

Estimasi limbah organik dan daya dukung perairan dalam upaya pengelolaan terumbu karang di perairan Pulau Semak Daun Kepulauan Seribu

Estimation of organic waste and waters carrying capacity in relation to coral reefs management on Semak Daun Island Thousand Islands

Wan Mansur*, M. Mukhlis Kamal, Majariana Krisanti

Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Jalan Lingkar Kampus IPB Dramaga (16680). *Email : wanmansur81@yahoo.co.id

Abstract. *Sea ranching activity is highly depending on the ecology of coral reef condition. Floating cages activities in Semak Daun island has potential to produce waste along with organic waste from other anthropogenic activities in land and its will lead to eutrophication causing degradation of coral reefs. This study was conducted from May to July 2013. A survey method was used to obtain primary data. Data sets also supported by secondary data. Waste loads estimation of net aquaculture that enter the waters was 1178.1 Kg/ton of fish production (N 243.9 Kg/ton of fish and P 54.1 Kg/ton of fish). Estimated of anthropogenic waste load around the Semak Daun island was 4167 Kg N and 1738.8 Kg P. Based on N load, the carrying capacity of Semak Daun Island for grouper floating cages was 32 unit (192 raft) or 2 ha of 9.99 ha area that appropriate for floating cage activities. In addition, based on dissolved oxygen, the carrying capacity was 28 units (168 raft) or 1.6 Ha of 9.99 Ha area that appropriate for floating cage activities.*

Keywords: *Sea Ranching; Organic waste; Carrying capacity; Semak Daun Island.*

Abstrak. Kegiatan *Sea ranching* sangat tergantung kondisi ekologi terutama ekosistem terumbu karang. Dengan adanya aktivitas keramba jaring apung yang terdapat di perairan Pulau Semak Daun memiliki potensi untuk menghasilkan limbah pakan bersama dengan limbah organik yang berasal dari berbagai kegiatan di darat dan apabila tidak terkendali dengan baik akan menyebabkan terjadinya eutrofikasi sehingga menyebabkan degradasi terumbu karang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juli 2013. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Menggunakan Analisis dilakukan terhadap estimasi limbah organik dan analisis daya dukung perairan. Hasil penelitian menunjukkan estimasi beban limbah budidaya jaring apung yang masuk ke perairan Pulau Semak Daun yaitu sebesar 1.178,1 Kg /ton ikan produksi (N 243,9 Kg/ton ikan dan P 54,1 Kg/ton ikan). Estimasi limbah antropogenik dari daratan sekitar pulau Semak Daun diperoleh 4.167 Kg N dan 1.738,8 Kg P. Berdasarkan pendekatan beban limbah N, daya dukung lingkungan perairan Pulau Semak Daun untuk pengembangan KJA ikan kerapu adalah 32 unit (192 petak KJA) atau 2 ha dari 9,99 ha luasan yang sesuai untuk kegiatan KJA. Berdasarkan ketersediaan oksigen terlarut, daya dukung perairan diperoleh 28 unit (168 petak KJA) atau 1,6 ha dari 9,99 ha luasan yang sesuai untuk KJA.

Kata Kunci : *Sea Ranching; Limbah Organik; Daya dukung perairan; Pulau Semak Daun*

Pendahuluan

Kepulauan Seribu yang memiliki perairan laut dangkal yang terlindung (*protected shallow sea*) karang penghalang di sekitar pulau merupakan kawasan perairan yang potensial untuk lokasi kegiatan *sea ranching*. Kegiatan *sea ranching* adalah suatu kegiatan untuk mengelola sumberdaya dalam usaha menyikapi penurunan produksi tangkapan yaitu melalui kegiatan pemeliharaan ikan dalam suatu kawasan perairan laut yang terisolasi secara geografis (Effendi, 2004). Kegiatan *sea ranching* sudah diprogramkan sejak tahun 2004 di perairan Semak Daun, Kepulauan Seribu, yang merupakan perpaduan antara *mariculture* dengan perikanan tangkap tetapi dalam pelaksanaannya masih dominan kegiatan *mariculture* (PKSPL, 2006).

