

ANALISIS KEBERLANJUTAN PEMBANGUNAN PULAU-PULAU KECIL: PENDEKATAN MODEL EKOLOGI-EKONOMI¹

(Analysis of Small Islands Development Sustainability:
An Ecology-Economical Model Approach)

Setyo Budi Susilo²

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menilai keberlanjutan pembangunan pulau-pulau kecil dengan menggunakan sebuah model ekologi-ekonomis, dimana Kabupaten Kepulauan Seribu, DKI Jakarta, dipilih sebagai sebuah studi kasus pada tahun 2002. Sebuah model dinamika sistem dengan dua peubah status akumulasi, yaitu stok ikan laut sebagai peubah ekologis dan jumlah nelayan sebagai peubah ekonomis digunakan untuk analisis. Hasil penelitian memperlihatkan tidak adanya keseimbangan antara jumlah nelayan dan besarnya stok ikan yang tersedia. Terlalu banyak nelayan mengeksploitasi stok ikan yang terbatas. Hal ini mengindikasikan bahwa pembangunan pulau-pulau kecil di kabupaten ini masih belum berkelanjutan.

Kata kunci: model ekologi-ekonomis, pembangunan berkelanjutan, pulau-pulau kecil.

ABSTRACT

The study is aimed to assess the sustainability of small islands development using an ecology-economical model, where the Regency of Kepulauan Seribu, DKI Jakarta, was taken as a place for a case study, in the periode of 2002. A system dynamic model with two state variables, i. e. marine fish stock as an ecological variable and the number of fishermen as an economical variable were used for analysis. The results showed that there wasn't balance between the number of fishermen and the available fish stock. Too many fishermen exploits the existing fish stock. This indicates that the developments of small islands in the regency is still not sustainable yet.

Keywords: ecology - economical model, sustainable development, small islands.

PENDAHULUAN

Sebagaimana telah disebutkan oleh Susilo (2005) bahwa pulau kecil merupakan salah satu aset kelautan Indonesia yang sangat penting bukan saja dari aspek sumberdaya alam tetapi juga dari aspek jasa lingkungan dan nilai politiknya. Oleh karena itu pulau-pulau kecil harus dibangun berdasarkan konsep pembangunan yang berkelanjutan. Ia juga menyebutkan bahwa permasalahan yang dihadapi di dalam pembangunan pulau-pulau kecil berkelanjutan di Indonesia adalah bahwa sampai saat ini belum ada metode yang disepakati bersama untuk menilai keberlanjutan pembangunan yang dapat mencakup berbagai dimensi pembangunan tersebut secara terpadu. Mengingat hal tersebut berbagai metode dan model pembangunan ber-

kelanjutan perlu dieksplorasi sehingga tersedia berbagai alternatif alat untuk menilai keberlanjutan pembangunan pulau-pulau kecil.

Pembangunan berkelanjutan merupakan sebuah proses perubahan dari berbagai atribut pembangunan yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan pembangunan yaitu adanya keseimbangan antara manfaat social-ekonomi dan kelestarian sumberdaya alam. Penilaian keberlanjutan pembangunan dapat dilakukan pada tahap "proses" maupun pada tahap hasil capaian "outcome". Susilo (2005) telah memaparkan salah satu metode penilaian keberlanjutan pembangunan pulau-pulau kecil pada tahap "proses", dan tulisan ini bertujuan untuk menganalisis salah satu metode penilaian keberlanjutan pembangunan pulau-pulau kecil pada tahap hasil capaian pembangunan. Tujuan dari penelitian ini adalah menilai keberlanjutan pembangunan pulau-pulau kecil di Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, DKI Jakarta, melalui analisis keseimbangan ekonomi-ekologis.

¹ Diterima 20 November 2006 / Disetujui 9 Februari 2007.

² Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

METODOLOGI

Sebagaimana telah di jelaskan di atas, penilaian keberlanjutan pembangunan pulau-pulau kecil dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu penilaian seluruh atribut pembangunan dan penilaian keseimbangan antara manfaat sosial ekonomi dan kelestarian sumberdaya alam dan lingkungan atau yang dikenal sebagai model ekonomi-ekologis (atau ekologi-ekonomis). Salah satu sumberdaya alam di lingkungan pulau-pulau kecil adalah sumberdaya ikan laut yang dimanfaatkan oleh nelayan setempat sebagai sumber kegiatan ekonomi masyarakat setempat.

