

© 2005 Rahmat Kurnia
Makalah Individu
Pengantar Falsafah Sains (PPS702)
Program Pasca Sarjana / S3
Institut Pertanian Bogor
Sem 2 2004/5

Posted: 3 June, 2005

Dosen:
Prof. Dr. Ir. Rudy C. Tarumingkeng

PENENTUAN DAYA DUKUNG LINGKUNGAN PESISIR

Oleh:

Rahmat Kurnia
C161040011/ AIR
niamustika@yahoo.com

1. Pengertian

Pada taraf konsep paling awal, daya dukung (*carrying capacity*) menjelaskan hubungan antara ukuran suatu populasi dengan perubahan dalam sumber-sumberdaya tempat bergantungnya populasi tersebut. Diasumsikan terdapat suatu ukuran populasi optimal yang dapat ditopang oleh sumberdaya yang ada. Konsep ini dasarnya diaplikasikan untuk menjelaskan laju stok maksimum dalam suatu area (Odum, 1959). Jelaslah, proses menentukan daya dukung suatu lingkungan meniscayakan adanya suatu ukuran sebagai acuan untuk menetapkan apa yang akan dioptimumkan.

Pengukuran daya dukung lingkungan didasarkan pada pemikiran bahwa lingkungan memiliki kapasitas maksimum untuk mendukung suatu pertumbuhan organisme. Misalnya, ikan di kolam/tambak tumbuh secara positif jika daya dukung lingkungan masih lebih besar, namun pertumbuhan yg terus menerus akan

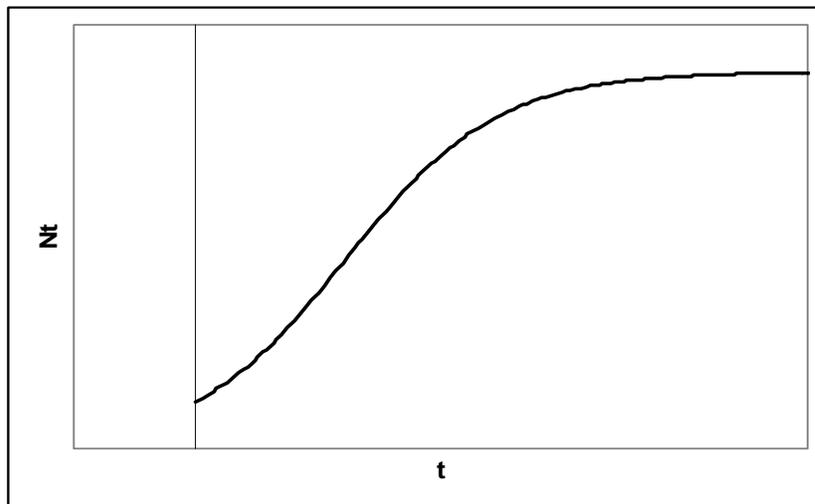
mengakibatkan timbulnya kompetisi terhadap ruang dan lahan sampai daya dukung lingkungan tidak lagi mendukung pertumbuhan. Secara konseptual, realitas ini digambarkan Spain (1982) sebagai:

$$\frac{dN}{dt} = kL(L - N) \dots\dots\dots [1]$$

Dimana, N merupakan banyaknya anggota populasi, k adalah koefisien pertumbuhan, dan L merupakan kapasitas maksimum lingkungan yang dapat mendukung pertumbuhan organisme. Bila persamaan tersebut diintegrasikan akan diperoleh persamaan:

$$N_t = \frac{N_0 L}{N_0 + (L - N_0)e^{-Lkt}} \dots\dots\dots [2]$$

N_t menggambarkan kelimpahan populasi pada waktu t, N_0 adalah kelimpahan populasi awal. Bentuk fungsi ini adalah sigmoid seperti dapat diamati pada Gambar 1. Pada titik N_t sama dengan L, kurva mendatar yang berarti pertumbuhannya nol. Inilah gambaran daya dukung lingkungan.



Gambar 1. Kurva sigmoid yang menggambarkan daya dukung

Odum (1971) menegaskan bahwa daya dukung lingkungan merupakan jumlah populasi organisme yang kehidupannya dapat didukung oleh suatu kawasan/ekosistem. Caughley (1979) membedakan antara dua tipe daya dukung, yaitu daya dukung ekologi dan daya dukung ekonomi. Daya dukung ekologi menjelaskan ukuran herbivora dan populasi tanaman yang dapat dicapai secara alami apabila keduanya dibiarkan berinteraksi tanpa ada intervensi manusia. Sementara itu, daya dukung ekonomi menjelaskan suatu kesetimbangan yang ditimbulkan oleh kelestarian pemanenan populasi herbivora. Dalam konteks ini, perbedaan manajemen dapat berimplikasi pada ukuran populasi optimal yang diperoleh. Satu hal penting dalam proses membangun daya dukung lingkungan adalah menjelaskan hubungan antar berbagai tingkatan aktivitas (seperti budidaya udang, kerang dan sebagainya) dengan pengaruh-pengaruh lingkungannya, serta suatu dugaan perolehan akibat pengaruh lingkungan yang berbeda pada suatu teknik manajemen yang lain pula. Karenanya, perlu ditetapkan tentang elemen-elemen apa dari interaksi-interaksi tersebut yang akan dioptimalkan.

