

SISTEM DINAMIS KETERSEDIAAN BUAH PISANG DI PROVINSI BALI

Ni Putu Indayani¹, I Ketut Satriawan², Cokorda Anom Bayu Sadyasmara²

¹Mahasiswa Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Unud

²Dosen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Unud

Email: indayaniniputu@gmail.com¹

Email koresponden: satriawan@unud.ac.id²

ABSTRACT

The demand of banana in Bali is very high and exceeds the capability of Balinese or local production and it lead to imported banana supplied from another island in Indonesia. Demand of banana will increase, especially when Hindu's Ceremonial appearing. The aims of this research was to determine the factor that affected of banana stock, then analyze the stock of banana and compose some alternative of recommendation in order to fulfill the demand of banana in Bali. This research was conducted in Bali Province using dynamics system approach, which simulation years started on 2012 to 2021. The simulation result showed the factors that affected of banana stock in Bali was the production of banana, demand of banana and inter island supply. Further, result showed that the production of banana in Bali wasn't able to fulfill the demand of banana in Bali. The availability of banana tends to decrease start from the beginning until the end of simulation year. Based on some of simulation scene, the effective and reasonable policy could be develop in order to fulfill the demand of banana is with land expansion from 0,4514 fraction/year to 0,5862 fraction/year, and with enhancement effort of harvest productivity from 47,67 ton/ha to 60 ton/ha.

Keywords: *system dynamic, availability of banana, Bali Province.*

PENDAHULUAN

Pisang (*Musa paradisiaca*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang dikembangkan pemerintah Indonesia, memiliki nilai gizi yang tinggi serta mempunyai nilai ekonomis yang tinggi (Suhartanto *et al.*, 2012). Tanaman pisang mempunyai manfaat yang cukup banyak bagi masyarakat Hindu di Bali yaitu untuk memenuhi kebutuhan upacara, sehingga tanaman pisang dianggap sebagai komoditas yang layak untuk dikembangkan. Kebutuhan buah pisang di Bali sangat tinggi dan melebihi kemampuan produksi petani Bali. Beberapa tahun ini banyak pisang didatangkan dari luar Bali yaitu dari Lumajang dan Banyuwangi (Suparyana, 2016). Kebutuhan pisang akan meningkat terutama pada saat menjelang Hari Suci Agama Hindu. Produksi buah pisang di Provinsi Bali dari tahun 2012 sampai 2016 berfluktuasi yaitu pada tahun 2012 sebanyak 164.699 ton, menjadi 234.215 ton pada tahun 2014 dan mengalami penurunan menjadi 183.210 ton tahun pada 2016 (BPS Provinsi Bali, 2016). Namun, sampai saat ini belum terdapat catatan pasti mengenai jumlah permintaan buah pisang di Provinsi Bali (Suparyana, 2016).

Simulasi merupakan suatu metode untuk mempelajari macam-macam model sistem di dunia nyata secara luas dengan evaluasi numerik menggunakan *software* yang didesain untuk meniru operasi atau karakteristik sistem tertentu (Kelton *et al.*, 2010). Suatu sistem dapat didefinisikan sebagai kumpulan interaksi elemen yang berfungsi secara bersama-sama untuk memenuhi beberapa tujuan (Roberts *et al.*, 1983). Model harus cukup rinci dan valid, tetapi model juga harus cukup sederhana karena model merupakan penyederhanaan dari sistem nyata sehingga mempermudah analisa (Satriawan, 1993). Sistem dinamis adalah metode untuk meningkatkan pembelajaran dalam sistem yang kompleks, dapat mendefinisikan masalah secara dinamis dan diselesaikan dengan bantuan komputer (Yang dan Wang, 2011). Belajar tentang sistem dinamis didasarkan pada teori dinamika nonlinier dan kontrol umpan balik yang dikembangkan dalam matematika, fisika dan teknik (Sterman, 2000).

Salah satu pendekatan simulasi yang akhir-akhir ini banyak dipakai adalah dengan sistem dinamis. Pendekatan sistem dinamis telah digunakan untuk mensimulasikan ketersediaan beras nasional (Irawan, 2005), menemukan desain stok beras di Provinsi Bali (Ustriyana, 2015), mensimulasikan ketersediaan beras di Jawa Timur (Garside dan Asjari, 2015), pola divestasi agroindustri beras (Udin *et al.*, 2014). Sistem dinamis juga digunakan untuk mengevaluasi pengaruh koordinasi terhadap kinerja *supply chain* pisang di Jawa Timur (Arvitrida *et al.*, 2008), analisis produksi kedelai dan permintaan untuk mengembangkan kebijakan strategis swasembada pangan (Hasan *et al.*, 2015), mensimulasikan ketersediaan daging sapi nasional (Harmini *et al.*, 2011), pengembangan industri pengolahan tuna berkelanjutan (Fatma, 2015), menganalisis permintaan dan ketersediaan listrik sektor industri di Jawa Timur (Axella dan Suryani, 2012).

Berdasarkan kemampuan simulasi dalam menirukan perilaku sistem yang dapat memprediksi kondisi mendatang maka penelitian lebih lanjut mengenai sistem dinamis ketersediaan buah pisang dilakukan di Provinsi Bali. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui faktor-faktor dan variabel yang mempengaruhi ketersediaan buah pisang, (2) menganalisis ketersediaan buah pisang, (3) membuat alternatif rekomendasi kebijakan yang dapat dilakukan dalam rangka memenuhi kebutuhan buah pisang di Provinsi Bali.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juni 2017 di Provinsi Bali. Pemilihan lokasi dilakukan secara sengaja (*purposive*), yaitu dengan mempertimbangkan bahwa masyarakat Bali yang mayoritas penduduknya beragama Hindu dan memiliki tradisi membuat sesajen mengakibatkan kebutuhan pisang di Bali sangat tinggi karena buah pisang digunakan sebagai sarana upacara umat Hindu. Pemilihan lokasi penelitian ini juga didasarkan karena belum pernah dilakukannya penelitian tentang sistem dinamis ketersediaan pisang di Provinsi Bali.

