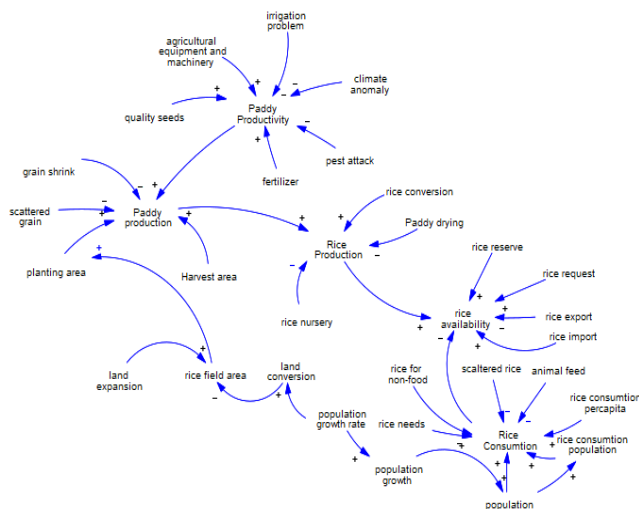
Tabel 2 Parameter Padi dan Beras Indonesia Tahun 2012-2020

Parameter	Value
<i>paddy productivity</i>	3,13%/year or 51.36 ku/ ha
<i>irrigation problem</i>	5.2% or 3.7485 million ha
<i>pest attack</i>	0.98%/year
<i>quality seeds</i>	20%/year
<i>Fertilizer</i>	35%/year
<i>agricultural equipment and machinery</i>	3.52%/year
<i>climate anomaly</i>	2%/year or 1.13 million ha
<i>rice import</i>	1810372.3 ton
<i>rice export</i>	897.18 ton
<i>Population</i>	248.5 million people
<i>population growth</i>	1.19%/year
<i>population growth rate</i>	1.20%
<i>rice needs</i>	31.461 million ton

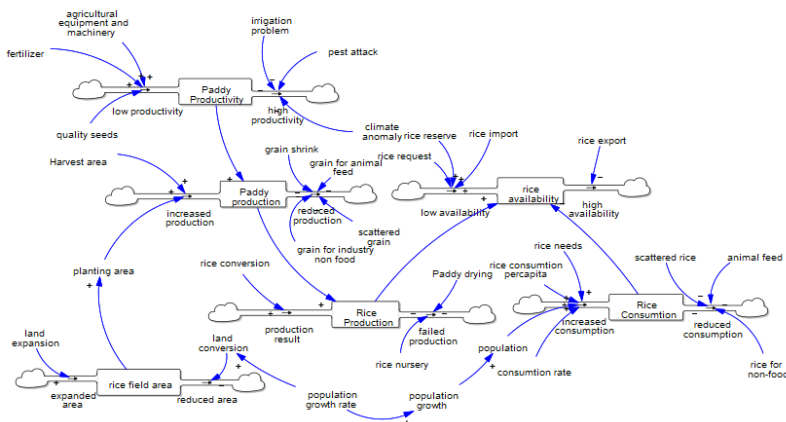
*data diolah (2022)

4. Perumusan dinamika hipotesa dan model simulasi

Model sistem dinamik ketersediaan padi di Indonesia digambarkan pada CLD pada Gambar 4 ketersediaan beras di pengaruhi beberapa variabel inti seperti produktivitas padi, produksi padi, area panen, area tanam padi, konsumsi beras, dan produksi beras. Representasi sistem dinamik dalam CLD pada Gambar 4.



Gambar 4. CLD Ketersediaan Beras



Gambar 5. SFD Ketersediaan Beras

Langkah selanjutnya yaitu membuat SFD, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 digunakan untuk mengukur model dinamis dengan memberikan persamaan. Persegi panjang mewakili stok, pipa (panah) mewakili arus masuk atau arus keluar, awan mewakili stok dari atau ke luar batas model. Stock yang mengalami pengurangan dan penambahan pada sub-variabel inti yaitu produktivitas padi, produksi padi, produksi beras, *rice field area*, ketersediaan beras, dan konsumsi beras yang dijabarkan dalam SFD secara keseluruhan.

