



Model Dinamik Pengelolaan Jasa Ekosistem Waduk Koto Panjang Kabupaten Kampar Riau

Trisla Warningsih^{1*}, D Djoko Setiyanto², Achmad Fahrudin³, Luky Adrianto³

¹Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan IPB

²Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

³Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

*Corresponding author: trisla.warningsih4455@gmail.com

Received 7 June 2016; Accepted 10 October 2016; Available online 29 November 2016

ABSTRACT

The study aims to establish the management model of ecosystem services Koto Panjang Reservoir. The approach used in this modeling is the Dynamic Modelling. The results showed the value of prediction error of the simulation results based on the data used was in the range 0.4 % - 4.64 %. The simulation results show the value of economic growth in 2020 will reach its peak value Rp.3,3 billion. The economic value of the total economic value of the four main activities of the utilization of ecosystem services Koto Panjang Reservoir namely; KJA cultivation of Rp.1,1 billion, tourism Rp.1,6 billion, fishing by paddle for 60 million, fishing by fishing boat engine at Rp.489 million. Model scenarios developed by increasing the KJA growth of 30% and 100% for tourism, managed to increase the total economic value of Rp.5,08 billion from previously around Rp.3,3 billion or an increase of approximately 53.95%. The increase in the economic value derived from an increase in the economic value of Rp.1,56 billion KJA activities and improvement of the economic value of tourism activities Rp 2,9 billion.

Keywords: ecosystem services, reservoirs, total economic value, dynamic modelling

1. Pendahuluan

Jasa ekosistem didefinisikan sebagai manfaat langsung dan tidak langsung yang diperoleh manusia dari ekosistem dan diklasifikasikan sebagai jasa penyediaan (*provisioning services*) yaitu produk yang diperoleh dari ekosistem; jasa *cultural* (*cultural services*) yaitu manfaat nonmaterial yang diperoleh manusia dari ekosistem; jasa *regulating* (*regulating services*) yaitu manfaat yang diperoleh dari regulasi proses ekosistem; dan jasa *supporting* (*supporting services*) yaitu manfaat yang diperlukan untuk produksi semua jasa ekosistem lainnya (de Groot *et al.* 2002, Millennium Ecosystem Assessment 2003, The Economics of Ecosystems and Biodiversity 2010, Costanza *et al.* 2011).

Ekosistem Waduk Koto Panjang terletak pada dua wilayah kewenangan yaitu Kecamatan XIII Koto Kampar (Provinsi Riau) dan Kecamatan 50 Kota (Provinsi Sumatera Barat). Ekosistem Waduk Koto Panjang memiliki fungsi utama sebagai pembangkit listrik tenaga air, disamping itu ekosistem

Waduk Koto Panjang juga dimanfaatkan untuk kegiatan perikanan budidaya Keramba Jaring Apung (KJA), perikanan tangkap dan wisata. Adanya kegiatan perikanan budidaya KJA, perikanan tangkap dan wisata diharapkan tidak mengganggu fungsi utama ekosistem Waduk Koto Panjang sebagai pembangkit tenaga listrik. Permintaan atas jasa ekosistem Waduk Koto Panjang terus meningkat sehingga *trade off* antar jasa tersebut akan menjadi faktor penting. Adanya peningkatan jumlah permintaan terhadap produksi perikanan budidaya, perikanan tangkap dan wisata akan menyebabkan penurunan kemampuan ekosistem Waduk Koto Panjang dalam menyediakan jasa ekosistem akibat degradasi lingkungan

Kompleksitas jasa ekosistem waduk Koto Panjang, menjadikan model dinamik sebagai suatu pendekatan analisis yang diharapkan dapat menggambarkan nilai ekonomi dari jasa-jasa ekosistem tersebut. Pemodelan (*modelling*) dapat diartikan sebagai suatu perwakilan atau abstraksi dari sebuah obyek atau situasi aktual (Eriyatno 2003).

Istilah lainnya disebut tiruan model dunia nyata yang dibuat virtual (Stermann 2000). Model dinamik merupakan model yang dapat dikembangkan untuk menunjukkan perubahan over time atas penambahan dan pengurangan. Model ini juga merefleksikan perubahan melalui simulasi ataupun berdasarkan waktu real dan menghitung komponen secara konstan dengan memasukkan beberapa alternatif tindakan yang akan datang (Eriyatno 1989). Model dinamik mampu menelusuri jalur waktu dari peubah-peubah model. Model dinamik lebih sulit dan kompleks dalam pembuatannya, namun memberikan kekuatan yang lebih tinggi pada analisis dunia nyata.