Tahapan Penelitian

Sesuai dengan metodologi pengembangan model sistem dinamis maka penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu identifikasi masalah dan tujuan, konseptualisasi model, formulasi model, verifikasi dan validasi model, simulasi sistem dengan berbagai skenario kebijakan, serta penyusunan alternatif rekomendasi skenario kebijakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Buah Pisang di Provinsi Bali

Buah pisang memiliki manfaat bagi kehidupan manusia yang dapat dikonsumsi kapan saja dan pada segala tingkat usia. Khususnya di Provinsi Bali buah pisang sebagian besar digunakan sebagai sarana upacara umat Hindu. Kebutuhan buah pisang di Provinsi Bali akan mengalami kenaikan pada saat menjelang Hari Suci Agama Hindu. Buah pisang juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan horeca, kebutuhan industri dan konsumsi langsung. Perkembangan produksi pisang di Bali saat ini belum bisa memenuhi semua kebutuhan pisang, hal ini terbukti karena masih adanya pasokan pisang dari wilayah luar Pulau Bali.

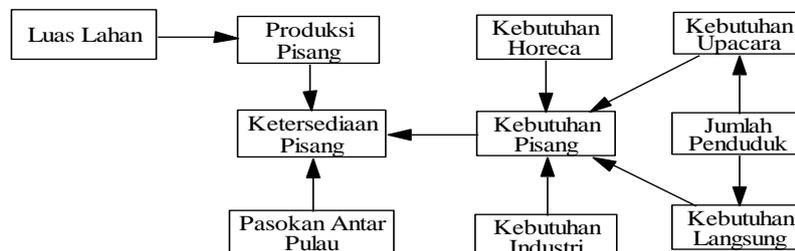
Rancangan Model Ketersediaan Buah Pisang di Provinsi Bali

1. Deskripsi Sistem

Pemodelan sistem dinamis yang dikembangkan dibatasi oleh beberapa hal-hal yang berkaitan dengan produksi pisang dan kebutuhan pisang serta menggunakan beberapa asumsi. Asumsi merupakan pikiran-pikiran dasar yang digunakan sebagai titik tolak atau alasan dalam menjelaskan suatu fenomena dan diyakini kebenarannya (Simatupang, 2000). Asumsi pemodelan sistem dinamis ketersediaan buah pisang di Provinsi Bali didasari oleh model deterministik, yang artinya bahwa asumsi-asumsi yang digunakan pasti terjadi dan tidak ada menyangkut adanya peluang baru. Adapun asumsi yang digunakan yaitu periode analisis simulasi dibatasi untuk periode tahun 2012 sampai 2021, nilai awal (*initial value*) yang digunakan pada model *stock* adalah data tahun 2012, yaitu luas tanam pisang yaitu 9.215,97 ha (Dinas Pertanian dan Tanaman Pangan Provinsi Bali, 2017), dan jumlah penduduk total sebanyak 4.007.200 orang (BPS Provinsi Bali, 2016), dan ketersediaan pisang sebesar 0, yaitu dimana ketersediaan pisang diakhir tahun 2012 diasumsikan 0 yang artinya jumlah ketersediaan pisang tahun 2012 seimbang dengan jumlah kebutuhan pisang tahun 2012. Produktivitas panen diasumsikan sebesar 47,67 ton/ha (www.pertanian.go.id), dan produktivitas lahan panen sebesar 0,4514 *fraction/year* (diolah dari data Dinas Pertanian dan Tanaman Pangan, 2016), konsumsi rata-rata pisang sebesar 0,0069 ton/orang/year (www.pertanian.go.id), kebutuhan tiap hotel sebesar 11,83 ton/hotel/year dan restoran cafe sebesar 5,25 ton/restorancafe/year, kebutuhan rata-rata tiap KK yaitu 0,20 ton/kk/year, kebutuhan rata-rata tiap upacara Banjar yaitu 0,14 ton/banjar/year, kebutuhan rata-rata tiap upacara Desa yaitu 0,24 ton/pura/year, dan kebutuhan upacara lainnya 2554,79 ton/year. Jumlah pasokan antar pulau pisang dari luar Provinsi Bali yaitu sebesar 29.535,27 ton/year (penelitian pendahulu).

2. Konseptualisasi Model

Diagram model konseptual ketersediaan buah pisang disajikan pada Gambar 1. Diagram model konseptual menunjukkan bahwa ketersediaan pisang dipengaruhi oleh produksi pisang, kebutuhan pisang dan pasokan antar pulau. Pasokan antar pulau merupakan jumlah pisang yang didatangkan dari luar Provinsi Bali. Pasokan antar pulau pisang didatangkan apabila produksi pisang di Provinsi Bali tidak mampu memenuhi kebutuhan pisang. Kebutuhan pisang mencakup kebutuhan horeca (hotel, restoran, cafe), kebutuhan upacara, kebutuhan langsung, dan kebutuhan industri. Kebutuhan upacara dan kebutuhan langsung dipengaruhi oleh jumlah penduduk.



Gambar 1. Model konseptual ketersediaan buah pisang

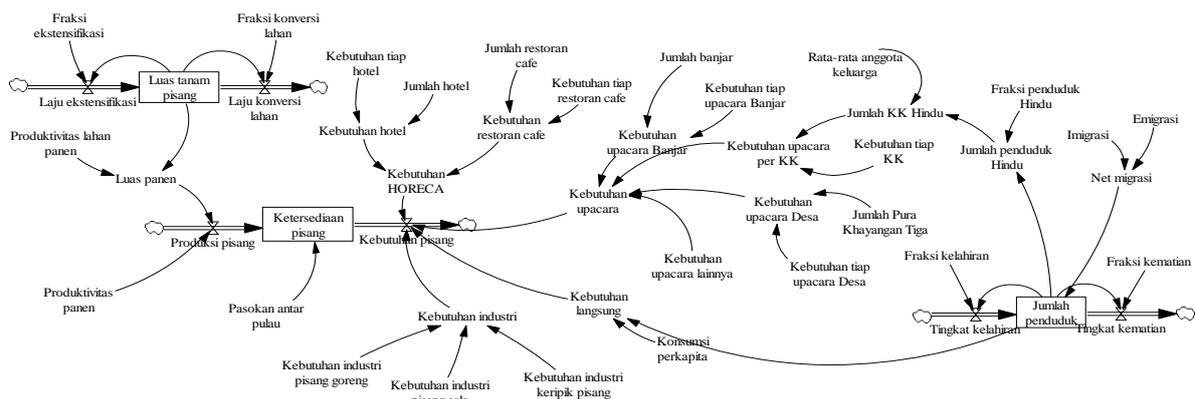
Submodel produksi pisang merupakan jumlah pisang yang diproduksi atau dihasilkan di Provinsi Bali dengan satuan ton/year. Variabel-variabel yang terlibat dalam submodel produksi pisang adalah luas tanam pisang, laju ekstensifikasi, laju konversi lahan, fraksi ekstensifikasi, fraksi konversi lahan, produktivitas lahan panen, luas panen, dan produktivitas panen. Luas tanam pisang dipengaruhi oleh laju ekstensifikasi dan laju konversi lahan. Semakin banyak luas tanam pisang yang tersedia untuk menanam