Pendekatan penilaian terhadap tujuan pembangunan pulau-pulau kecil berkelanjutan adalah menilai seberapa jauh telah terjadi keseimbangan antara manfaat sosial-ekonomi dengan kelestarian sumberdaya alam dan lingkungan. Pendekatan ini dikenal sebagai model ekonomi-ekologis atau model bioekonomi (Clark, 1985; Conrad dan Clark, 1989; Brown dan Roughgarden, 1997).

Penelitian dilakukan pada tahun 2002 di Kabupaten Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan nelayan setempat maupun dari literatur/laporan yang terkait.

Kerangka Model Dinamik

Model ekonomi-ekologis yang digunakan di dalam penelitian ini menggunakan peubah stok ikan sebagai peubah kunci sumberdaya alam (peubah ekologis) dan peubah tenaga kerja (nelayan) sebagai peubah kunci ekonomi. Analisis model ekonomi-ekologis didasarkan atas dinamika dan keseimbangan dua peubah tersebut. Dinamika stok ikan dirumuskan berdasarkan model pertumbuhan Schaefer dan dinamika tenaga kerja dirumuskan berdasarkan asumsi model perikanan "open access" (Clark, 1985).

Model ini pada prinsipnya didasarkan pada model perikanan "open access" yang dikembangkan Smith pada tahun 1969 (Clark, 1985). Jika penghasilan (*revenue*), π , pada suatu saat positif maka upaya penangkapan ikan dalam satuan jumlah tenaga kerja, L , akan meningkat dan sebaliknya. Secara matematis hal ini dapat dimodelkan secara sederhana sebagai berikut:

$$\frac{dL}{dt} = k\pi \quad (1)$$

k adalah konstanta *adjustment* tenaga kerja.

Penghasilan (π) dapat dirumuskan sebagai:

$$\pi = Yp - cL \quad (2)$$

Y adalah hasil biomas tangkapan, p adalah harga jual per satuan hasil tangkapan, dan c adalah biaya upaya penangkapan per tenaga kerja.

Pada persamaan (2), tenaga kerja nelayan pemilik (L) sebenarnya mewakili upaya penangkapan (*effort*, E). Persamaan (1) dan persamaan (2) mewakili model ekonomis.

Sementara itu dinamika sumberdaya ikan dimodelkan sebagai:

$$\frac{dX}{dt} = rX \left(1 - \frac{X}{K} \right) - Y \quad (3)$$

Persamaan (3) ini mewakili model ekologis. Menurut Gulland (1983), $Y=qLX$. Oleh karena itu apabila dinamika sumberdaya ikan dan dinamika tenaga kerja tersebut digabungkan maka terdapat dua persamaan dinamis yang saling terkait, yaitu:

$$\frac{dX}{dt} = rX \left(1 - \frac{X}{K} \right) - qLX \quad (4)$$

dan

$$\frac{dL}{dt} = k(pqX - c)L \quad (5)$$

k adalah elastisitas tenaga kerja, p adalah harga jual per satuan produksi panen, c adalah biaya per tenaga kerja, r adalah tingkat pertumbuhan biomas "intrinsic", K adalah daya dukung lingkungan, q adalah tingkat kemudahan tertangkapnya ikan (*catchability*), X adalah besarnya stok ikan (*kg*), dan L adalah jumlah tenaga kerja (orang-hari).

Pada persamaan (4) dan persamaan (5) terlihat hubungan saling terkait antara peubah ekologis (X) dengan peubah ekonomis (L). Pada persamaan (4) terlihat bahwa dinamika peubah X dipengaruhi oleh peubah L , dan sebaliknya pada persamaan (5) terlihat bahwa dinamika peubah L dipengaruhi oleh peubah X . Intinya adalah bahwa kenaikan L akan dapat menurunkan X dan sebaliknya penurunan X pada akhirnya dapat menurunkan L . Pemanfaatan yang berkelanjutan dicapai pada titik keseimbangan antara X dan L .