2. Metode Penelitian

Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang dibutuhkan dalam model dinamik pengelolaan jasa ekosistem Waduk

Koto Panjang, terdiri atas; data primer dan data sekunder, yang bersumber dari instansi/badan dan dinas/lembaga terkait. Jenis dan sumber data, lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 1.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan metode studi literatur dan metode survei. Metode studi literatur dimaksudkan untuk mengumpulkan data sekunder. Sedangkan metode survei dilakukan dengan pendekatan observasi dan wawancara. Metode pengumpulan data lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 2.

Metode Analisis Data

Metode analisis data dilakukan dengan pendekatan *system dynamics* dengan bantuan *software (powersim)* lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1 Jenis dan sumber data

Aspek kajian	Variabel	Jenis data	Sumber data
Pemodelan	<ul style="list-style-type: none"> - Pertumbuhan penduduk - Potensi ikan (stok) - Budidaya KJA - Penangkapan ikan - Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> - Data sekunder - Data primer 	Kab.Kampar dalam Angka 2015 Dinas Perikanan Kab.Kampar Dinas Pariwisata Kab.Kampar Wawancara

Tabel 2 Metode pengumpulan data

Aspek kajian	Variabel	Jenis data	Metode pengumpulan
Pemodelan	<ul style="list-style-type: none"> - Pertumbuhan penduduk - Potensi ikan (stok) - Budidaya KJA - Penangkapan ikan - Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> - Data sekunder - Data primer 	Studi literatur Observasi dan wawancara

Tabel 3 Metode pengumpulan data model dinamik

Aspek kajian	Variabel	Metode Analisis	Output
Pemodelan	<ul style="list-style-type: none"> - Pertumbuhan penduduk - Potensi ikan (stok) - Budidaya KJA - Penangkapan ikan - Wisata 	- Sistem dinamik	<ul style="list-style-type: none"> - Simulasi produksi ikan dari kegiatan penangkapan dan budidaya KJA - Simulasi pendapatan dari jasa-jasa ekosistem - Simulasi surplus konsumen dari jasa-jasa ekosistem - Simulasi nilai ekonomi dari jasa-jasa ekosistem

3. Hasil dan Pembahasan

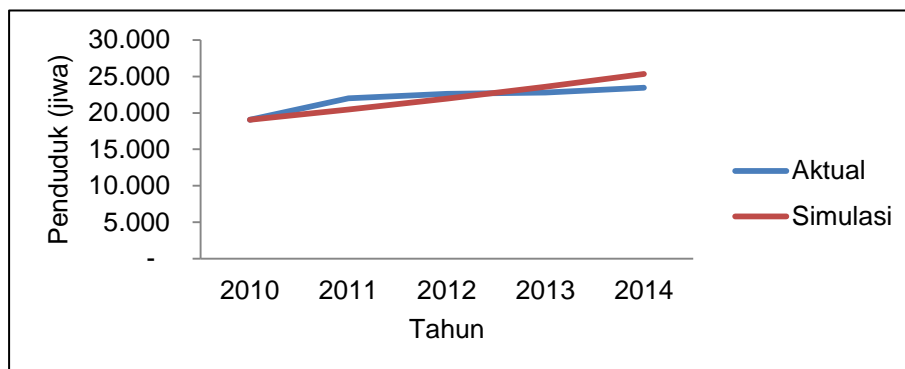
Validasi Model

Model yang baik adalah model yang merepresentasikan kondisi sebenarnya, atau model yang memiliki kemiripan dengan kondisi aktual (Muhammadi *et al.* 2001). Untuk mengetahui ketepatan model yang dikembangkan dengan kondisi aktual dilakukan pengujian validitas dari model tersebut. Uji validasi dilakukan terhadap 3 sub model utama (*main model*), yakni; sub-model pertumbuhan penduduk, sub model perkembangan KJA dan sub model produksi tangkapan ikan.