pisang, maka semakin besar produksi pisang yang dihasilkan. Apabila semakin besar alih fungsi lahan yang terjadi, maka semakin sedikit luas tanam pisang yang digunakan untuk menanam pohon pisang. Laju ekstensifikasi dan laju konversi lahan dipengaruhi oleh fraksi ekstensifikasi dan fraksi konversi lahan.

Submodel kebutuhan pisang merupakan submodel yang dapat mengurangi persediaan buah pisang. Kebutuhan pisang yang dimaksud adalah jumlah pisang yang digunakan untuk memenuhi beberapa kebutuhan pisang di Provinsi Bali dengan satuan ton/year. Variabel-variabel yang terlibat dalam submodel kebutuhan pisang adalah kebutuhan langsung, kebutuhan upacara, kebutuhan horeca (hotel, restoran, cafe), dan kebutuhan industri olahan pisang. Kebutuhan langsung dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan tingkat konsumsi perkapita. Jumlah penduduk dipengaruhi oleh tingkat kelahiran, tingkat kematian dan net migrasi. Kebutuhan upacara dibagi menjadi 4 jenis kebutuhan upacara, yaitu kebutuhan upacara tingkat Desa, kebutuhan upacara tingkat Banjar, kebutuhan upacara KK Hindu, dan kebutuhan upacara lainnya.

3. Formulasi Model

Formulasi model dilakukan dengan menggambarkan *stock and flow* diagram dan menyusun formulasi matematis dalam diagram tersebut serta menghubungkan variabel-variabel yang telah diidentifikasi dalam model konseptual dengan bahasa simbolik. Formulasi model dalam *software Vensim* ditunjukkan pada Gambar 2 dan formulasi model dinamis dirumuskan secara matematis yang dibangun untuk submodel produksi dan submodel kebutuhan pisang ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Formulasi model sistem dinamis ketersediaan buah pisang di Provinsi Bali

Tabel 1. Formulasi matematis submodel produksi dan kebutuhan pisang

No.	Variabel di causal loop	Model Building	Formulasi	Unit
1.	Produksi pisang	Flow	Produksi pisang = Luas panen * Produktivitas panen	Ton/year
2.	Luas panen	Variabel	Luas panen = Luas lahan * Produktivitas lahan panen	Ha/year
3.	Luas tanam pisang	Stock	Luas tanam pisang = Luas tanam pisang (t-dt) + Laju ekstensifikasi - Laju konversi lahan	Ha
4.	Laju ekstensifikasi	Flow	Laju ekstensifikasi = Luas tanam * Fraksi ekstensifikasi	Ha/year
5.	Laju konversi lahan	Flow	Laju konversi lahan = Luas tanam * Fraksi konversi lahan	Ha/year
6.	Produktivitas lahan panen	Variabel	Produktivitas lahan panen = jumlah luas panen / jumlah luas lahan	Fraction/year
7.	Produktivitas panen	Variabel	Produktivitas panen = Rata-rata produktivitas panen setiap tahun	Ton/ha
8.	Kebutuhan pisang	Flow	Kebutuhan pisang = Kebutuhan HORECA + Kebutuhan industri + Kebutuhan langsung + Kebutuhan upacara	Ton/year
9.	Kebutuhan HORECA	Variabel	Kebutuhan HORECA = Kebutuhan hotel + Kebutuhan restoran cafe	Ton/year
10.	Kebutuhan hotel	Variabel	Kebutuhan hotel = Kebutuhan tiap hotel * Jumlah hotel	Ton/year
11.	Kebutuhan tiap hotel	Variabel	Kebutuhan tiap hotel = Rata-rata Kebutuhan tiap hotel setiap tahun	Ton/hotel/year
12.	Jumlah hotel	Variabel	Jumlah hotel = Jumlah hotel tahun 2015	Hotel
13.	Kebutuhan restoran cafe	Variabel	Kebutuhan restoran cafe = Kebutuhan tiap restoran cafe * Jumlah restoran cafe	Ton/year
14.	Kebutuhan tiap restoran cafe	Variabel	Kebutuhan tiap restoran cafe = Rata-rata Kebutuhan tiap restoran cafe setiap tahun	Ton/restoran cafe/year
15.	Jumlah restoran cafe	Variabel	Jumlah restoran cafe = 30% dari jumlah restoran cafe tahun 2015	Restoran cafe
16.	Kebutuhan langsung	Variabel	Kebutuhan langsung = Konsumsi perkapita * Jumlah penduduk	Ton/year