Senada dengan pengertian sebelumnya, daya dukung lingkungan dimaknai sebagai kapasitas maksimum lingkungan yang dapat memikul beban yang ada (Catton 1986). Sementara itu, Rees (1996) menyatakan bahwa daya dukung ekologis merupakan landasan bagi optimalisasi habitat dalam menghasilkan produksi.

Daya dukung dapat berubah sesuai dengan asupan manajemen dan teknologi. Atas dasar ini dapat dimengerti pendapat bahwa daya dukung lingkungan bukanlah suatu konsep atau formula keilmuan untuk mendapatkan suatu angka. Batasan-batasannya hendaklah dipandang sebagai suatu arahan.

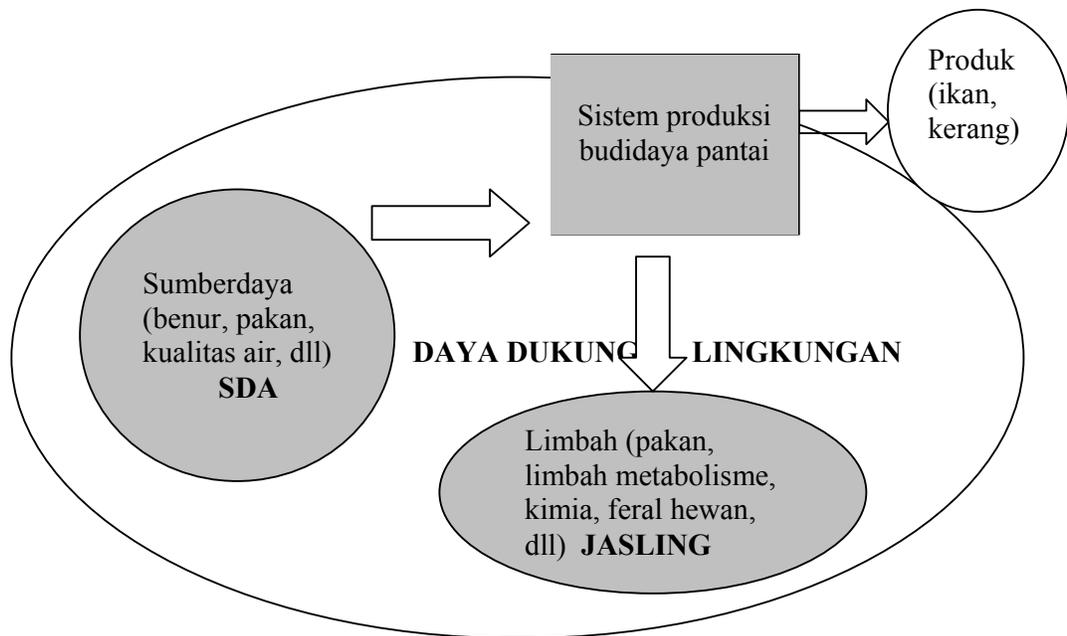
Batasan-batasan tersebut seharusnya dengan hati-hati digunakan dan dimonitor serta dipadukan dengan standar lainnya. Daya dukung tidaklah tetap, melainkan berkembang sesuai dengan waktu, perkembangan serta dapat dipengaruhi oleh teknik-teknik manajemen dan pengontrolan (Saveriades, 2000).

Telfor dan Robinson (2003) mendefinisikan daya dukung lingkungan perairan sebagai jumlah produksi budidaya perairan yang dapat ditopang oleh suatu lingkungan, dalam suatu kriteria yang didefinisikan. Setiap model daya dukung haruslah mencakup empat hal berikut. Pertama, apa yang menentukan produktivitas lingkungan. Kedua, organisme apa yang mengkonsumsi/memproduksi pakan/limbah. Ketiga, bagaimana lingkungan merespons asupan limbah. Dan, keempat, berapa banyak perubahan diperkenankan.