Pembangunan berkelanjutan berdasarkan model ekonomi ekologi ini dicapai jika besarnya stok ikan dan jumlah tenaga kerja yang memanfaatkan stok ikan tersebut berada pada satu titik keseimbangan yang stabil (*stable node*). Titik keseimbangan yang stabil dicapai pada saat $\frac{dX}{dt} = \frac{dL}{dt} = 0$ dan memiliki akar ciri yang negatif (Fauzi dan Anna, 2005).

Secara matematis, melalui teknik linearisasi, titik keseimbangan yang stabil tersebut dapat ditemukan, yaitu pada $\left[\frac{c}{pq}, \frac{r}{q} \left(1 - \frac{c}{pqK} \right) \right]$. Namun demikian dengan bantuan sebuah perangkat lunak analisis sistem, titik keseimbangan tersebut juga dapat ditemukan.

Pendugaan Parameter

Parameter yang terdapat pada persamaan (4) dan (5) diduga dari wawancara di lapangan dan literatur. Metode pendugaan parameter tersebut adalah seperti diuraikan berikut.

Nilai daya dukung lingkungan (K) diduga melalui asumsi bahwa nilai ini merupakan nilai produktivitas pakan ikan alami yang tersedia di perairan, dalam hal ini adalah produktivitas primer. Didalam model ini produksi primer menjadi pembatas daya dukung biomas ikan yang dimodelkan dalam bentuk “ikan 1” (“ikan” pemakan plankton), “ikan 2” (“ikan” herbivora fitoplankton), dan “ikan 3” (“ikan” karnivora). Jumlah biomas ikan yang dapat didukung oleh lingkungan ditentukan oleh produksi primer sebagai makanan paling bawah dan rerata efisiensi ekologis (Parsons, *et al.*, 1984). Berdasarkan hal ini maka secara umum daya dukung lingkungan dirumuskan sebagai produktivitas daging pada ikan dengan jenjang makanan ke- n :

$$P_n = P_1 E^{n-1} \quad (6)$$

P_n adalah produktivitas pada jenjang makanan (*trophic level*) ke- n ; P_1 adalah produktivitas primer ($n=1$); n adalah jenjang makanan; E adalah efisiensi ekologis rata-rata.

Produksi primer diasumsikan akan hilang dengan faktor 0.015 (Nakata, 1993) terutama akibat tenggelam (*sinking*), sehingga fraksi produksi primer yang dapat dimanfaatkan oleh organisme “*trophic level*” di atasnya adalah sebesar 0.985. Produksi primer yang akan mengalir

(dimanfaatkan) oleh zooplankton diasumsikan 50% dari yang tersedia, oleh ikan omnivora (“ikan 1”) sebesar 25%, dan oleh ikan herbivora (“ikan 2”) sebesar 25%. Ikan karnivora (“ikan 3”) diasumsikan hanya memangsa “ikan 1” dan “ikan 2”. Akhirnya daya dukung lingkungan dihitung dari biomas ikan (ikan 1, ikan 2, dan ikan 3) yang telah dikonversi dari berat karbon ke berat daging ikan dengan faktor konversi 0.003 (Nakata, 1993).

Penelitian mengenai efisiensi ekologis masih jarang sehingga tidak tersedia cukup data yang lebih rinci. Parsons *et al.* (1984) menyebutkan bahwa secara rata-rata perairan “*oceanic*” mempunyai efisiensi ekologis sebesar 10%, perairan “*continental shelf*” sebesar 15%, dan daerah “*upwelling*” sebesar 20%. Perairan Kepulauan Seribu lebih mirip dengan perairan “*continental shelf*” tetapi mempunyai ekosistem terumbu karang, suatu ekosistem yang sangat produktif dan efisien, yang sangat luas. Oleh karena itu dugaan efisiensi ekologis yang digunakan didalam penelitian ini adalah 20%.

Produksi primer diduga dari konsentrasi klorofil melalui persamaan hubungan antara keduanya (Susilo, 1999). Hubungan antara produktivitas primer dan konsentrasi klorofil-a adalah:

$$P = 0.046 + 0.0107C \quad (7)$$

P adalah produktivitas primer ($g\ C/m^3/jam$), C adalah konsentrasi klorofil-a ($\mu g/l$), R adalah koefisien korelasi.