17.	Konsumsi perkapita	Variabel	Konsumsi perkapita = Rata-rata tingkat Konsumsi perkapita setiap tahun	Ton/orang/year
18.	Jumlah penduduk	Stock	Jumlah penduduk = Jumlah penduduk (t-dt)+Tingkat kelahiran-Tingkat kematian+Net migrasi	Orang
19.	Tingkat kelahiran	Flow	Tingkat kelahiran=Jumlah penduduk*Fraksi kelahiran	Orang/year
20.	Tingkat kematian	Flow	Tingkat kematian=Jumlah penduduk*Fraksi kematian	Orang/year
21.	Net migrasi	Variabel	Net migrasi = Imigrasi-emigrasi	Orang/year
22.	Imigrasi	Variabel	Imigrasi = Rata-rata tingkat imigrasi setiap tahun	Orang/year
23.	Emigrasi	Variabel	Emigrasi = Rata-rata tingkat emigrasi setiap tahun	Orang/year
24.	Kebutuhan upacara	Variabel	Kebutuhan upacara=Kebutuhan upacara Banjar+Kebutuhan upacara per KK+Kebutuhan upacara Desa+Kebutuhan upacara lainnya	Ton/year
25.	Kebutuhan upacara Banjar	Variabel	Kebutuhan upacara Banjar = Kebutuhan tiap upacara Banjar*Jumlah Banjar	Ton/year
26.	Kebutuhan tiap upacara Banjar	Variabel	Kebutuhan tiap upacara Banjar= Rata-rata kebutuhan tiap upacara Banjar setiap tahun	Ton/banjar/year
27.	Jumlah Banjar	Variabel	Jumlah Banjar = Jumlah Banjar pada tahun 2014	Banjar
28.	Kebutuhan upacara per KK	Variabel	Kebutuhan upacara per KK=Kebutuhan tiap KK*Jumlah KK Hindu	Ton/year
29.	Kebutuhan tiap KK	Variabel	Kebutuhan tiap KK = Rata-rata kebutuhan tiap KK setiap tahun	Ton/year
30.	Jumlah penduduk Hindu	Variabel	Jumlah penduduk Hindu= Jumlah penduduk total*Fraksi penduduk Hindu	Orang/year
31.	Jumlah KK Hindu	Variabel	Jumlah KK Hindu= Jumlah penduduk Hindu/Rata-rata anggota keluarga	KK/year
32.	Kebutuhan upacara Desa	Variabel	Kebutuhan upacara Desa=Kebutuhan tiap upacara Desa*Jumlah Pura Khayangan Tiga	Ton/year
33.	Kebutuhan tiap upacara Desa	Variabel	Kebutuhan tiap upacara Desa= Rata-rata kebutuhan tiap upacara Desa setiap tahun	Ton/pura/year
34.	Jumlah Pura Khayangan Tiga	Variabel	Jumlah Pura Khayangan Tiga = Jumlah Pura Khayangan Tiga tahun 2014	Pura
35.	Kebutuhan industri	Variabel	Kebutuhan industri = Kebutuhan industri pisang goreng + Kebutuhan industri pisang sale+Kebutuhan industri keripik pisang	Ton/year
36.	Ketersediaan pisang	Stock	Ketersediaan= Ketersediaan pisang (t-dt)+Produksi pisang-Kebutuhan pisang+Pasokan antar pulau	Ton
37.	Pasokan antar pulau	Variabel	Pasokan antar pulau = Jumlah pasokan antar pulau setiap tahun	Ton/year

Verifikasi dan Validasi Model

Hasil uji verifikasi semua variabel pada model simulasi dalam *software* Vensim menunjukkan bahwa model dikembangkan sudah terverifikasi. Rekapitulasi *P value* atau nilai signifikansi *2 tailed* dari seluruh uji statistik atau hasil validasi model simulasi dengan menggunakan *Microsoft Excel* ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa nilai *P value* untuk luas tanam pisang sebesar 0,585, luas panen sebesar 0,913, produksi pisang sebesar 0,969 dan jumlah penduduk sebesar 0,051. Hasil uji statistik *paired t-test* menunjukkan bahwa nilai *P value* $\geq \alpha$ (0,05) sehingga H_0 diterima. Simulasi model ini dikatakan valid karena tidak ada perbedaan yang signifikan antara *output* nyata dan *output* simulasi.

Tabel 2. Hasil validasi model sistem dinamis ketersediaan buah pisang di Provinsi Bali

Variabel	Tahun	Hasil simulasi	Data aktual	<i>P value</i>	Nilai α	Kesimpulan
Luas tanam pisang (ha)	2012	9.215,97	9.215,97	0,585	0,05	H_0 diterima
	2013	9.181,87	9.768,38			
	2014	9.147,90	9.079,38			
	2015	9.114,05	9.051,87			
	2016	9.080,33	9.004,99			
Luas panen (ha)	2012	4.160	3.647	0,913	0,05	H_0 diterima
	2013	4.145	3.883			
	2014	4.129	5.207			
	2015	4.114	4.375			
	2016	4.099	3.705			
Produksi pisang (ton/year)	2012	198.311	164.699	0,969	0,05	H_0 diterima
	2013	197.578	215.252			
	2014	196.847	234.215			
	2015	196.118	189.440			
	2016	195.393	183.210			
Jumlah penduduk Provinsi Bali	2012	4.007.200	4.007.200	0,051	0,05	H_0 diterima
	2013	4.082.230	4.056.300			
	2014	4.158.100	4.104.900			
	2015	4.234.820	4.152.800			
	2016	4.312.400	4.200.100			

Hasil Simulasi Berbagai Skenario

Simulasi sistem dengan skenario kebijakan akan menghasilkan berbagai skenario kebijakan dan implikasinya terhadap variabel output sistem.

1. Skenario kondisi saat ini (*existing*)

Skenario kondisi saat ini disimulasikan atas dasar kondisi yang telah berjalan seperti sekarang ini. Hasil simulasi skenario kondisi saat ini (*existing*) mengenai jumlah penduduk, luas lahan, luas panen, produksi pisang, pasokan antar pulau, ketersediaan pisang, dan kebutuhan pisang disajikan pada Tabel 3.