Sea ranching berbeda dengan *mariculture*, namun dalam pelaksanaannya ada sebagian *mariculture* dipertimbangkan yakni adanya kegiatan pembesaran benih pada ukuran tertentu untuk bisa dilepas ke perairan. Begitu pula dengan tahapan penangkapan, ikan yang tertangkap oleh nelayan pada lokasi *ranching*

yang belum mencapai ukuran tertentu akan diletakkan kembali di keramba untuk pembesaran agar bisa dijual sesuai dengan permintaan pasar (PKSPL, 2006). Selain masyarakat mendapatkan manfaat secara ekonomi, keseimbangan lingkungan juga terjaga kelestariannya sehingga diharapkan terciptanya pengelolaan yang berkelanjutan didukung dengan adanya upaya perbaikan habitat terumbu karang (Mokness, 1997).

Aktivitas keramba jaring apung yang terdapat di perairan Pulau Semak Daun memiliki potensi untuk menghasilkan limbah dari sisa-sisa pakan berupa bahan organik. Bersama-sama dengan limbah organik yang berasal dari berbagai kegiatan di darat (pemukiman dan industri), apabila tidak dikendalikan dengan baik akan menyebabkan terjadinya *eutrofikasi* yang akan berkontribusi terhadap degradasi terumbu karang melalui peningkatan pertumbuhan makroalga yang melimpah (*overgrowth*) (McCook, 1999).

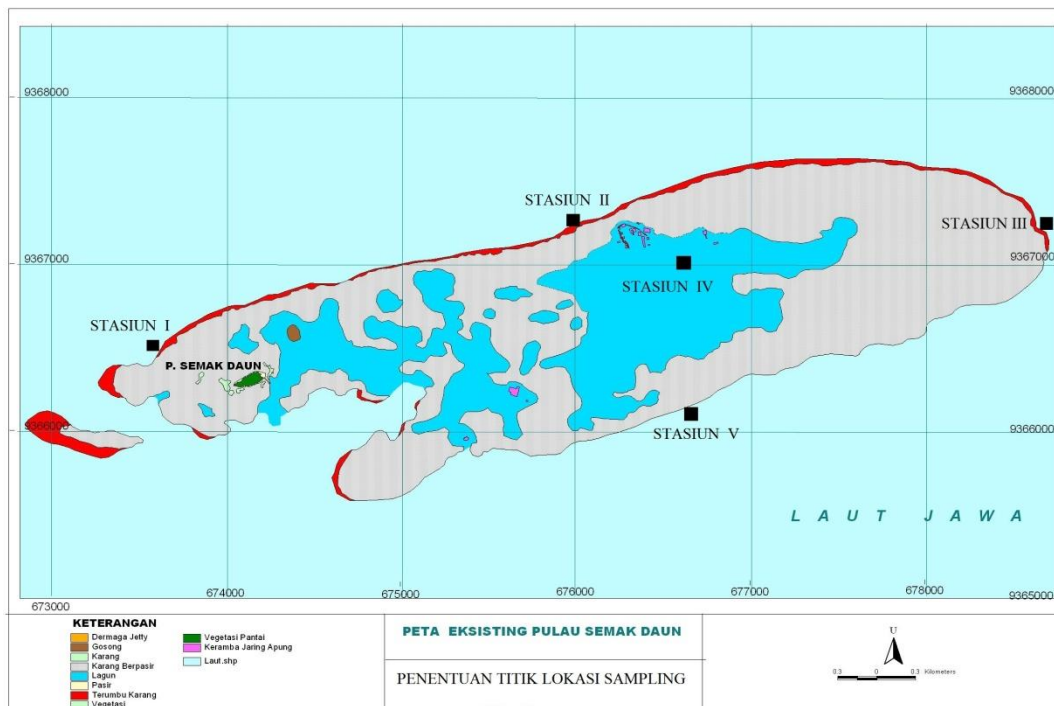
Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya dukung lingkungan terhadap masukan bahan organik baik dari kegiatan keramba jaring apung (*marikultur*) dan kegiatan antropogenik lainnya untuk mendukung kegiatan pengelolaan *sea ranching* di perairan Pulau Semak Daun Kepulauan Seribu.