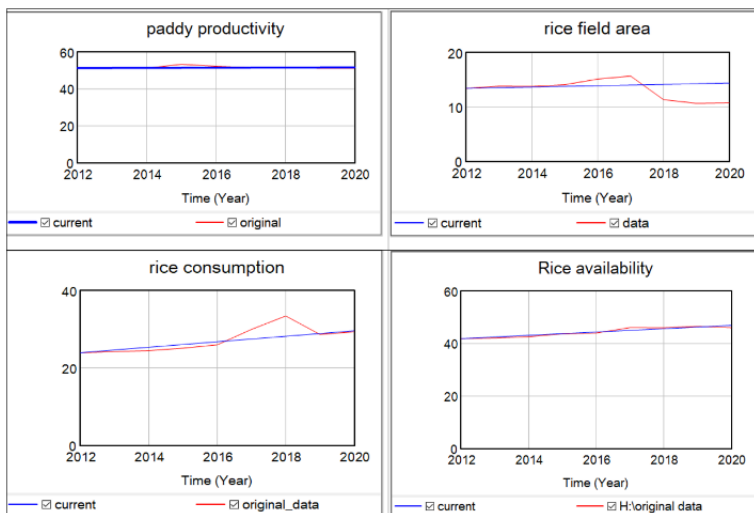
5. Validasi Model

Tahap lanjutan setelah pembuatan model sistem dinamik ketersediaan beras. Data hasil validasi untuk tiga variabel inti disajikan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Uji Validasi Produktivitas Padi, Luas Sawah dan Konsumsi Beras

Tahun	Produktivitas padi		Luas sawah		Konsumsi beras	
	Data asli	simulasi	Data asli	simulasi	Data asli	simulasi
2012	51,36	51,36	13,445	13,445	23,970	23,97
2013	51,52	51,407	13,835	13,5662	24,240	24,6785
2014	51,35	51,454	13,797	13,6875	24,510	25,387
2015	53,41	51,501	14,117	13,8087	25,130	26,0955
2016	52,36	51,548	15,160	13,93	26,020	26,804
2017	51,65	51,595	15,710	14,0512	30,010	27,5125
2018	52,03	51,642	11,360	14,1724	33,470	28,221
2019	51,14	51,689	10,680	14,2937	28,690	28,9295
2020	51,14	51,736	10,790	14,4149	29,370	29,638
<i>Average</i>	51,77	51,55	13,21	13,93	27,27	26,80
<i>Standard deviation</i>	0,69	0,12	1,74	0,31	3,09	1,83
<i>Error rate</i>	0.00435 %		0.05446 %		0.01700 %	
<i>Error variance</i>	0.82484 %		0.82041 %		0.40891 %	

Representasi grafik garis ditunjukkan pada Gambar 6 untuk empat variabel inti yang digambarkan sesuai dengan data sembilan tahun.



Gambar 6. Hasil Validasi 4 Variabel Inti

Secara khusus data validasi ketersediaan beras disajikan pada Tabel 4 dimana data cenderung stabil dari tahun ke tahun dengan data yang disajikan dalam satuan juta ton. Hasil validasi menunjukkan nilai *error rate* 0.00131% dan nilai *error variance* 0.08196%. Kedua data ini menunjukkan bahwa model yang dibuat telah sesuai dan valid mendekati data aslinya.