Hasil simulasi model kondisi luas lahan pisang selama periode tahun 2016-2021 cenderung mengalami penurunan yaitu dari 9.080,33 ha pada tahun 2016 menjadi 8.913,58 ha pada tahun 2021. Dalam model ini dari tahun 2017-2021 diasumsikan tidak terdapat kegiatan intensifikasi ataupun ekstensifikasi. Hasil simulasi luas panen selama periode tahun 2012-2021 mengalami penurunan. Pada tahun 2012 luas panen sebesar 4.160,09 ha menjadi 4.023,59 ha pada tahun 2021. Hasil simulasi produksi pisang dari tahun 2012-2021 juga mengalami penurunan yaitu pada tahun 2012 sebesar 198.311 ton/year menjadi 191.805 ton/year tahun 2021, sedangkan hasil simulasi kebutuhan pisang setiap tahunnya mengalami peningkatan. Kekurangan pisang di Provinsi Bali dapat dipenuhi melalui pasokan antar pulau. Apabila jumlah pasokan antar pulau diasumsikan tetap setiap tahunnya sebesar 29.535,27 ton maka ketersediaan pisang belum mampu memenuhi kebutuhan pisang setiap tahunnya. Hal ini menunjukkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan pisang hingga akhir tahun simulasi yaitu tahun 2021 perlu dilakukan upaya-upaya untuk meningkatkan ketersediaan pisang. Upaya peningkatan ketersediaan pisang dapat dilakukan melalui peningkatan produksi pisang atau dengan meningkatkan jumlah pasokan antar pulau.

Tabel 3. Hasil simulasi skenario kondisi saat ini (*existing*)

Tahun	Jumlah penduduk (orang)	Luas tanam pisang (ha)	Luas panen (ha)	Produksi pisang (ton)	Pasokan antar pulau (ton)	Ketersediaan pisang (ton)	Kebutuhan pisang (ton)
2012	4.007.200	9.215,97	4.160,09	198.311	29.535,27	0	234.663
2013	4.082.230	9.181,87	4.144,70	197.578	29.535,27	-6.817	238.669
2014	4.158.100	9.147,90	4.129,36	196.847	29.535,27	-18.403	242.780
2015	4.234.820	9.114,05	4.114,08	196.118	29.535,27	-34.801	246.907
2016	4.312.400	9.080,33	4.098,86	195.393	29.535,27	-56.055	251.080
2017	4.390.840	9.046,73	4.083,69	194.670	29.535,27	-82.207	255.300
2018	4.470.170	9.013,26	4.068,59	193.949	29.535,27	-113.302	259.567
2019	4.550.380	8.979,91	4.053,53	193.232	29.535,27	-149.384	263.882
2020	4.631.500	8.946,68	4.038,53	192.517	29.535,27	-190.498	268.245
2021	4.713.520	8.913,58	4.023,59	191.805	29.535,27	-236.691	272.657

1. Skenario kebijakan peningkatan produktivitas panen

Skenario kebijakan peningkatan produktivitas panen dilakukan dengan upaya intensifikasi yaitu menerapkan teknologi tepat guna yang berdaya saing dan berkelanjutan serta mudah diterapkan oleh petani sehingga dapat meningkatkan hasil produksi. Pada skenario ini diasumsikan produktivitas panen pisang dapat dilakukan dengan peningkatan rata-rata produktivitas dari 46,67 ton/ha menjadi 60 ton/ha. Peningkatan produktivitas tersebut memungkinkan untuk dilakukan, mengingat produktivitas pisang di Indonesia mencapai 60 ton/ha pada tahun 2012 (www.pertanian.go.id) dan produktivitas pisang di Provinsi Bali pernah mencapai angka 55,43 ton/ha pada tahun 2013(www.pertanian.go.id). Hasil simulasi menunjukkan bahwa perubahan produksi pisang melalui upaya peningkatan produktivitas panen rata-rata pisang sebesar 60 ton/ha tersebut hanya mampu memenuhi kebutuhan pisang sampai tahun 2014. Upaya tersebut belum mampu memenuhi kebutuhan pisang sampai tahun akhir simulasi, sehingga diperlukan keterpaduan upaya untuk dapat memenuhi kebutuhan pisang. Hasil simulasi ketersediaan pisang melalui upaya peningkatan

produktivitas panen sebesar 60 ton/ha menunjukkan bahwa ketersediaan pisang mampu memenuhi kebutuhan pisang hingga akhir tahun simulasi, apabila masih tetap dilakukan pasokan antar pulau sebesar 29.535,27 ton/tahun. Hasil simulasi skenario kebijakan peningkatan produktivitas panen secara kuantitatif dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil simulasi skenario kebijakan peningkatan produktivitas panen

Tahun	Jumlah penduduk (orang)	Luas tanam pisang (ha)	Luas panen (ha)	Produksi pisang (ton)**	Pasokan antar pulau (ton)	Ketersediaan pisang (ton)**	Kebutuhan pisang (ton)
2012	4.007.200	9.215,97	4.160,09	249.605	29.535,27	0	234.663
2013	4.082.230	9.181,87	4.144,70	248.682	29.535,27	44.477	238.669
2014	4.158.100	9.147,90	4.129,36	247.762	29.535,27	83.955	242.780
2015	4.234.820	9.114,05	4.114,08	246.845	29.535,27	118.512	246.907
2016	4.312.400	9.080,33	4.098,86	245.932	29.535,27	147.985	251.080
2017	4.390.840	9.046,73	4.083,69	245.022	29.535,27	172.372	255.300
2018	4.470.170	9.013,26	4.068,59	244.115	29.535,27	191.629	259.567
2019	4.550.380	8.979,91	4.053,53	243.212	29.535,27	205.712	263.882
2020	4.631.500	8.946,68	4.038,53	242.312	29.535,27	214.578	268.245
2021	4.713.520	8.913,58	4.023,59	241.415	29.535,27	218.818	272.657

Keterangan **: nilai produksi pisang dan ketersediaan pisang setiap tahun lebih tinggi dari hasil simulasi skenario 1.