Metode Penelitian

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Wilayah Perairan Semak Daun, Kelurahan Pulau Panggang, Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu (KAKS) Daerah Khusus Ibukota Jakarta (DKI Jakarta). Merupakan perairan yang memiliki potensi pengembangan *Sea ranching*. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2013 – Juli 2013.

Untuk melihat parameter kualitas air di perairan pulau Semak Daun ditetapkan 5 titik pengamatan, yaitu: titik pengamatan 1 (satu) ditempatkan di daerah terumbu karang pada sisi bagian barat perairan Semak Daun yang jauh dari aktifitas KJA pada 106°.33'.980" BT dan 05°.43'.627" LS. Titik pengamatan 2 (dua) ditempatkan di daerah terumbu karang pada bagian utara perairan Semak Daun yang berada dekat dengan aktifitas KJA pada 106°.36'.215" BT dan 05°.42'.933" LS, titik pengamatan 3 (tiga) ditempatkan di daerah terumbu karang yang memiliki kondisi karang yang sangat baik pada sisi bagian timur perairan Semak Daun pada 106°.36'.744" BT dan 05°.43'.515" LS. Titik pengamatan 4 (empat) ditempatkan pada perairan dalam goba sekitar aktifitas KJA pada 106°.35'.530" BT dan 05°.43'.239" LS. dan titik pengamatan 5 (lima) ditempatkan pada bagian selatan perairan Semak Daun yang merupakan selat sempit antara pulau Semak Daun dengan Pulau Karya dan dekat dengan pulau-pulau padat penduduk dengan koordinat 106°.36'.046" BT dan 05°.43'.751" LS. Titik sampling penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Titik sampling di Perairan Semak Daun (Working Paper PKSPL-IPB, 2006)

Metode pengumpulan data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer meliputi data kualitas perairan yang terdiri dari parameter fisika dan kimia, jumlah pakan, dan pasang surut yang diperoleh dari pengukuran di lapangan. Data sekunder meliputi data fisik perairan, peta lingkungan perairan, data publikasi ilmiah, data dari instansi terkait, maupun dari Lembaga Swadaya Masyarakat.

Estimasi pendugaan kuantitatif limbah yang berasal dari kegiatan budidaya (*internal loading*)

Untuk menduga jumlah limbah budidaya ikan kerapu (berupa feses maupu sisa pakan) yang terbuang dari keramba ke lingkungan perairan di bagian luar jaring dipasang jaring halus mesh size 20 mikron. Jaring halus tersebut dipasang di luar jaring apung (tempat pemeliharaan ikan). Perangkap tersebut diikatkan pada sebuah bingkai yang terbuat dari kayu ulin berbentuk segi empat yang berukuran 3,5 x 3,5 meter, dan bagian bawah perangkap dipasangi pemberat. Pengumpulan limbah sisa pakan dan feses dilakukan setiap bulan sekali sebanyak 3 kali sampling ulangan (selama kegiatan budidaya). Untuk pengumpulan sisa pakan dilakukan 2 jam setelah pemberian pakan, sedangkan untuk pengumpulan feses, jaring halus dipasang selama 24 jam sebelum koleksi feses. Limbah yang terkumpul kemudian dipisahkan antara feses dan sisa pakan. Baik feses maupun sisa pakan kemudian ditimbang dan selanjutnya dianalisa kadar proximat yang terdiri dari yaitu lemak kasar (*Ekstraksi Soxhlet*), karbohidrat (*Spektrofotometer*), serat kasar (*Fibretex*), kadar abu (*Muffle*), kadar air (pengeringan oven), serta N dan P (*Semi Micro Kjeldahl dan Olsen*).