Tabel 4. Validasi Model Ketersediaan Beras

Tahun	Ketersediaan Beras	Simulasi
2012	41.875	41.8750
2013	42.120	42.5045
2014	42.605	43.1340
2015	43.703	43.7635
2016	44.002	44.3931
2017	46.085	45.0226
2018	46.033	45.6521
2019	46.550	46.2816
2020	46.038	46.9111
<i>Error rate</i>	0.00131 %	
<i>Error Variance</i>	0.8196 %	

6. Skenario Model Ketersediaan Beras

Skenario 1: Peningkatan produktivitas padi dan luas areal persawahan juga mengurangi impor beras

Skenario 1 yang dilakukan dengan memperbaiki berbagai variabel dalam luas produktivitas padi dan rice field area. Memperbaiki ketersediaan beras sebanding dengan meningkatkan produktivitas padi dari 51.36 ku/ha menjadi 52.77 ku/ha. Selanjutnya meningkatkan rice field area sebanyak 3.925 million ha dari nilai semula. Selain itu dengan penurunan impor beras dari 1.810ton menjadi 0.90ton memacu peningkatan produktivitas petani.

Skenario 2: Meningkatkan cadangan beras, ekspor beras dan produksi beras

Skenario 2 dengan melakukan peningkatan jumlah beras yang di export dan menaikkan jumlah cadangan beras pemerintah diikuti dengan menambah produksi padi. Jumlah beras export yang awalnya 897.18ton menjadi 1911.00 ton, hal ini menjadi tantangan untuk melakukan penambahan produksi beras petani sehingga naik 2.881 ton dari nilai semula. Jumlah cadangan beras perlu juga ditingkatkan selain dari produksi beras petani juga kerjasama dengan BULOG yang merupakan perusahaan umum milik negara yang bergerak di bidang logistik pangan(BULOG, 2022).

Skenario 3: Kurangi konsumsi beras dan impor beras

Skenario 3 ini mengurangi jumlah konsumsi dan impor beras untuk masyarakat. Impor beras yang semula total impor 1.810 million ton menjadi 700 ton. Kemudian upaya pengurangan konsumsi beras dengan menyediakan makanan pokok pengganti beras. Konsumsi yang semula 23.970 million ton/year menjadi 17.857 million ton/year. Sehingga skenario ini mampu menyediakan beras nasional dengan rata-rata 52.060

million ton/year. Sehingga terjadi pengurangan jumlah impor beras untuk konsumsi masyarakat karena ketersediaan beras telah aman dan terjamin.

Tabel 5 Hasil Skenario Peningkatan Ketersediaan Beras 10 Tahun Mendatang

Tahun	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
2021	50.162	50.151	48.665
2022	51.081	51.070	49.419
2023	51.790	51.990	50.174
2024	52.809	52.909	50.928
2025	53.829	53.829	51.682
2026	54.598	54.748	52.437
2027	55.468	55.668	53.191
2028	55.987	56.587	53.946
2029	56.804	57.507	54.700
2030	57.996	58.426	55.455
<i>Average</i>	54.052	54.288	52.060

Hasil dari penjabaran ketiga skenario disajikan pada Tabel 5 dimana terdapat peramalan untuk kondisi ketersediaan beras nasional meningkat dari tahun ke tahun. Data yang disajikan dalam satuan juta ton untuk skenario 1 hingga 3. Peramalan 10 tahun yang akan datang menggunakan skenario 2 ternyata memiliki nilai rata-rata tertinggi di angka 54.288 juta ton dan terendah pada skenario 3. Masing-masing skenario dapat digunakan menjadi salah satu alternatif dalam peningkatan ketersediaan beras.

D. PENUTUP

Simpulan dan Saran

Hasil model sistem dinamik terbukti dengan uji validasi sehingga dapat menjadi alternatif pendukung keputusan ketersediaan beras nasional. Data yang himpun juga sesuai dengan banyak sumber data pemerintah yang kredibel ditambah dengan studi literatur. Terdapat tiga jenis skenario ajuan yang dapat digunakan untuk peningkatan ketersediaan beras nasional. Skenario 2 dengan melakukan peningkatan jumlah beras *export*,

menaikkan jumlah cadangan beras pemerintah diikuti dengan menambah produksi padi terbukti paling tinggi nilai rata-rata untuk 10 tahun yang akan datang.