Budidaya laut tergantung pada sumberdaya yang berasal dari lingkungan sebagai makanan, juvenil, ruang, dan suplai kualitas air yang bagus. Sumberdaya seperti ini disebut sebagai sumberdaya alam/SDA (environmental goods). Sementara itu, lahan budidaya tergantung pada lingkungan untuk dilusi, pelarutan melalui bioproses, dan produksi limbah. Hal tersebut dikenal dengan jasa lingkungan/JASLING (environmental services). Kemampuan lingkungan melestarikan SDA dan JASLING ini tanpa kerusakan berarti dikenal dengan daya dukung lingkungan. Secara grafis, hubungan SDA, JASLING, dengan daya dukung disajikan pada Gambar 2. Proses ini demikian kompleks dengan melibatkan banyak peubah. Karenanya, sulit dihitung dan diimplementasikan sebagai alat manajemen keseluruhan. Sekalipun adanya keterbatasan dalam pendugaan, daya dukung dapat dipergunakan sebagai alat bagi pengelolaan

sumberdaya asalkan digunakan secara hati-hati dan ditopang oleh pengetahuan mumpuni.

Daya dukung suatu wilayah tidak bersifat statis (*a fixed amount*), tetapi bervariasi sesuai dengan kondisi biogeofisik (ekologis) wilayah termaksud dan juga kebutuhan (*demand*) manusia akan SDA dan JASLING (*goods and services*) dari wilayah tersebut. Daya dukung suatu wilayah dapat menurun akibat kegiatan manusia maupun gaya-gaya alamiah (*natural forces*), seperti bencana alam. Atau, dapat dipertahankan dan bahkan ditingkatkan melalui pengelolaan atau penerapan teknologi. Misalnya, produktivitas tambak udang yang hanya mengandalkan alam tanpa teknologi (tradisional) adalah sekitar 200 kg/ha/tahun. Akan tetapi, dengan penerapan teknologi pengelolaan tanah dan air, manajemen pemberian pakan produktivitas dapat meningkat 6 ton/ha/thn (Widigdo, 2004).



Gambar 2. Konsep SDA dan JASLING, serta daya dukung lingkungan

Arah dari pengkajian daya dukung lingkungan bukanlah sebatas mengoptimalkan hasil. Tapi, lebih dari itu penghitungannya dalam rangka untuk mencapai hasil optimal dengan tetap menjaga kelestarian area dan lingkungannya. Berkaitan dengan hal ini Ken furuya (2000) mengatakan pencapaian kelestarian pantai termasuk kekontinyuan budidayanya memerlukan ekosistem yang sehat. Hal ini dikarenakan adanya ketergantungan produksi ikan pada ekosistem alam. Berapa banyak produksi makanan yang dapat kita harapkan dalam suatu kawasan pantai? Untuk menjawab pertanyaan ini perlu ada evaluasi tentang daya dukung lingkungannya melalui siklus material *in situ*.

2. Jenis Daya Dukung

Beberapa pengertian daya dukung di atas menunjukkan betapa luasnya cakupan daya dukung tersebut. Tergantung dari kaca mata mana tinjauan dilakukan. Dilihat dari objek kajiannya, muncul istilah daya dukung lautan (*ocean carrying capacity/OCC*). Auke Bay Laboratory, Alaska Fishery Science Center, 1999 menetapkan strategi penentuan Daya Dukung Lautan (OCC) di Pesisir Teluk Bristol. Untuk mencapai tujuannya mereka mengkhususkan pada ikan Salmon. Faktor-faktor yang diamati mencakup (1) aspek distribusi juvenil salmon yang dipengaruhi oleh temperatur dan salinitas, (2) aspek migrasi yang dipengaruhi oleh temperatur, makanan, dan ukuran ikan, (3) pertumbuhan ikan Salmon yang berkaitan dengan laju migrasi.

Selain itu, muncul pula istilah daya dukung turisme (*tourism carrying capacity/TCC*). TCC merupakan suatu telaahan terhadap komponen-komponen

yang dapat mempengaruhi optimalisasi aktivitas turis, termasuk ekoturisme. Komponen-komponen yang diamatinya adalah komponen fisika-ekologis, komponen sosio-demografi, dan komponen politik-ekonomi (*Final Report “Defining, Measuring And Evaluating Carrying Capacity In European Tourism Destinations”*, 2001).

Intinya, daya dukung lingkungan diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk dalam kawasan pesisir. Inglis *et al.* (2000) menjelaskan empat tipe daya dukung lingkungan yang sesuai dengan budidaya kawasan pesisir. Daya dukung tersebut adalah (1) daya dukung fisik (*physical carrying capacity*), (2) daya dukung produksi (*production carrying capacity*), (3) daya dukung ekologi (*ecological carrying capacity*), dan (4) daya dukung sosial (*social carrying capacity*).