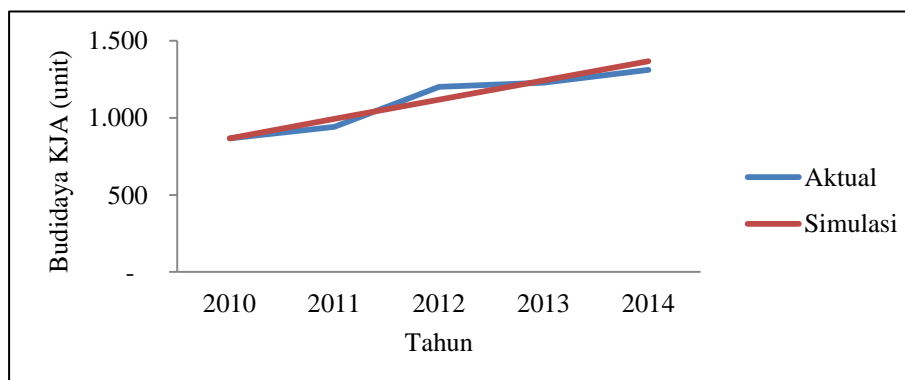
Nilai MAPE validasi sub model pertumbuhan penduduk diperoleh 0,31% yang menunjukkan nilai yang kurang dari 5%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa simulasi model pertumbuhan penduduk yang dilakukan valid dan sangat tepat sesuai dengan dunia nyatanya. Morecroft (2007) menyebutkan bahwa nilai MAPE <5%, maka suatu model dapat diklasifikasi sangat tepat menggambarkan kondisi sesungguhnya. Hal tersebut juga tampak pada grafik antara data aktual dan data hasil simulasi model dalam kurun waktu tahun 2010 hingga 2014. Secara grafik seperti pada Gambar 1.

Nilai MAPE validasi sub model perkembangan KJA diperoleh 0,77% yang menunjukkan nilai yang kurang dari 5%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa simulasi model perkembangan KJA yang dilakukan valid dan sangat tepat sesuai dengan dunia nyatanya. Morecroft (2007) menyebutkan bahwa nilai MAPE <5%, maka suatu model dapat diklasifikasi sangat tepat menggambarkan kondisi sesungguhnya. Hal tersebut juga tampak pada grafik antara data aktual dan data hasil simulasi model dalam kurun waktu tahun 2010 hingga 2014. Secara grafik seperti pada Gambar 2.

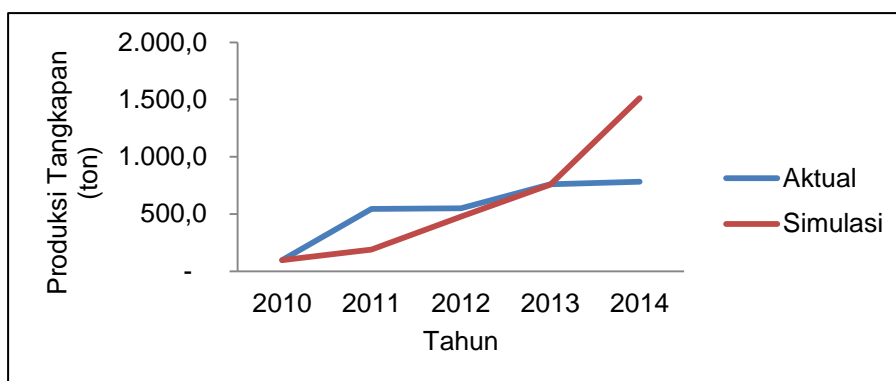
Nilai MAPE validasi sub model produksi tangkapan ikan diperoleh 3,00% yang menunjukkan nilai yang kurang dari 5%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa simulasi model produksi tangkapan ikan yang dilakukan valid dan sangat tepat sesuai dengan dunia nyatanya. Morecroft (2007) menyebutkan bahwa nilai MAPE <5%, maka suatu model dapat diklasifikasi sangat tepat menggambarkan kondisi sesungguhnya. Hal tersebut juga tampak pada grafik antara data aktual dan data hasil simulasi model dalam kurun waktu tahun 2010 hingga 2014. Secara grafik seperti pada Gambar 3.