Pendugaan produksi primer dimulai dengan menduga volume air produktif yang ada di lokasi penelitian, yaitu perkalian antara luas perairan dengan kedalaman produktif. Luas perairan Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu secara total sekitar $7\ 000\ km^2$ (Dinas Perikanan DKI Jakarta, 2001; BPS DKI Jakarta, 2000). Dengan demikian angka ini akan digunakan sebagai dugaan parameter luas perairan Kepulauan Seribu.

Kedalaman produktif sebenarnya adalah kolom air hingga kedalaman kompensasi. Kedalaman kompensasi adalah sekitar 4.6 kali kedalaman atenuasi. Kedalaman atenuasi adalah sekitar kedalaman *Secchi disc* (biasanya disebut sebagai kecerahan) dibagi dengan 1.7 (Parsons *et al.*, 1984). Dengan demikian kedalaman kompensasi adalah sekitar 2.7 kali kecerahan. Kedalaman produktif ini diperlukan untuk meng-

hitung volume air yang produktif. Namun demikian mengingat perairan Kepulauan Seribu banyak yang dangkal, jika nilai 2.7 kali kecerahan ini digunakan maka dugaan volume air yang produktif akan melebihi yang sebenarnya (*over estimate*). Oleh karena itu kedalaman produktif hanya akan menggunakan nilai 2 kali kedalaman *Secchi disc* (kecerahan) sebagai rata-rata.

Pada bulan Juni 2002 penulis melakukan pengukuran kecerahan air di 24 titik yang tersebar di berbagai pulau di Kepulauan Seribu dan mendapatkan data rata-rata kecerahan adalah 9.52 m. Sementara itu kecerahan air yang pernah diteliti oleh Dinas Perikanan DKI (1998) di 10 titik di perairan ini mendapatkan rata-rata hanya 5 m. Oleh karena itu dugaan rata-rata kecerahan air adalah 8 m, dan dengan demikian dugaan kedalaman produktif adalah sebesar 16 m.

Pengukuran konsentrasi klorofil permukaan pada bulan Juni 2002 di 24 titik di Kepulauan Seribu mempunyai rata-rata 0.15 mg/m³. Berdasarkan Susilo (1999) hubungan antara konsentrasi klorofil permukaan dengan konsentrasi klorofil kolom air hingga kedalaman 15 m adalah $C_w = 1.1171 + 3.0615 C_s$; dimana C_w adalah konsentrasi klorofil kolom air dan C_s adalah konsentrasi klorofil permukaan. Dengan rumus tersebut maka dugaan rata-rata konsentrasi klorofil di Kepulauan Seribu adalah 1.58 mg/m³. Berdasarkan data di atas dan dengan menggunakan persamaan (7) maka secara sederhana dapat dihitung produksi primer perairan laut Kepulauan Seribu dalam waktu satu tahun.

Fauzi dan Anna (2002) menduga tingkat pertumbuhan populasi ikan-ikan pelagis di Pantai Utara Jawa (Pantura) sebesar 1.43157. Sementara itu Susilo (2002) menduga tingkat pertumbuhan populasi ikan tongkol di Teluk Pelabuhan Ratu sebesar 1.855. Oleh karena itu tingkat pertumbuhan intrinsik populasi ikan di Kepulauan Seribu diduga dari rata-rata kedua nilai tersebut, yaitu 1.64.

Nilai peluang tertangkapnya ikan (*catchability*) juga diduga dengan cara yang sama. Fauzi dan Anna (2002) menduga nilai *catchability* (q) ikan pelagis di Pantura sebesar 0.000005. Nilai ini akan digunakan sebagai dugaan nilai q dalam tulisan ini.

Berdasarkan hasil wawancara di lapangan diperoleh informasi bahwa secara rata-rata biaya operasi per tenaga kerja (nelayan) per hari

adalah Rp. 25.000,-. Angka ini kemudian digunakan sebagai biaya per tenaga kerja didalam model. Sementara itu data BPS DKI Jakarta (2000) memperlihatkan bahwa harga rata-rata ikan per kg adalah Rp. 5.881,-.