2. Skenario kebijakan pendayagunaan lahan

Skenario kebijakan pendayagunaan lahan diterapkan melalui pemanfaatan lahan atau memperluas areal tanam secara kontinyu sehingga dapat meningkatkan luas panen. Perluasan areal tanam pisang dilakukan secara kontinyu sebesar 1% per tahun. Upaya perluasan areal tanam tersebut masih bisa dilakukan mengingat masih terdapatnya jumlah lahan tegalan yang potensial untuk tanaman pisang yaitu seluas 124.289 ha (Dinas Pertanian Tanaman Pangan Provinsi Bali, 2015) yang merupakan luas tegalan yang ada di Provinsi Bali pada tahun 2015. Pada skenario ini diasumsikan terjadi peningkatan pendayagunaan lahan yaitu dengan pemanfaatan lahan dari 0,4514 *fraction/year* menjadi 0,5862 *fraction/year* terhadap perluasan areal tanam dan luas lahan yang tersedia. Hasil simulasi perubahan produksi pisang melalui upaya peningkatan perluasan areal tanam dengan produktivitas lahan sebesar 0,5862 *fraction/year* dari luas lahan yang tersedia hanya mampu memenuhi kebutuhan pisang sampai tahun 2016. Upaya yang dilakukan belum mampu memenuhi kebutuhan pisang sampai tahun akhir simulasi yaitu tahun 2021, sehingga masih diperlukan keterpaduan upaya untuk dapat memenuhi kebutuhan pisang sampai akhir tahun simulasi. Hasil simulasi ketersediaan pisang melalui upaya peningkatan produktivitas lahan panen sebesar 0,5862 *fraction/year* menunjukkan bahwa ketersediaan pisang mampu memenuhi kebutuhan pisang hingga akhir tahun simulasi, apabila masih tetap dilakukan pasokan antar pulau sebesar 29.535,27 ton/tahun. Hasil simulasi skenario kebijakan pendayagunaan lahan secara kuantitatif dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil simulasi skenario kebijakan peningkatan pendayagunaan lahan

Tahun	Jumlah penduduk (orang)	Luas tanam pisang (ha)	Luas panen (ha)**	Produksi pisang (ton)**	Pasokan antar pulau (ton)	Ketersediaan pisang (ton)**	Kebutuhan pisang (ton)
2012	4.007.200	9.215,97	5.402,40	257.532	29.535,27	0	234.663
2013	4.082.230	9.181,87	5.382,41	256.580	29.535,27	52.404	238.669
2014	4.158.100	9.147,90	5.362,50	255.630	29.535,27	99.820	242.780
2015	4.234.820	9.114,05	5.342,66	254.684	29.535,27	142.205	246.907
2016	4.312.400	9.080,33	5.322,89	253.742	29.535,27	179.518	251.080
2017	4.390.840	9.046,73	5.303,19	252.803	29.535,27	211.715	255.300
2018	4.470.170	9.013,26	5.283,57	251.868	29.535,27	238.754	259.567
2019	4.550.380	8.979,91	5.264,02	250.936	29.535,27	260.590	263.882
2020	4.631.500	8.946,68	5.244,55	250.008	29.535,27	277.180	268.245
2021	4.713.520	8.913,58	5.225,14	249.082	29.535,27	288.478	272.657

Keterangan **: nilai luas panen, produksi pisang, dan ketersediaan pisang setiap tahun lebih tinggi dari hasil simulasi skenario 1.

3. Skenario kebijakan peningkatan produktivitas panen dan pendayagunaan lahan

Skenario keempat merupakan gabungan dari skenario 2 dan 3 yaitu kebijakan peningkatan produktivitas panen dengan upaya intensifikasi sebesar 60 ton/ha dan pendayagunaan lahan dengan memperluas areal tanam sebesar 0,5862 *fraction/year*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan upaya yang dilakukan mengakibatkan peningkatan nilai produksi dan telah mampu memenuhi kebutuhan pisang hingga 5 tahun ke depan. Terpenuhinya kebutuhan pisang melalui produksi pisang, mengakibatkan tidak perlu adanya pasokan antar pulau. Hasil simulasi dengan skenario kebijakan peningkatan produktivitas panen dan pendayagunaan lahan secara kuantitatif disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil simulasi skenario kebijakan peningkatan produktivitas panen dan pendayagunaan lahan

Tahun	Jumlah penduduk (orang)	Luas tanam pisang (ha)	Luas panen (ha)**	Produksi pisang (ton)**	Pasokan antar pulau (ton)	Ketersediaan pisang (ton)**	Kebutuhan pisang (ton)
2012	4.007.200	9.215,97	5.402,40	324.144	29.535,27	0	234.663
2013	4.082.230	9.181,87	5.382,41	322.945	29.535,27	119.016	238.669
2014	4.158.100	9.147,90	5.362,50	321.750	29.535,27	232.797	242.780
2015	4.234.820	9.114,05	5.342,66	320.559	29.535,27	341.302	246.907
2016	4.312.400	9.080,33	5.322,89	319.373	29.535,27	444.489	251.080
2017	4.390.840	9.046,73	5.303,19	318.192	29.535,27	542.318	255.300
2018	4.470.170	9.013,26	5.283,57	317.014	29.535,27	634.745	259.567
2019	4.550.380	8.979,91	5.264,02	315.841	29.535,27	721.728	263.882
2020	4.631.500	8.946,68	5.244,55	314.673	29.535,27	803.223	268.245
2021	4.713.520	8.913,58	5.225,14	313.502	29.535,27	879.186	272.657

Keterangan **: nilai luas panen, produksi pisang, dan ketersediaan pisang setiap tahun lebih tinggi dari hasil simulasi skenario 1.

4. Skenario pengaruh peningkatan kebutuhan

Skenario kelima yaitu pengaruh peningkatan kebutuhan, dimana model dirancang dengan mengasumsikan terjadi perubahan kebutuhan pisang yang dipengaruhi oleh peningkatan jumlah penduduk. Jumlah penduduk diasumsikan meningkat dengan cara menekan atau mengurangi tingkat kematian. Diasumsikan fraksi kematian mengalami penurunan yaitu dari 0,0034 *fraction/year* dengan angka kematian kasar 3,4 menjadi 0,0028 *fraction/year*. Penurunan fraksi kematian memungkinkan akan terjadi, mengingat bahwa angka fraksi kematian di Provinsi Bali dari tahun 2012-2016 mengalami penurunan setiap tahunnya (diolah dari data Riskesdas 2007 dalam Irianto *et al.*, 2009 dan BPS Provinsi Bali 2016). Fraksi kematian diasumsikan menurun menjadi 0,0028 *fraction/year* dengan angka kematian kasar 2,7 berdasarkan data fraksi kematian yang telah di capai Provinsi Bengkulu tahun 2012-2015 (diolah dari data Riskesdas 2007 dalam Irianto *et al.*, 2009 dan BPS Provinsi Bengkulu, 2016). Penurunan tingkat kematian didukung oleh adanya upaya-upaya untuk meningkatkan kesehatan. Salah satu upaya yang dilakukan yaitu sejak tahun 2010 Pemerintah Daerah Provinsi Bali telah menjalankan program Jaminan Kesehatan Masyarakat Bali (JKBM) sebagai upaya mengatasi masalah kesehatan (Dinas Kesehatan Provinsi Bali, 2016). Hasil simulasi skenario peningkatan kebutuhan disajikan pada Tabel 7. Akibat adanya perubahan tersebut maka diperkirakan produksi pisang tidak dapat memenuhi kebutuhan pisang.