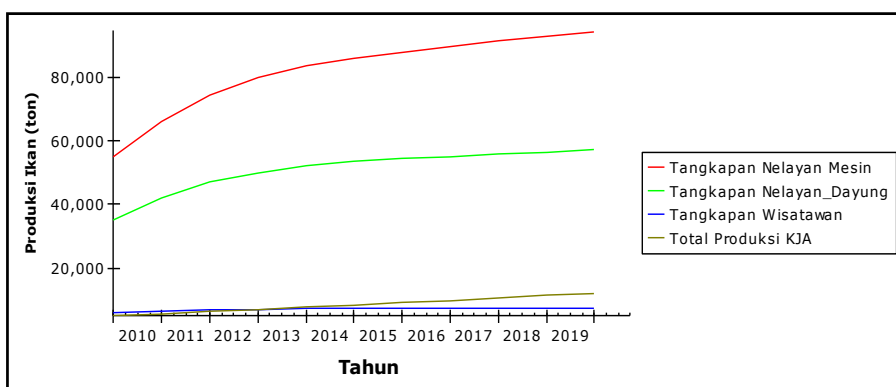
Gambar 1. Grafik validasi sub model pertumbuhan penduduk



Gambar 2. Grafik validasi sub model perkembangan KJA



Gambar 3. Grafik validasi sub model produksi tangkapan ikan



Gambar 4. Grafik simulasi model produksi ikan (hasil tangkapan dan budidaya KJA)

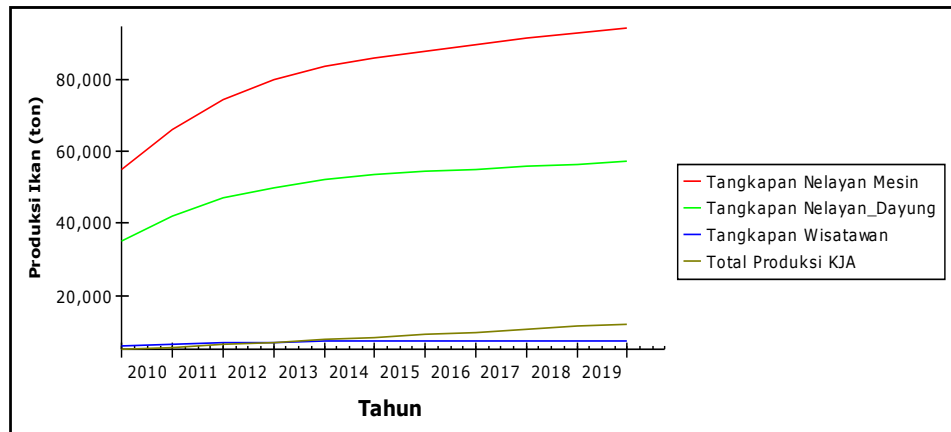
Simulasi Model

Simulasi model dilakukan dalam kurun waktu tahun 2010 hingga 2020. Simulasi tersebut meliputi; produksi ikan, pendapatan, surplus konsumen dan nilai ekonomi. Simulasi dimaksudkan untuk memberikan gambaran secara temporal seiring terjadinya pertambahan dan pengurangan dalam suatu mode.

Model produksi ikan digambarkan dari empat komponen utama yakni; produksi tangkapan nelayan mesin, produksi tangkapan nelayan dayung, produksi tangkapan wisatawan dan produksi budidaya KJA. Hasil

simulasi dalam kurun waktu tahun 2010 hingga 2020 terlihat pada Gambar 4.

Hasil analisis menunjukkan bahwa model produksi tangkapan nelayan, baik nelayan mesin maupun nelayan dayung mengalami peningkatan sampai batas daya dukung. Sedang model produksi budidaya KJA relatif datar, tetapi tetap meningkat sampai batas daya dukung. Kondisi berbeda terjadi pada model produksi tangkapan wisatawan dimana karena jumlah tangkapan yang relatif kecil yakni 0,5 kg per orang per trip menyebabkan rendahnya nilai produksi ikan yang dihasilkan.



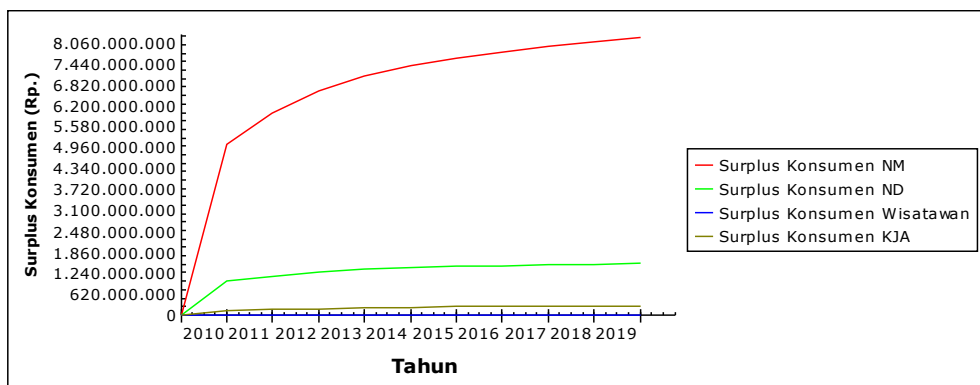
Gambar 5. Grafik simulasi model pendapatan