Konstanta "*adjustment*" tenaga kerja dimaksudkan sebagai faktor atau konstanta respons tenaga kerja terhadap perubahan keuntungan. Faktor ini (k) merupakan "*slope*" hubungan antara keuntungan dengan perubahan jumlah tenaga kerja atau elastisitas tenaga kerja. Fauzi dan Anna (2002) mencantumkan data *effort* dan *present value rente* (dalam juta rupiah) didalam analisisnya mengenai stok ikan pelagis di Pantura. Data tersebut digunakan sebagai dasar pendugaan nilai k . Berdasarkan data tersebut maka nilai dugaan k adalah 0.00014628 yang berarti bahwa setiap kenaikan keuntungan (dalam bentuk *present value rente*) satu juta rupiah akan meningkatkan upaya (hari melaut) sebesar 146.28 hari. Fauzi dan Anna (2002) menggunakan satuan hari melaut sebagai satuan upaya penangkapan, sedangkan didalam kajian ini akan digunakan jumlah tenaga kerja (nelayan) sebagai satuan upaya penangkapan. Jika nelayan yang dikaji adalah nelayan yang melakukan operasi penangkapan "satu hari kembali" (*one day fishing*) maka kiranya satuan hari dengan satuan tenaga kerja menjadi tidak berbeda. Namun demikian dengan pertimbangan nilai q yang relatif kecil padahal stok ikan (sumberdaya alam) tidak terlalu besar maka dalam kajian ini akan digunakan nilai dugaan k (elastisitas tenaga kerja) sebesar 0.000001.

Melalui proses pendugaan tersebut maka nilai parameter model ekonomi-ekologi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Sementara itu model ekonomi-ekologi tersebut diterjemahkan ke dalam model konseptual sebagaimana terlihat pada Gambar 1.

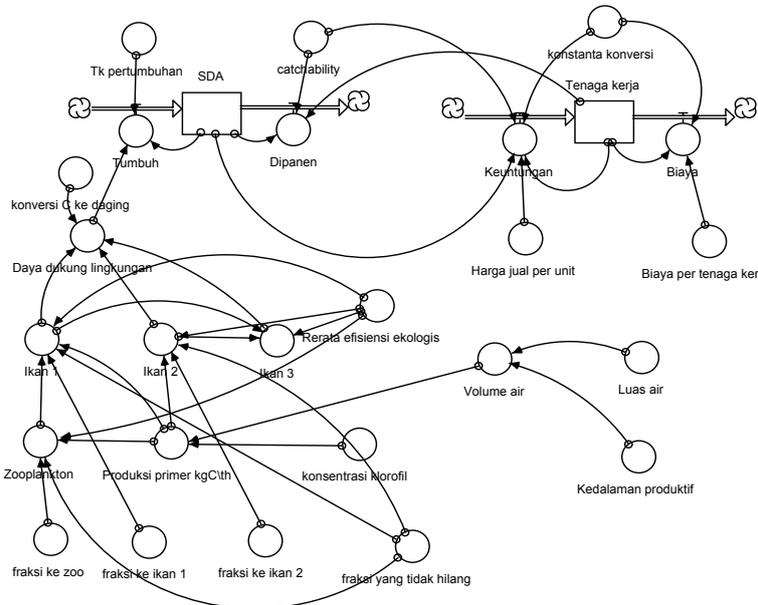
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis model ekonomi-ekologis menunjukkan bahwa jumlah tenaga kerja yang mengeksploitasi sumberdaya alam di seluruh Kabupaten Kepulauan Seribu terlalu banyak dibanding stok ikan yang ada. Kondisi ini akan menyebabkan ketidakseimbangan sistem dinamika ekonomi-ekologis (Gambar 2).

Pada Gambar 2 terlihat bahwa dengan tenaga kerja saat ini, yaitu sebesar 500 000 orang-

hari, stok ikan sebesar 3 000 000 kg dan rasio c/p (rasio antara biaya per tenaga kerja dan harga jual ikan) sebesar 4.25 maka sumberdaya alam akan “collapse” pada tahun pertama. Tiga peubah tersebut sangat menentukan sistem keseimbangan ekonomi-ekologis. Sistem tersebut akan

seimbang jika jumlah tenaga kerja atau rasio c/p diturunkan. Analisis ini menunjukkan bahwa apabila jumlah tenaga kerja diturunkan menjadi 397 000 orang-hari maka sistem ekonomi-ekologis mengarah ke keseimbangan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 1. Model Konseptual dari Sistem Dinamis Ekonomi-Ekologis.