Daya dukung fisik suatu kawasan berhubungan dengan ukuran dan jumlah area yang dapat diakomodasi dalam suatu ruang fisik yang layak. Pembatas ruang ini ditentukan oleh geografi fisik kawasan tersebut, perencanaan, dan kebutuhan-kebutuhan bagi pengembangan kawasan. Daya dukung produksi merujuk pada kelimpahan stok yang mengikuti panen yang kontinyu dan maksimal. Dalam daya dukung jenis ini fokusnya diarahkan pada penentuan panen optimum berjangka panjang (*long-term*) yang akan ditopang oleh kawasan itu. Pengaruh komponen-komponen ekosistem dipandang sebatas pengaruh potensial. Hal ini berbeda dengan daya dukung ekologi suatu kawasan. Pusat perhatian utama manajemen dalam penentuan daya dukung ekologi adalah pengaruh sekitar ekosistem terhadap kelimpahan stok. Daya dukung ekologi dapat dijelaskan sebagai tingkat pengembangan kawasan sedemikian rupa hingga dampak ekologis

kawasan tidak lagi dapat diterima. Dengan kata lain, daya dukung ekologi merupakan tingkat maksimum (baik jumlah maupun volume) pemanfaatan suatu sumberdaya atau ekosistem yang dapat di akomodasi oleh suatu kawasan atau area sebelum terjadi penurunan kualitas ekologis. Demikian pula daya dukung sosial lebih merujuk pada dampak sosial. Ringkasnya, daya dukung sosial merupakan tingkat kenyamanan dan apresiasi pengguna suatu sumberdaya atau ekosistem terhadap suatu kawasan area akibat adanya pengguna lain dalam waktu bersamaan

Sekalipun Inglis *et al.* (2000) mengategorikan empat tipe daya dukung lingkungan, tapi dia menegaskan bahwa dalam ekosistem pantai yang saat ini lebih banyak dikaji adalah daya dukung produksi dan ekologi. Secara ringkas, keempat jenis daya dukung ini dapat dikaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Empat tipe daya dukung lingkungan

No.	Jenis	Definisi	Skala pengaruh
1.	Daya dukung fisik	Batasan-batasan yang ditata oleh ruang fisik dan kondisi-kondisi yang diperlukan kawasan pantai/laut (ukuran, situasi, kedalaman air, dll.)	Subembayment → Planning area
2.	Daya dukung produksi	Kelimpahan stok lestari pada tingkat produksi maksimum	Farm → embayment → adjacent embayments → region
3.	Daya dukung ekologi	Tingkatan dimana pengembangan kawasan menyebabkan perubahan-perubahan nyata dalam ekosistem	Farm → embayment → region
4.	Daya dukung sosial	Tingkatan dimana pengembangan kawasan berbenturan atau menimbulkan konflik dengan penggunaan lainnya	Embayment → region

Mingqing Liu (2004) membagi daya dukung lingkungan bukan empat jenis melainkan lima jenis. Bedanya dengan pembagian Inglis et al. (2000) adalah ditambahkannya daya dukung kimia. Jenis daya dukung menurut Mingqing Liu (2004) adalah daya dukung fisik (*physical carrying capacity*), daya dukung kimia (*chemical carrying capacity*), daya dukung biologi/produksi (*biological /production carrying capacity*), daya dukung ekologi (*ecological carrying capacity*), dan daya dukung sosial (*social carrying capacity*). Faktor-faktor daya dukung yang terkait dengan pesisir menurut Mingqing Liu (2004) disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Faktor-faktor daya dukung yang terkait dengan pesisir menurut Mingqing Liu (2004)

No.	Jenis	Elemen		Perhatian
1.	Daya dukung fisik	Geografi fisik, hidrologi, dan oseanografi	Model hidrodinamika	Mensimulasikan pengaruh gelombang, masukan air tawar dan iklim, flushing rates, dan struktur kolom air
		Keperluan-keperluan bagi aktivitas yang direncanakan	Batasan-batasan dan kendala Batasan yang dibuat oleh program pemerintah (landscape dan navigasi fisik, dll)	
2.	Daya dukung kimia			
3.	Daya dukung biologi/produksi	Kelimpahan stok, suplai makanan, laju taking up, dan konversi menjadi jaringan produktif	Suplai fitoplankton dan bahan organik lain, laju penyerapan dan asimilasi	
4.	Daya	Model		Mensimulasikan

	dukung ekologi	ekosistem		<p>pengaruh cahaya, stratifikasi air, dan unsur hara terhadap sebaran dan kelimpahan fitoplankton dan zooplankton</p> <p>Pengayaan organik sedimen (lingkungan anaerob)</p> <p>Bio-deposit (smothering of reef habitat)</p> <p>Dampak terhadap struktur komunitas</p> <p>Perubahan fungsi ekosistem</p>
5.	Daya dukung sosial	Dampak sosial terhadap komersial, rekreasi, budaya, dan estetik	<p>Navigasi dan keamanan</p> <p>Akses publik</p> <p>Kualitas visual</p> <p>Perubahan karakter alami</p> <p>Penurunan kenyamanan pengguna lain</p> <p>Pengurangan keuntungan masa depan</p>	