Simulasi model pendapatan didasarkan pada model produksi ikan. Hasil simulasi dalam kurun waktu tahun 2010 hingga 2020 terlihat pada Gambar 5. Hasil menunjukkan bahwa diawal tahun simulasi terjadi peningkatan yang cukup signifikan khususnya dari tahun 2010 ke tahun 2011, namun setelahnya terjadi pelambatan dalam peningkatan pendapatan untuk semua komponen kegiatan. Kondisi tersebut terjadi hingga tahun 2017 dan setelah itu tetap.

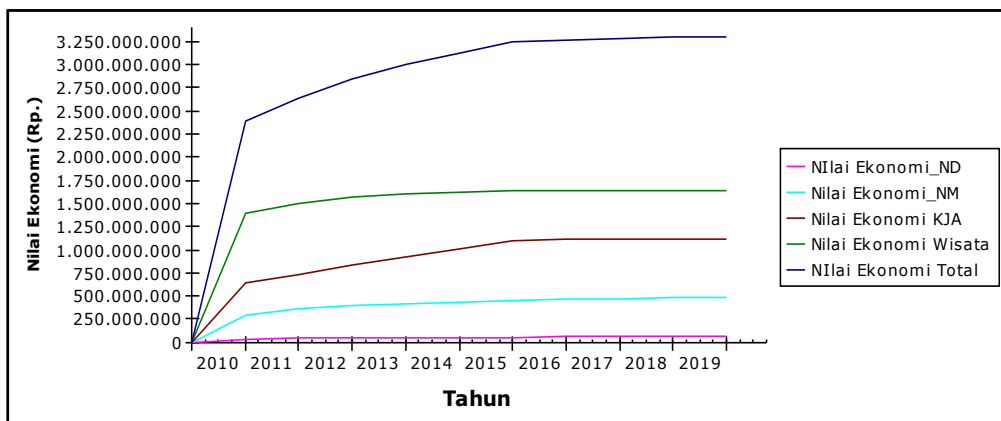
Model surplus konsumen merupakan simulasi model yang didasarkan pada pendapatan yang memungkinkan dapat diperoleh dari kegiatan produksi ikan, baik kegiatan penangkapan ikan maupun kegiatan budidaya ikan di KJA. Perilaku model surplus konsumen umumnya mengikuti model pendapatan. Surplus konsumen merupakan kelebihan atau perbedaan antara kepuasan total (*total utility*) yang dinikmati konsumen dari

mengkonsumsikan sejumlah barang tertentu dengan pengorbanan totalnya untuk memperoleh atau mengonsumsi jumlah barang tersebut (Boediono 1999). Sedang menurut Mankiw and Gregory (2003) bahwa surplus konsumen adalah kerelaan pembeli untuk membayar dikurangi dengan jumlah yang sebenarnya dibeli pembeli. Hasil simulasi dalam kurun waktu tahun 2010 hingga 2020 terlihat pada Gambar 6.

Hasil simulasi model surplus konsumen menunjukkan bahwa diawal tahun simulasi terjadi peningkatan yang cukup signifikan khususnya dari tahun 2010 ke tahun 2017, namun setelahnya terjadi pelambatan menjadi tetap. Model nilai ekonomi merupakan simulasi model yang didasarkan pada surplus konsumen yang berpotensi diterima dari pemanfaatan jasa-jasa ekosistem Waduk Koto Panjang.