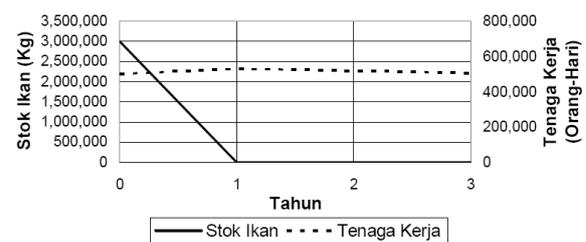
Tabel 1. Nilai Dugaan Parameter pada Model Ekonomi-ekologis.

No.	Nama Parameter	Nilai dugaan
1	Luas air (m^2)	7 000 000 000
2	Kedalaman produktif (m)	16
3	Konsentrasi klorofil (mg/m^3)	1.58
4	Efisiensi ekologis	0.20
5	Tingkat pertumbuhan biomas populasi	1.64
6	Catchability	0.000005
7	Konstanta <i>adjustment</i> /elastisitas tenaga kerja	0.000001
8	Fraksi produksi primer yang tidak hilang	0.985
9	Fraksi produksi primer yang ke zooplankton	0.50
10	Fraksi produksi primer ke “ikan omnivora”	0.25
11	Fraksi produksi primer ke “ikan herbivora”	0.25
12	Konversi berat karbon ke berat daging ikan	0.003
13	Rata-rata biaya operasi per tenaga kerja (nelayan) per hari	25 000
14	harga rata-rata ikan per kg	5 881

Keterangan: Diolah dari berbagai sumber.

Jumlah tenaga kerja juga mempengaruhi waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai titik keseimbangan yang stabil. Gambar 5 memperlihatkan bahwa dengan kondisi rasio c/p dan besarnya stok ikan yang ada maka waktu yang tercepat untuk mencapai titik keseimbangan yang

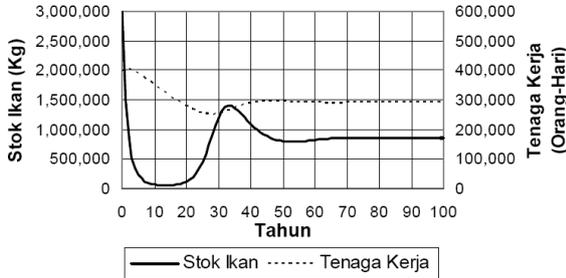
stabil dapat diperoleh jika jumlah tenaga kerja berada pada selang 250 000 – 300 000 orang-hari. Pada kondisi ini keseimbangan yang stabil dapat dicapai dalam waktu kurang dari 10 tahun.



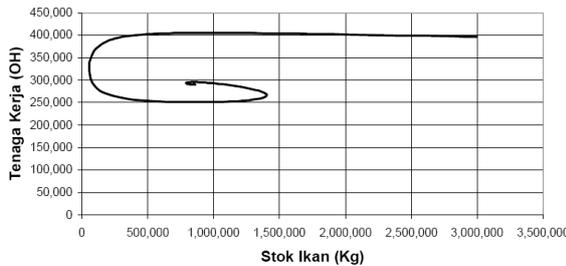
Gambar 2. Trajektori Stok Sumberdaya Alam Laut (Stok Ikan) dan Tenaga Kerja Selama 3 Tahun.