Penelitian yang dilakukan telah menghasilkan model dengan nilai *error rate* dan *error variance* yang rendah. Meskipun demikian masih perlu dilakukan kajian lebih lanjut terkait peningkatan ketersediaan beras yang berkaitan dengan harga komoditi, pola panen dan penggunaan teknologi modern saat panen. Model perlu ditambahkan uji coba data pada setiap provinsi di Indonesia agar lebih detail. Ketersediaan beras berkaitan dengan kondisi ketidakpastian yang dapat menjadi pertimbangan pembuatan model dinamik

DAFTAR PUSTAKA

- Alfa, B. N., & Subagyo, S. (2018). Analysis of rice supply chain mechanism with simulation approach. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 0(3), 37. <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2018i3.3704>
- BPS. (2021). Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2021/07/12/b21ea2ed9524b784187be1ed/luas-panen-dan-produksi-padi-di-indonesia-2020.html>
- Databoks. (2018). Berapa Impor Beras 2018? | Databoks. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2019/01/24/berapa-impor-beras-2018>
- Databoks. (2021). Volume Impor Beras Turun 19,84% pada 2020 | Databoks. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/12/10/volume-impor-beras-turun-1984-pada-2020>
- DPRRI. (2020). Analisis RKP dan Pembicaraan pendahuluan APBN. <https://berkas.dpr.go.id/puskajianggaran/infografis/public-file/infografis-public-75.pdf>
- FAO. (2021). The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. www.Fao.Org. <https://doi.org/10.4060/CB4474EN>
- Fristovana, T., Hubeis, M., & Cahyadi, E. R. (2020). DYNAMIC SYSTEM MODEL OF RICE SELF SUFFICIENCY TOWARDS FOOD SECURITY. *Jurnal Manajemen Dan Agribisnis*. <https://doi.org/10.17358/jma.16.3.121>

- Giraldo, D. P., Betancur, M. J., & Arango, S. (n.d.). Food Security in Development Countries: A systemic perspective. 15.
- Hasan, N., Suryani, E., & Hendrawan, R. (2015). Analysis of Soybean Production and Demand to Develop Strategic Policy of Food Self Sufficiency: A System Dynamics Framework. *Procedia Computer Science*, 72, 605–612. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.169>
- Kementrian pertanian. (2020). Laporan Kinerja Kementerian Pertanian 2020. kementrian pertanian. <https://www.pertanian.go.id/home/index.php?show=repo&fileNum=503>
- Lovell, S. T. (2010). Multifunctional Urban Agriculture for Sustainable Land Use Planning in the United States. *Sustainability*, 2(8), 2499–2522. <https://doi.org/10.3390/su2082499>
- Melkonyan, A., Krumme, K., Gruchmann, T., & De La Torre, G. (2017). Sustainability assessment and climate change resilience in food production and supply. *Energy Procedia*, 123, 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.236>
- Oktyajati, N., Hisjam, Muh., & Sutopo, W. (2018). The dynamic simulation model of soybean in Central Java to support food self sufficiency: A supply chain perspective. 030015. <https://doi.org/10.1063/1.5024074>
- Panikkai, S., Nurmalina, R., Mulatsih, S., & Purwati, H. (2017). Analysis of National Corn Availability to Become Self-sufficiency Throught Dynamic Model Approachmen. *Informatika Pertanian*, 26, 9.
- Sarintang, Yasin, Muh., Syam, A., Adriani W, A., & Muslimin. (2021). Socio-economy dynamics of hybrid corn farmers in South Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 911(1), 012088. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/911/1/012088>
- Sterman, J. D. (2000). *System Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. 32.
- Sulistyo, S. R., Alfa, B. N., & Subagyo. (2016). Modeling Indonesia's rice supply and demand using system dynamics. 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 415–419. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7797908>