3. Strategi Penghitungan Daya Dukung Pesisir

Untuk dapat menghitung daya dukung pesisir diperlukan penguasaan terhadap beberapa hal penting. Dengan memahami hal-hal urgen tersebut akan dapat membantu ketepatan dan keakuratan penentuan daya dukung tersebut.

Diantara pemahaman yang diperlukan adalah:

1. Daya dukung subsistem sosial, ekonomi, dan alam

2. Pilihan-pilihan teknologi budidaya yang dapat mengoptimalkan daya dukung tersebut
3. Pilihan-pilihan mikro-meso-atau makro manajemen yang dapat mengoptimalkan daya dukung
4. Interaksi antar subsistem tersebut.
5. Interaksi antar komponen dalam subsistem
6. Faktor-faktor pembatas dalam subsistem
7. Identifikasi peubah-peubah kritis, kriteria operasional, dan indikator-indikator untuk membuat keputusan
8. Anekaragam bentuk kapital dan alirannya

(Sumber: http://66.102.7.104/search?q=cache:KVaYWmGn-OsJ:www.aquanet.ca/French/research/forum_CZM.php+carrying+capacity+coastal&hl=id&start=37).

Senada dengan itu, Inglis et al. (2000) menetapkan beberapa hal yang mutlak dipahami adalah:

- a. mengumpulkan data historis kualitas air sehingga dapat diketahui perubahan historis kualitas air berikutnya
- b. sistem hidrologi dan oseanografi
- c. mengidentifikasi kondisi-kondisi pembatas atau kendala seperti dilusi dan luasan daerah percampuran
- d. menguji model
- e. menerapkan model untuk menduga daya dukung

Lebih detail, Widigdo (2004) penentu daya dukung suatu wilayah adalah (1) kondisi biogeofisik wilayah, dan (2) permintaan manusia akan sumberdaya alam dan lingkungan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Berdasarkan

paradigma ini maka metode penghitungan daya dukung kawasan pesisir tersebut dilakukan dengan menganalisis:

- (1) kondisi (*variables*) biogeofisik yang menyusun kemampuan wilayah pesisir dalam memproduksi/menyediakan SDA dan JASLING, dan
- (2) *variables* sosekbud yang menentukan kebutuhan manusia yang tinggal di wilayah pesisir tersebut atau yang tinggal di luar wilayah pesisir, tetapi berpengaruh terhadap wilayah pesisir, akan SDA dan JASLING yang terdapat di wilayah pesisir.

Sementara itu, variabel-variabel yang mempengaruhi daya dukung lingkungan disajikan dalam Gambar 3.