Rasio c/p akan mempengaruhi posisi titik keseimbangan. Jika rasio c/p diturunkan (keuntungan nelayan pemilik dinaikkan) maka titik keseimbangan antara tenaga kerja dengan stok ikan yang digambarkan pada Gambar 4 akan bergeser ke kiri-atas, dan sebaliknya jika rasio c/p dinaikkan (keuntungan nelayan pemilik diturun-

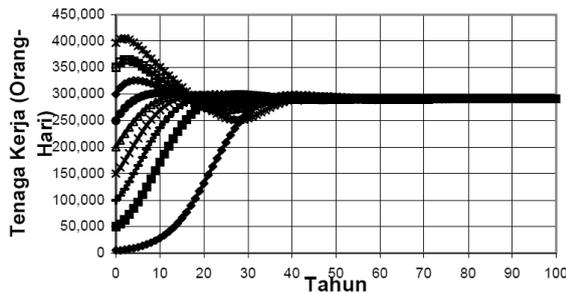
kan) maka titik keseimbangan akan bergeser ke kanan-bawah. Pengaruh perubahan rasio c/p terhadap posisi titik keseimbangan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 3. Simulasi Dinamika (Trajektori) Stok Sumberdaya Alam Laut (SDA/Stok Ikan) dan Tenaga Kerja Setelah Tenaga Kerja Diturunkan Jumlahnya Hingga Tinggal 397 000 OH.



Gambar 4. Phase Diagram Titik-Titik Hubungan Antara Sumberdaya Alam Laut (SDA/Stok Ikan) dengan Tenaga Kerja yang Mengarah ke Titik Keseimbangan yang Stabil.



Gambar 5. Pengaruh Perubahan Jumlah Tenaga Kerja Terhadap Lama Waktu Menuju Titik Keseimbangan.

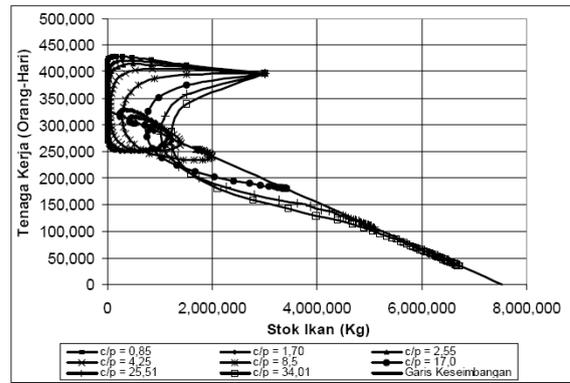
Pada akhirnya dengan menggunakan garis keseimbangan pada Gambar 6 dapat dibuat persamaan hubungan antara rasio c/p dengan jumlah tenaga kerja maupun besarnya stok ikan dalam kondisi keberlanjutan. Persamaan tersebut adalah:

$$L = 328\,026 - 8644.9 H \tag{8}$$

$$Y = 198\,257 H \tag{9}$$

$$0 < H < 37.76 \tag{10}$$

L adalah jumlah tenaga kerja (*orang-hari*), Y adalah besarnya stok ikan (*kg*), dan H adalah rasio c/p. Nilai rasio c/p saat ini adalah 4.25. Jika rasio c/p diturunkan maka manfaat sosial-ekonomi bagi nelayan akan semakin besar karena keuntungan ekonomi bertambah dan jumlah nelayan yang dapat ditampung juga besar. Namun demikian besarnya stok ikan pada kondisi keseimbangan akan menjadi lebih kecil. Hal yang sebaliknya akan terjadi jika rasio c/p dinaikkan.



Gambar 6. Phase Diagram Titik-Titik Hubungan antara Sumberdaya Alam Laut (SDA/Stok Ikan) dengan Tenaga Kerja jika Rasio C/P Diubah.

Sebagaimana telah dibahas oleh Susilo (2005) pembangunan berkelanjutan di pulau-pulau kecil paling tidak harus mencakup 3 aspek yaitu ekologi, ekonomi, dan sosial. Manfaat ekologis, ekonomis, dan sosial yang diperoleh sebagai hasil pembangunan tersebut selain harus besar secara nyata juga harus seimbang di semua aspek. Ketimpangan antar aspek tersebut sebagai akibat pencemaran lingkungan, eksploitasi sumberdaya alam berlebih, keuntungan pemanfaatan sumberdaya alam tidak merata di masyarakat, timbulnya sifat individualistis dan pelanggaran peraturan perundangan misalnya, akan mengakibatkan pembangunan pulau-pulau kecil menjadi tidak berkelanjutan.