Gambar 6. Grafik simulasi model surplus konsumen



Gambar 7. Grafik simulasi model nilai ekonomi

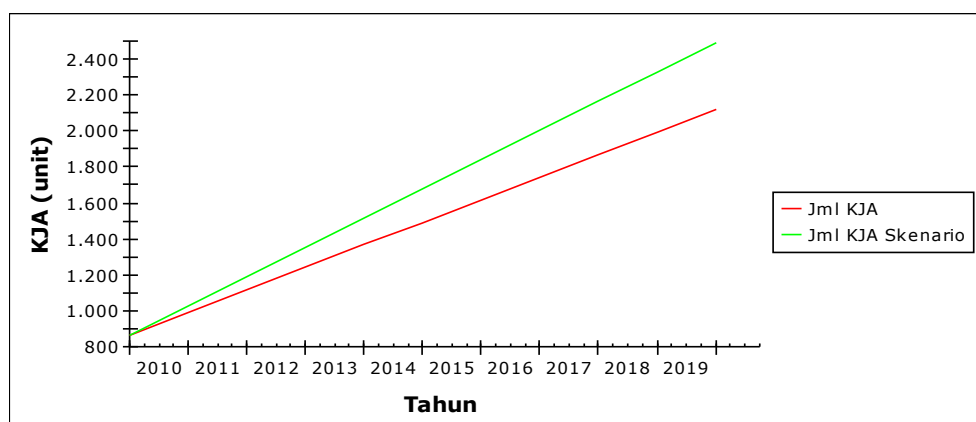
Hasil simulasi model nilai ekonomi menunjukkan bahwa diawal tahun simulasi yakni tahun 2010 hingga tahun 2012 nilai ekonomi yang diperoleh dari kegiatan pemanfaatan jasa-jasa ekosistem Waduk Koto Panjang masih relatif rendah, namun pada tahun 2012 nilai ekonomi pemanfaatan jasa-jasa ekosistem mengalami peningkatan yang signifikan, tetapi selanjutnya melambat dan menjadi tetap. Grafik simulasi juga menunjukkan bahwa nilai ekonomi total yang dapat diterima dari pemanfaatan jasa-jasa ekosistem Waduk Koto Panjang adalah Rp.3,3 milyar. Hasil simulasi dalam kurun waktu tahun 2010 hingga 2020 terlihat pada Gambar 7.

Skenario Model

Skenario model dimaksudkan untuk melihat perubahan kenaikan ataupun penurunan nilai ekonomi dari jasa-jasa ekosistem Waduk Koto Panjang. Perubahan nilai ekonomi tersebut akan sangat membantu dalam optimalisasi potensi khususnya jasa-jasa ekosistem Waduk Koto Panjang. Skenario

dilakukan dalam dua hal yakni peningkatan jumlah budidaya KJA dan peningkatan jumlah wisatawan. Peningkatan tersebut dimaksudkan untuk melihat perubahan signifikan terhadap nilai ekonomi yang dapat diterima dari pemanfaatan jasa-jasa ekosistem Waduk Koto Panjang. Peningkatan jumlah budidaya KJA diskenariokan meningkat 30 % yakni fraksi pertumbuhan KJA sebelumnya adalah 1,25% dinaikkan menjadi 1,625%. Sedang jumlah wisatawan dinaikkan jumlahnya sebesar 100%, sehingga totalnya menjadi 26.280 orang.

Peningkatan jumlah KJA dan jumlah wisatawan yang menangkap ikan memungkinkan dilakukan mengingat daya tampung limbah di waduk yang relatif masih sangat besar, bila dibandingkan dengan total limbah yang ada saat ini. Peningkatan jumlah KJA dengan menaikkan fraksi pertumbuhannya menjadi 1,625%, akan terbentuk 2.492 unit KJA pada tahun 2020, dengan kenaikan jumlah pembudidaya menjadi 88 orang. Lebih rinci seperti pada Gambar 8.

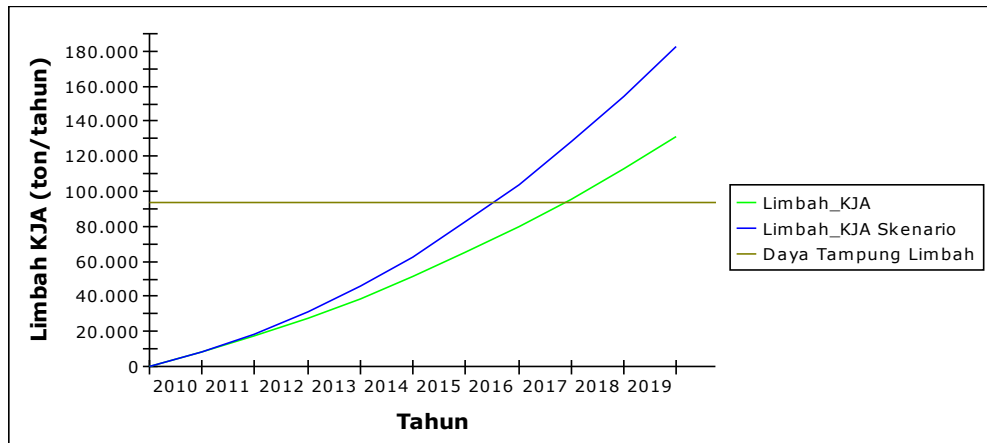


Gambar 9. Grafik simulasi skenario model perkembangan KJA (peningkatan unit KJA)