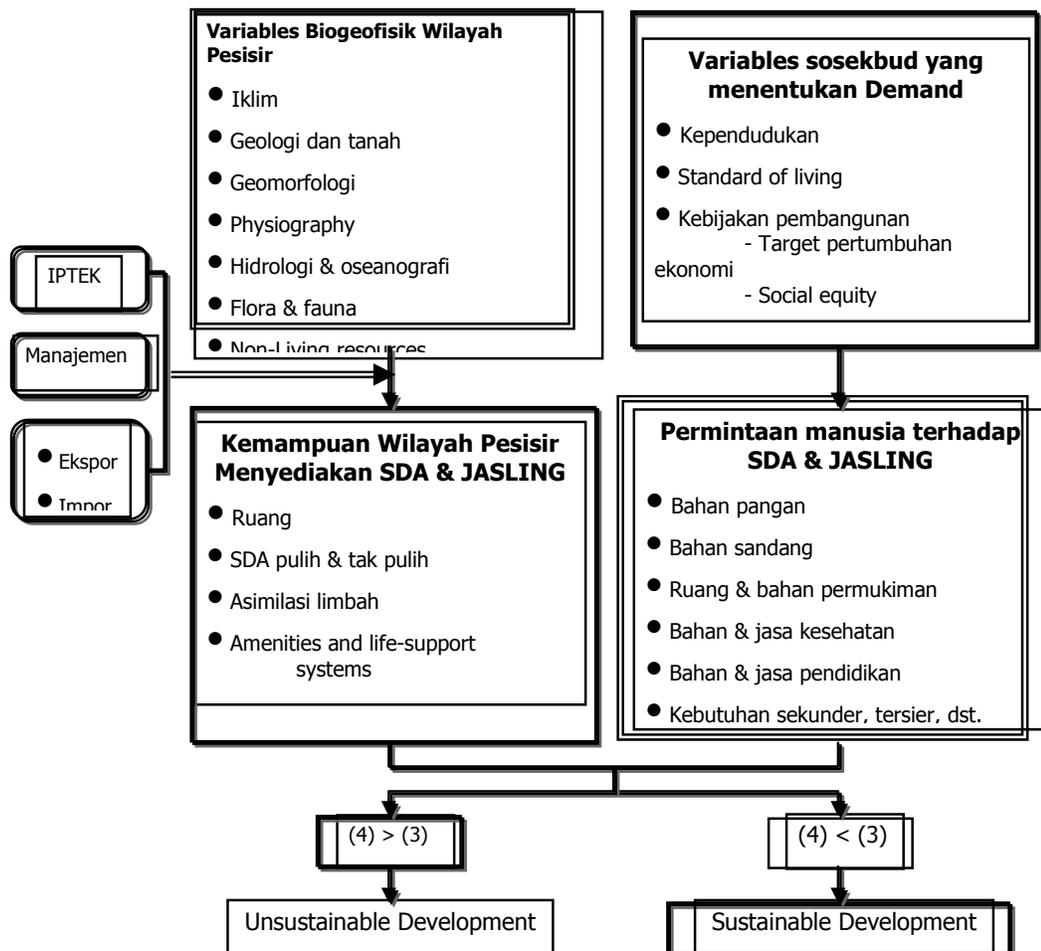
Berdasarkan hal di atas, maka tahapan untuk menentukan daya dukung wilayah pesisir yang ditunjukkan untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan adalah sbb :

- (1) Menetapkan batas-batas (*boundaries*), vertikal dan horizontal terhadap garis pantai (*coastline*), wilayah pesisir sebagai “*a management unit*” e.g. *Catchment area* atau *watershed*.
- (2) Menghitung luasan wilayah pesisir yang kita kelola, atas dasar butir (1).
- (3) Mengalokasikan (melakukan pemintakatan atau *zonation*) wilayah pesisir tersebut menjadi 3 zona utama: (1) preservasi (*preservation*), (2) konservasi (*conservation*), dan (3) pemanfaatan (*utilization*).
- (4) Melakukan penghitungan tentang potensi dan distribusi SDA dan JASLING yang tersedia.
- (5) Menyusun tata ruang pembangunan pada zona konservasi dan zona pemanfaatan.

- a. *Stock assessment* SD perikanan
- b. *Stock assessment* hutan mangrove
- c. Oil and gas
- d. Sumberdaya air tawar
- e. DII.

(6) Melakukan *assessment* kapasitas asimilasi.

(7) Melakukan *assessment* permintaan internal dan permintaan eksternal terhadap SDA dan JASLING pesisir.



Gambar 3. Variables yang mempengaruhi daya dukung wilayah pesisir dan implikasinya terhadap pembangunan berkelanjutan (Sumber: Widigdo, 2004).

4. Teknik Penghitungan

Sejauh ini, teknik penghitungan untuk menduga daya dukung masih memokus pada daya dukung produksi dalam suatu sistem tertentu. Sementara, teknik penghitungan pendugaan daya dukung yang melibatkan kawasan dengan jenis daya dukung lainnya belum banyak dikembangkan. Losondo dan Westers (1993) mendasarkan penghitungan daya dukung pada konsep kesetimbangan massa (*mass balance*). Pendugaan daya dukung lingkungan berdasarkan konsep *mass balance* ini menggunakan pendekatan yang mencakup:

1. Mendefinisikan batasan-batasan sistem
2. Isolasi dan identifikasi aliran arus melewati batas tersebut
3. Identifikasi material yang akan dibuat balance (seimbang)
4. Identifikasi proses transformasi yang terjadi didalam 'sistem pembatas' yang mempengaruhi keseimbangan massa (*mass balance*).

Konsep *mass balance* ini ada yang mendasarkan pada total amonia nitrogen, posfor (P), atau oksigen terlarut (DO). Prinsip konsep ini Losondo dan Westers (1993) adalah:

Laju akumulasi mass dalam sistem = laju aliran mass kedalam sistem – laju aliran mass keluar sistem + laju transformasi mass bersih dalam sistem.

Dengan kata lain,

$$\text{Akumulasi} = \text{Input} - \text{Output} + \text{Generasi} - \text{Konsumsi}$$

Cara menghitung dan contoh penghitungan konsep mass balance berdasar Posfor dan oksigen terlarut disajikan dalam Lampiran 1 dan Lampiran 2.