Tabel 7. Hasil simulasi skenario pengaruh peningkatan kebutuhan

Tahun	Jumlah penduduk (orang)**	Luas tanam pisang (ha)	Luas panen (ha)	Produksi pisang (ton)	Pasokan antar pulau (ton)	Ketersediaan pisang (ton)**	Kebutuhan pisang (ton)**
2012	4.007.200	9.215,97	4.160,09	198.311	29.535,27	0	234.663
2013	4.084.630	9.181,87	4.144,70	197.578	29.535,27	-6.817	238.829
2014	4.162.980	9.147,90	4.129,36	196.847	29.535,27	-18.532	243.043
2015	4.242.250	9.114,05	4.114,08	196.118	29.535,27	-35.193	247.307
2016	4.322.460	9.080,33	4.098,86	195.393	29.535,27	-56.847	251.621
2017	4.403.610	9.046,73	4.083,69	194.670	29.535,27	-83.540	255.987
2018	4.485.720	9.013,26	4.068,59	193.949	29.535,27	-115.322	260.403
2019	4.568.800	8.979,91	4.053,53	193.232	29.535,27	-152.240	264.872
2020	4.652.860	8.946,68	4.038,53	192.517	29.535,27	-194.346	269.394

2021	4.737.920	8.913,58	4.023,59	191.805	29.535,27	-241.688	273.969
------	-----------	----------	----------	---------	-----------	----------	---------

Keterangan **: nilai jumlah penduduk, kebutuhan pisang setiap tahun lebih tinggi dan ketersediaan pisang setiap tahun lebih rendah dari hasil simulasi skenario 1.

Akibat perubahan tersebut, maka perlu dilakukan upaya peningkatan produktivitas panen dan pendayagunaan lahan. Hal yang dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan yang meningkat tersebut adalah dilakukannya upaya produktivitas panen rata-rata sebesar 60 ton/year dan upaya perluasan areal tanam sebesar 0,5862 fraction/year. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan upaya tersebut, produksi pisang telah mampu memenuhi kebutuhan pisang yang meningkat, yang dapat dilihat pada Tabel 8. Hasil simulasi perubahan peningkatan kebutuhan pisang yang telah diimbangi dengan upaya-upaya untuk meningkatkan produksi pisang mengakibatkan tidak terjadinya pasokan antar pulau.

Tabel 8. Hasil simulasi skenario pengaruh perubahan tingkat kebutuhan pisang, produktivitas panen dan pendayagunaan lahan

Tahun	Jumlah penduduk (ton)**	Luas tanam pisang (ha)	Luas panen (ha)**	Produksi pisang (ton)**	Pasokan antar pulau (ton)	Ketersediaan pisang (ton)**	Kebutuhan pisang (ton)**
2012	4.007.200	9.215,97	5.402,40	324.144	29.535,27	0	234.663
2013	4.084.630	9.181,87	5.382,41	322.945	29.535,27	119.016	238.829
2014	4.162.980	9.147,90	5.362,50	321.750	29.535,27	232.667	243.043
2015	4.242.250	9.114,05	5.342,66	320.559	29.535,27	340.910	247.307
2016	4.322.460	9.080,33	5.322,89	319.373	29.535,27	443.697	251.621
2017	4.403.610	9.046,73	5.303,19	318.192	29.535,27	540.985	255.987
2018	4.485.720	9.013,26	5.283,57	317.014	29.535,27	632.725	260.403
2019	4.568.800	8.979,91	5.264,02	315.841	29.535,27	718.871	264.872
2020	4.652.860	8.946,68	5.244,55	314.673	29.535,27	799.375	269.394
2021	4.737.920	8.913,58	5.225,14	313.502	29.535,27	874.189	273.969

Keterangan **: nilai jumlah penduduk, luas panen, produksi pisang, ketersediaan pisang, kebutuhan pisang setiap tahun lebih tinggi dari hasil simulasi skenario 1.

Alternatif Rekomendasi Kebijakan

Alternatif rekomendasi skenario kebijakan yang dipilih yaitu dengan peningkatan produktivitas panen dengan upaya intensifikasi sebesar 60 ton/ha dapat dilakukan dengan cara menanam varietas unggul yaitu dengan memperhatikan kesesuaian lahan. Pendayagunaan lahan atau perluasan areal tanam sebesar 0,5862 fraction/year dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan tegalan yang potensial di setiap wilayah, dan bisa juga dengan memanfaatkan lahan pekarangan rumah yang kosong. Melalui upaya tersebut diharapkan produksi pisang dapat memenuhi seluruh kebutuhan pisang hingga 5 tahun ke depan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan buah pisang di Provinsi Bali yaitu produksi pisang dipengaruhi variabel luas lahan, luas panen, produktivitas lahan, dan produktivitas panen, kebutuhan pisang yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri, kebutuhan langsung, kebutuhan upacara, kebutuhan horeca dan kebutuhan pisang dipengaruhi oleh jumlah penduduk serta pasokan antar pulau.
2. Berdasarkan hasil simulasi model ketersediaan buah pisang di Provinsi Bali menunjukkan bahwa ketersediaan pisang belum mampu memenuhi kebutuhan pisang setiap tahunnya, apabila jumlah pasokan antar pulau diasumsikan tetap setiap tahunnya sebesar 29.535,27 ton.