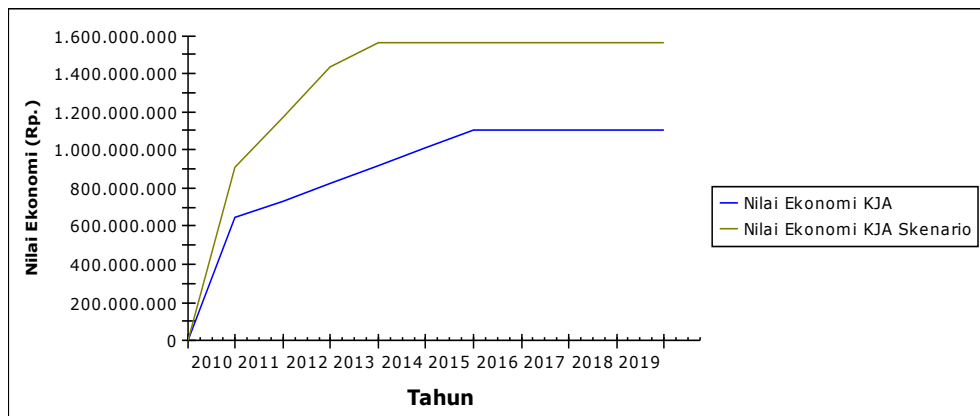
Berdasarkan Gambar 9, tampak bahwa perkembangan unit KJA dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang signifikan. Namun demikian peningkatan unit KJA tersebut akan memberikan dampak berupa peningkatan limbah dari kegiatan KJA di dalam waduk. Grafik peningkatan limbah dari kegiatan KJA sebelum dan setelah skenario seperti pada Gambar 10.

Peningkatan jumlah KJA tersebut akan meningkatkan limbah di waduk pada tahun

2020 sebesar 39,35% atau meningkat menjadi 183.005,44 ton dari 131.328,45 ton sebelum skenario dilakukan. Kenaikan limbah KJA sudah melewati daya tampung limbah 95.179,82 ton pada tahun 2019 sedang berdasarkan skenario sudah melewati daya tampung pada tahun 2017. Disisi lain, peningkatan unit KJA tersebut, akan memberikan peningkatan nilai ekonomi kegiatan KJA. Grafik pertambahan nilai ekonomi KJA disajikan pada Gambar 11.



Gambar 10. Grafik simulasi skenario model perkembangan KJA (peningkatan nilai ekonomi)

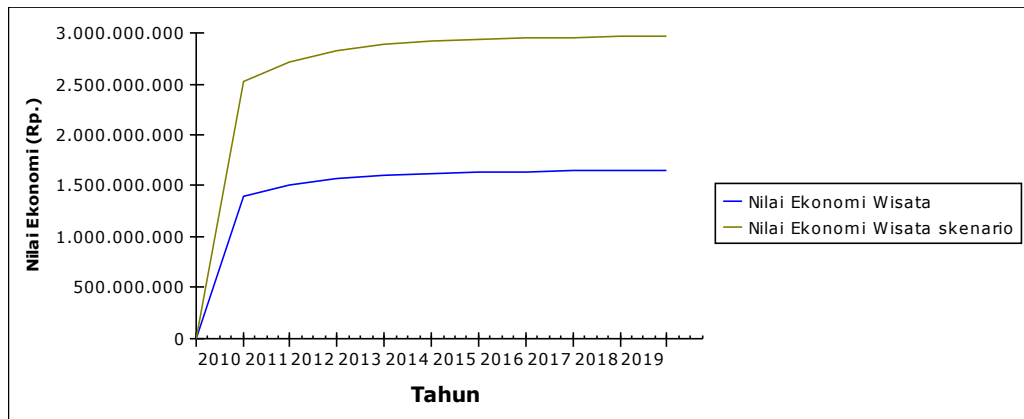


Gambar 11. Grafik simulasi skenario model perkembangan KJA (peningkatan nilai ekonomi)

Grafik simulasi peningkatan nilai ekonomi KJA mengalami peningkatan dari tahun 2010 sampai 2016 selanjutnya nilai ekonomi menjadi tetap. Pada tahun 2020 nilai ekonomi KJA akan diperoleh sebesar Rp.1,56 milyar dari sebelumnya Rp.908 juta atau meningkat sebanyak 71,8%.