Pendekatan mass balance atas dasar makanan, aliran P dan N sering dilakukan. Misalnya, Wallin dan Hakanson (1991) menemukan Nitrogen yang masuk ke tubuh ikan antara 21-30%, terlarut dalam air 49-60%, dan ke sedimen 15-30%. Sedangkan Posfor diserap 15-30%, larut dalam air 16-26%, dan ke sedimen 51-59%. Primavera 1994 menemukan bahwa udang dalam tambak intensif memakan 85% pakan dan 15% sisanya larut dalam air. Dari 85% tersebut, hanya 17% yang dipanen, 48% untuk eksresi, molting, dan pemeliharaan; dan 20% lagi kembali kedalam air melalui feses. Berdasarkan laju demikian dapat diduga daya dukung produksi berdasarkan makanan dan unsur hara.

Pada 2000, Inglis *et al.* Mengembangkan pendekatan NIWA untuk menduga daya dukung kerang budidaya. Pendekatannya didasarkan pada suplai makanan didalam inlet dan penggunaannya untuk pertumbuhan kerang. Model yang digunakan dibangun dari tiga model terpisah, yaitu:

- Model hidrodinamika yang menjelaskan proses transpor fisik. Ini mensimulasikan pengaruh arus, asupan air tawar dan udara, flushing rates dan struktur kolom air.
- Model ekosistem yang mensimulasikan proses yang menentukan sebaran dan kelimpahan fitoplankton, termasuk juga derajat stratifikasi air, penetrasi dan intensitas cahaya, suplai unsur hara dan recycling-nya baik dalam air maupun sedimen, mortalitas,

sedimentasi dan pemangsa terhadap plankton. Hasil akhirnya berupa simulasi kelimpahan fitoplankton.

- Model energetik kerang yang menjelaskan apa yang dilakukannya terhadap makanan planktonik. Termasuk didalamnya laju filtrasinya, berapa banyak makanan diasimilasi, berapa proporsi untuk pertumbuhan dan reproduksi. Hasil akhirnya berupa simulasi pertumbuhan dan kondisi kerang.

Sayangnya, model ini masih bersifat kasuistik. Belum berupa suatu model matematis yang dapat diberlakukan lebih umum dalam kondisi yang berbeda. Pendekatannya lebih pada simulasi.

Telfor dan Robinson (2003) menduga daya dukung produksi kerang melalui pendekatan kebutuhan oksigen baik oleh kolom air (terkait dengan fotosintesis dan respirasi) maupun sedimen. Pendugaannya sangat kompleks dan dikontrol oleh faktor fisik seperti pertukaran oksigen dari atmosfer (tergantung luas area permukaan, angin dll.), dan produktivitas perairan (tergantung pada asupan unsur hara dan penggunaannya oleh plankton dan bakteri). Unsur hara datang dari banyak cara seperti run-off, limbah. Akibat kekompleksan tersebut tidak semua informasi tercakup.

Untuk mengetahui kebutuhan oksigen dalam sedimentasi diperlukan penyebaran areanya yang menggambarkan akumulasi pembuangan dari ikan. Telfor dan Robinson mengikuti Gowan *et al.* (1988) dalam menduga sebaran horizontal makanan tak termakan dan feses dengan persamaan:

$$D = \frac{dV}{v} \dots\dots\dots [3]$$

Dimana, D = sebaran jarak horizontal (m)

D = kedalaman air (m)

V = kecepatan (m/s)

v = kecepatan limbah

Persamaan ini mengasumsikan tidak ada distribusi ulang limbah, arah dan kecepatan seragam dengan kedalaman, dan kedalaman konstan. Suatu asumsi yang amat sulit terpenuhi semuanya. Setelah menyebar, ditentukan berapa besarnya loading sedimen dari lahan/tambak tersebut. Hal ini diperoleh dengan mengasumsikan peluang sedimentasi dalam jarak tertentu menyebar normal.

Persamaannya diperoleh:

$$Z = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{1/2((Y-u)/\sigma)^2} \dots\dots\dots [4]$$

Dimana, Z = peluang relatif

Y = jarak

u = rata-rata contoh

Dengan diketahui peluangnya berarti diketahui banyaknya limbah yang tersedimentasi. Sayangnya, sebaran peluang tersebut belum diverifikasi oleh data empirik.