3. Hasil simulasi skenario kebijakan yang paling efektif dan mungkin untuk dikembangkan adalah melalui upaya peningkatan produktivitas rata-rata dari 47,67 ton/ha menjadi 60 ton/ha dan diimbangi dengan upaya pendayagunaan lahan atau perluasan areal tanam pisang dari 0,4514 *fraction/year* menjadi 0,5862 *fraction/year*.

Saran

1. Pemerintah perlu mendorong peningkatan produktivitas panen dan produktivitas lahan melalui ketersediaan bibit unggul dan pengarahan mengenai pemanfaatan lahan areal pekarangan rumah yang kosong untuk ditanami pohon pisang.
2. Pemerintah juga perlu melakukan adanya kajian kebutuhan pasokan pisang antar pulau, karena tingginya jumlah pasokan pisang yang didatangkan dari luar Pulau Bali dan belum adanya data resmi mengenai jumlah pasokan pisang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvitrida, N. I., I N. Pujawan dan H. Supriyanto. 2008. Simulasi Koordinasi Supply Chain Pisang Mas dari Lumajang. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-7856-2506203005-paper.pdf>. Diakses pada 10 Januari 2017 pkl. 15.30 Wita.
- Axella, O. dan E. Suryani. 2012. Aplikasi Model Sistem Dinamik untuk Menganalisa Permintaan dan Ketersediaan Listrik Sektor Industri (Studi kasus : Jawa Timur). *Jurnal Teknik ITS*. 1: 339-344.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. 2017. Bali dalam Angka 2016. www.bali.bps.go.id. Diakses pada 15 Januari 2017 pkl.11.30 Wita.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Bengkulu. 2016. <https://bengkulu.bps.go.id>. Diakses pada 19 Januari 2017 pkl.13.30 Wita
- Dinas Kesehatan Provinsi Bali.2016. Profil Kesehatan Provinsi Bali 2015. http://www.diskes.baliprov.go.id/files/subdomain/diskes/Profil%20Kesehatan%20Provinsi%20Bali/Tahun%202015/Bali_Profil_2015.pdf. Diakses pada 18 agustus 2017 pkl. 10.30 Wita.
- Dinas Pertanian dan Tanaman Pangan. 2016. Luas lahan, luas panen, produksi dan Produktivitas Pisang Tahun 2012-2016 di Provinsi Bali, Bali.
- Fatma, E. 2015. Development of sustainable tuna processing industry using system dynamics simulation. *Procedia Manufacturing*. 4:107-114.
- Garside, A. K. dan H. Y. Asjari. 2015. Simulasi Ketersediaan Beras di Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. 14(1):47-58.
- Harmini, R. W. Asmrantaka, dan J. Atmakusuma. 2011. Model Dinamis Sistem Ketersediaan Daging Sapi Nasional. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*. 12(1):128-146..
- Hasan, N., E. Suryani, and R. Hendrawan. 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.
- Irawan. 2005. Analisis Ketersediaan Beras Nasional : Suatu Kajian Simulasi Pendekatan Sistem Dinamis. *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Pertanian dan Ketahanan Pangan*. Balittanah, Departemen Pertanian, Bogor.

- Irianto, J., A. Musadad, dan Y. Wiryawan. 2009. Angka Kematian di Berbagai Provinsi di Indonesia (Data Risesdas 2007). *Jurnal Ekologi Kesehatan*. 3(8): 1047-1056.
- Kelton, W. D., R. P. Sadowski, and N. B. Swets, 2010. *Simulation with Arena*. McGraw Hill. New York.
- Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura. 2015. Statistik Produksi Hortikultura Tahun 2014. <http://hortikultura.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2016/02/Statistik-Produksi-2014.pdf>. Diakses pada 9 Januari 2017 pkl. 19.30 Wita.
- Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura. 2017. Produktivitas Pisang Menurut Provinsi Tahun 2012-2016. [http://www.pertanian.go.id/Data5tahun/HortiASEM2016\(pdf\)/Produk-tivitas%20Pisang.pdf](http://www.pertanian.go.id/Data5tahun/HortiASEM2016(pdf)/Produk-tivitas%20Pisang.pdf). Diakses pada 18 agustus 2017 pkl. 10.30 Wita.
- Roberts, N., D. Andersen, R. Deal, M. Garet, and W. Shaffer. 1983. *Computer Simulation, A System Dynamics Modeling*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Satriawan, I K. 1993. Prospek Swasembada Pangan di Provinsi Bali dengan Pemodelan Sistem Dinamik. Tesis S2. Tidak dipublikasi. Program Magister Teknik dan Manajemen Industri. Program Pascasarjana. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Simatupang, T.M. 2000. *Pemodelan Sistem*. Penerbit Nindika, Klaten.
- Sterman, J. D. 2000. *Business Dynamics; System Thinking and Modeling for a Complex World*. International Edition. McGraw-Hill.ER, Singapore.
- Sugiyono. 2008. *Statistik untuk Penelitian*. CV Alfabeta, Bandung.
- Suhartanto, M. R., Sobir, dan H. Harti. 2012. *Teknologi Sehat Budidaya Pisang : Dari Benih Sampai Pasca Panen*. Pusat Kajian Hortikultura Tropika, LPPM-IPB, Bogor.
- Suparyana, P. K. 2016. Analisis Permintaan Buah Pisang di Kota Denpasar Bali. Tesis S2. Tidak dipublikasi. Fakultas Pasca Sarjana Universitas Udayana. Denpasar.
- Udin, F., Marimin, Sukardi, A. Buono and H. Halid. 2014. A System Dynamics Simulation of Rice Agroindustry Development by Divestment Pattern for Increasing Rice Production and Farmer Income. *Journal of Information Engineering and Applications*. 4(12):82-95.
- Ustriyana, I N. G. 2015. Dynamic Modeling of Rice Stock in Bali Province, Indonesia. *Europeaan Journal of Business and Management*. 7(26):173-180.
- Yang, S.C. and Wang, Y.L. 2011. System Dynamics Based Insider Threats Modeling. *International Journal of Network Security & It Application*. 3(3):1-14.