Skenario yang juga dilakukan adalah meningkatkan nilai ekonomi kegiatan wisata.

Skenario dilakukan dengan menaikkan jumlah wisatawan yang potensial sebesar 100% dari jumlah sebelumnya 13.140 orang menjadi 26.280 orang wisatawan. Secara grafik penambahan tersebut akan meningkatkan nilai ekonomi potensial kegiatan wisata. Lebih rinci seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik simulasi skenario model peningkatan wisatawan (peningkatan nilai ekonomi)

Hasil simulasi model skenario seperti pada Gambar 12 diatas, menunjukkan peningkatan nilai tambah yang signifikan. Hal tersebut tampak bahwa pada tahun 2020 nilai ekonomi wisata akan meningkat menjadi 2,9 milyar rupiah dari sebelumnya 2,2 juta rupiah atau meningkat sebesar 1.344%.

4. Kesimpulan

Model dinamik pengelolaan jasa-jasa ekosistem Waduk Koto Panjang berdasarkan daya dukung, diperoleh bahwa grafik pertumbuhan nilai ekonomi akan mencapai puncaknya pada nilai Rp.3,3 milyar. Nilai ekonomi tersebut merupakan nilai ekonomi total dari empat kegiatan utama pemanfaatan jasa-jasa ekosistem Waduk Koto Panjang, yakni; budidaya KJA sebesar Rp.1,1 milyar, wisata sebesar Rp.1,6 milyar penangkapan ikan oleh nelayan perahu dayung sebesar Rp.60 juta dan penangkapan ikan oleh nelayan perahu mesin sebesar Rp.489 juta. Model skenario yang dikembangkan dengan meningkatkan pertumbuhan KJA sebesar 30% dan wisatawan 100%, berhasil meningkatkan nilai ekonomi total sebesar Rp.5,08 milyar dari sebelumnya yang hanya sekitar Rp.3,3 milyar atau meningkat sekitar 53,95%. Kenaikan nilai ekonomi tersebut diperoleh dari peningkatan nilai ekonomi kegiatan KJA sebesar Rp.1,56 milyar dan peningkatan nilai ekonomi kegiatan wisata sebesar Rp.2,9 milyar.

Daftar Pustaka

- Boediono. 1999. Teori Pertumbuhan Ekonomi, Yogyakarta: BPFE.
- Costanza, R., Kubiszewski, I., Ervin, D., Bluffstone R, Boyd J, Brown D, Chang H, Dujon, V., Granek, E., Polasky, S. 2011. Valuing ecological systems and services. *F1000*

Biology Reports. USA: Portland State University.

- De Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J., 2002. A Typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, Goods and Services. *Ecological Economics* 41: 393–408.
- Eriyatno, E 2003. Ilmu Sistem: Meningkatkan Mutu dan Efektivitas Manajemen. Jilid I Edisi Ketiga. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Eriyatno, E. 1989. Application of Systems Analysis and Modelling to Aquatic Source Management. Training Course Aquatic Ecosystem and Their Fisheries Resource Management, Bogor, June 13 . July 19, 1989. SEAMEO-BIOTROP, Bogor.
- Hartrisari. 2007. Sistem Dinamik: Konsep Sistem Untuk Industri Dan Lingkungan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Mankiw, N., Gregory. 2003. Teori Makro Ekonomi. Jakarta: Erlanga.
- [MEA] Millennium Ecosystem Assessment. 2003. Ecosystems and human well-being: A framework for assessment. Island Press, Washington, D.C.
- Morecroft, J.D.W. 2007. Strategic Modeling and Business Dynamics: a FeedbackSystem Approach. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Muhammadi, E., Aminullah., Soesilo, B. 2001. Analisis Sistem Dinamik: Lingkungan Hidup Sosial, Ekonomi, Manajemen. Jakarta: UMJ Press.
- Sterman, J.D. 2000. Business Dynamics : System Thinking and Modeling for a

Complex World. Boston : Irwin McGraw-Hill.

Tasrif, M. 2007. Analisis Kebijakan Menggunakan Model System Dynamics (Buku 2; Modul Kuliah/Kursus), Program Magister Studi Pembangunan-SAPPK ITB, Bandung.

[TEEB] The Economics of Ecosystems and Biodiversity. 2010. Mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, Conclusions and Recommendations of TEEB.