Duarte et al. (2003) mengembangkan model matematika untuk menduga daya dukung untuk budidaya multi-spesies di perairan pantai. Tujuannya bukan hanya untuk memaksimalkan produksi, melainkan juga mengoptimalkan kombinasi spesies dan sebarannya sedemikian rupa untuk mengurangi dampak lingkungan terhadap budidaya. Hasil yang hendak dicapai adalah:

- a. mengembangkan model matematika dua dimensi fisika-biogeokimia (physical-biogeochemical mathematical model) untuk Teluk Sungo, Republik Rakyat China.
- b. Kaliberasi dan validasi model dengan seperangkat data.
- c. Menggunakan model tersebut untuk menduga kecocokan budidaya dengan daya dukung lingkungan teluk.
- d. Menggunakan model untuk menganalisa konsekuensi beberapa kemungkinan penerapan budidaya.
- e. Menelaah apakah pendugaan terhadap daya dukung ini tergantung pada derajat kedetailan spasial sistem yang sedang diteliti.

Model matematika yang dikembangkannya adalah:

$$\frac{d(hS)}{dt} + \frac{\partial(uhS)}{\partial x} + \frac{\partial(vhS)}{\partial y} = \frac{\partial(Ah(\partial S / \partial x))}{\partial x} + \frac{\partial(Ah(\partial S / \partial y))}{\partial y} + sources - sin ks \quad \dots\dots\dots [5]$$

Dimana, h adalah kedalaman (m), u dan v adalah kecepatan sesaat pada arah x dan y (m/s), A adalah koefisien difusi eddy (m²/s), dan S adalah keadaan konservatif (sources dan sinks adalah nol) atau suatu peubah non-konservatif dalam satuan konsentrasi.

Untuk menentukan daya dukung, Mingqing Liu (2004) menggunakan prosedur penentuannya dengan memperhatikan kontaminan, unsur hara dan logam berat. Dua hal yang diperhatikan adalah: (1) faktor lingkungan yang merupakan beban masukan (seperti N/P, sedimentasi, flushing, oksidasi, reduksi, biodegradasi dll). (2) faktor sosial ekonomi yang mempengaruhi kualitas air (seperti limbah).

5. Penutup

Melihat perkembangan penentuan daya dukung lingkungan di atas, terlihat adanya perkembangan. Hanya saja, kompleksitas proses di alam menuntut adanya pendugaan yang berbasis pada proses alam, data empirik, dan model matematika yang melahirkan teknik penghitungan yang dapat diterapkan secara praktis. Ini tantangan kita sekarang.[]

DAFTAR PUSTAKA

- Caughley, G. 1979. What is this thing called carrying capacity? Pages 2-8 in Boyce, M. S. North American Elk: ecology, behavior, and management. University of Wyoming, Laramie, Wyoming.
- Duarte, P. et al. 2003. Mathematical Modelling to assess the Carrying Capacity for Multi-species Culture within Coastal Waters. Ecological Modelling hal. 109 – 143. Portugal.
- Furuya, K. 2000. **Evaluation of Carrying Capacity in Coastal Waters. Coastal Ecology, Nutrient Cycles and Pollution 3-8 December 2000 - Otsuchi, Japan.** <http://landbase.hq.unu.edu/Workshops/IwateDec2000/Abstracts/WorkshopFuruyaabsdec2000.htm>
- http://66.102.7.104/search?q=cache:KVvYWmGn-OsJ:www.aquanet.ca/French/research/forum_CZM.php+carrying+capacity+coastal&hl=id&start=37
- Inglis, G. J., Hayden, B. J., dan Ross, A. H. 2000. An Overview of Factors Affecting the Carrying Capacity of Coastal Embayments for Mussel Culture. National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd. New Zealand.
- Liu, M. 2004. Possible Procedure for Estimating the Environmental Carrying Capacity of Coastal Water Body with Respect to Priority Contaminant-Nutrients and Heavy Metals. Fifth Meeting of the Regional Working Group for the Land-Based Pollution Component of the UNEP/ GEF Project: “*Reversing Environmental Degradation Trends in the South China Sea and Gulf of Thailand*”. China. 27 November 2004.
- Losondo, T. M. dan Westers, H. 1993. System Carrying Capacity and Flow Estimation.
- Spain, J. D. 1982. Basic Microcomputer Models in Biology. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts.
- Telfor, T. dan Robinson, K. 2003. Environmental Quality and Carrying Capacity for Aquaculture in Mulroy Bay Co, Donegal. Marine Institute, Marine Environment and Food safety Services, Parkmore, Galway.
- Wallin, M. dan Hakanson, L. 1991. Nutrient Loading Models for Estimating the Environmental Effects of Marine Fish Farm. Marine Aquaculture and Environment, hal. 39-55. Copenhagen.
- Widigdo, B. 2004. Bahan Kuliah Pengembangan Perikanan dan Perairan Pesisir. Semester Ganjil.