Di dalam tulisan ini memang hanya dikaji dua peubah yang mewakili dua aspek penting pembangunan berkelanjutan, yaitu aspek ekologi dan aspek ekonomi. Walaupun demikian peubah ekonomi yang digunakan yaitu jumlah nelayan (tenaga kerja) sebenarnya juga terkait de-

ngan aspek sosial. Pembuatan model keseimbangan antara tiga atau lebih peubah sebenarnya dimungkinkan tetapi akan sangat rumit dan secara grafis sulit digambarkan. Brown dan Roughgarden (1997) misalnya menggunakan tiga peubah di dalam modelnya, yaitu biomas sumberdaya alam, modal, dan tenaga kerja. Secara matematis titik keseimbangan antara tiga peubah ini dapat dicari tetapi penggambaran trajektorinya sulit diinterpretasikan mengingat berada dalam ruang tiga dimensi.

KESIMPULAN

Analisis model ekologi-ekonomis ini memperlihatkan kondisi yang tidak seimbang antara peubah ekonomi dengan peubah ekologi. Oleh karena itu pembangunan pulau-pulau kecil Kabupaten Kepulauan Seribu belum berkelanjutan. Agar pembangunan pulau-pulau kecil di Kepulauan Seribu berkelanjutan maka ditinjau dari aspek keseimbangan antara sumberdaya ikan dan jumlah upaya penangkapan (tenaga kerja) maka jumlah tenaga kerja (orang-hari) harus kurangi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. A. Fauzi, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Dietrich G. Bengen, DEA, dan Prof. Dr. Ir. Dedi Soedharma, DEA atas berbagai saran dan masukannya di dalam penelitian ini.

PUSTAKA

BPS DKI Jakarta. 2000. **Potensi ekonomi Kepulauan Seribu Tahun 2000**. BPS Propinsi DKI Jakarta.

Brown, G. dan J. Roughgarden. 1997. **An ecological economy: notes on harvest and growth**. In: Perrings, C., K-G. Maller, C. Folke, C. S. Holling, dan B-O. Jasson (eds): **Biodiversity loss, economic and eco-logical is-**

sues. Cambridge University Press, Cambridge. p150 - 189.

Clark, C. W. 1985. **Bioeconomic modelling and fisheries management**. John Wiley & Sons, New York.

Conrad, J. M. dan C. W. Clark. 1989. **Natural resource economics**. Cambridge University Press, Cambridge.

Dinas Perikanan DKI. 1998. **Studi penetapan lokasi pengembangan budidaya laut di Kepulauan Seribu**. Kerjasama Dinas Perikanan DKI Jakarta dengan Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor.

Dinas Perikanan DKI. 2001. **Pemetaan Lokasi dan Kegiatan Prioritas Kelurahan Pulau Panggang**. Kerjasama Dinas Perikanan DKI Jakarta dengan Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor.

Fauzi, A. dan S. Anna. 2002. **Evaluasi status keberlanjutan pembangunan perikanan: Aplikasi pendekatan Rapfish (Studi kasus perairan pesisir DKI Jakarta)**. Jurnal Pesisir dan Lautan, 4(3): 43 -55.

Fauzi, A. dan S. Anna. 2005. **Pemodelan Sumber Daya Perikanan dan Kelautan: untuk Analisis Kebijakan**. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Gulland, J. A. 1983. **Fish stock assessment: A manual of basic methods**. FAO/Wiley Series on Food and Agriculture, Vol. 1, Rome.

Nakata, K. 1993. **Ecosystem model; its formulation and estimation method for unknown rate parameters**. J. Advanced Marine Technology Conference, 8: 99 - 138.

Parsons, T. R., M. Takahashi, dan B. Hargrave. 1984. **Biological oceanographic processes**. 3rd edition. Pergamon Press, Oxford.

Susilo, S. B. 1999. **Konsentrasi klorofil-A sebagai penduga produktivitas primer perairan**. J. Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia, 6(2): 73 - 82.

Susilo, S. B. 2002. **Pendugaan stok dan daya dukung biomas ikan melalui data tangkapan ikan**. J. Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia, 9(1): 99 - 108.

Susilo, S. B. 2005. **Keberlanjutan Pembangunan Pulau-Pulau Kecil: Studi Kasus Kelurahan Pulau Panggang dan Pulau Pari, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta**. J. Teknologi Perikanan dan Kelautan Maritek, 5(2): 85 - 110.