Pendugaan kuantifikasi limbah total N dan P (TN dan TP) didasarkan atas data kandungan N dan P dalam pakan, dan dalam karkas ikan kerapu (Barg, 1992). Pendugaan total N dan P mengacu pada metode Ackefors dan Enell, 1990 *in* Barg, 1992), dihitung dengan persamaan untuk Loading N dan P adalah :

$$\text{Kg P} = (A \times \text{Cdp}) - (B \times \text{Cfp})$$

$$\text{Kg N} = (A \times \text{Cdn}) - (B \times \text{Cfn})$$

Keterangan :

A = bobot basah pakan yang digunakan (kg)

B = bobot basah kerapu yang diproduksi (kg)

Cd = kandungan phosphor (Cdp) dan nitrogen (Cdn) di pakan diekspresikan sebagai % bobot basah)

Cf = kandungan phosphor (Cfp) dan nitrogen (Cfn) dari karkas ikan, diekspresikan sebagai % bobot basah.

Pendekatan estimasi beban limbah budidaya yang diterapkan dalam studi ini mengacu pada penelitian sebelumnya (Noor, 2008) dan merupakan pengembangan formula estimasi dari beban pakan yang masuk keperairan. Tabel 1 menunjukkan nilai parameter penentuan beban limbah budidaya ikan kerapu dalam KJA.

Berdasarkan hasil kajian BAPEKAB (2004) luas lahan yang sesuai untuk budidaya sistem keramba jaring apung pada perairan pulau Semak Daun adalah 9,99 ha. Satu unit keramba terdiri dari 6 buah petakan keramba berukuran 3 x 3 x 2,5 m³ padat penebaran 20 ekor/m³. Dalam 1 ha terdapat 10% untuk pemanfaatan, sehingga dalam 1 ha terdapat ± 100 petakan atau 16 unit keramba. Satu unit keramba serentak ditebar dengan benih ikan, sehingga 1 unit keramba berisi ± 2.700 ekor ikan kerapu. Selama masa pemeliharaan diasumsikan tingkat kelulusan hidupan ikan sebesar 80%, sehingga pada saat pemanenan diperkirakan total biomass ikan kerapu adalah 2.160 ekor. Jika bobot individu ikan di asumsikan 500g/ekor maka dalam satu siklus pemeliharaan (6 bulan) didapat total produksi sebesar 1,08 ton ikan kerapu. Diketahui untuk memproduksi 0,238 ton ikan membutuhkan pakan 1,405 ton rucah (Noor 2008). Analisis *proximat* didapatkan kandungan N pakan ikan rucah sebanyak 177,2 kg (12,6 %) dan 36,6 kg P (2,6%).

Tabel 1. Nilai parameter penentuan beban limbah budidaya ikan kerapu dalam keramba jaring apung (Noor, 2008)

No	Parameter yang dianalisa	Nilai
1	Rasio Konversi Pakan (FCR)	5,9
2	Kandungan N Pakan (%)	12,6
3	Kandungan P Pakan (%)	2,6
4	Bobot awal ikan (gr/ekor)	360
5	Bobot akhir ikan (gr/ekor)	528
6	Jumlah pakan yang dibutuhkan (kg)	1.406,3
7	Jumlah pakan yang terbuang (18%)	253,1
8	Kebutuhan N untuk memproduksi ikan (kg/ton ikan)	145,4
9	Kebutuhan P untuk memproduksi ikan (kg/ton ikan)	29,9
10	Kecernaan N Pakan (%)	81,0
11	Kecernaan P Pakan (%)	57,5
12	Retensi N (%)	26,1
13	Retensi P (%)	23,8
14	Jumlah feses yang dihasilkan oleh 1 ton ikan	454,4 kg/ton ikan (39,4%)

Pendugaan kuantitatif limbah yang bersumber dari daratan (*antropogenik*) (*eksternal loading*)

Pendugaan beban limbah dari kegiatan masyarakat yang berada di daratan mengacu pada metode yang dikembangkan oleh McGlone (2006), melalui *Land Ocean Interaction in the Coastal Zone* (LOICZ). Pendugaan kuantitatif limbah yang bersumber dari daratan (*upland*) berasal dari aktivitas (1) pemukiman, dan (2) peternakan, bertujuan untuk mengetahui besaran potensi kontribusi beban limbah organik (nitrogen dan phosphor) ke perairan. Tabel 2 menunjukkan jenis aktivitas dan koefisien limbah pemukiman.

Tabel 2. Jenis aktifitas dan koefisien limbah pemukiman

No.	Jenis Aktifitas	Koefisien Limbah	Sumber Acuan
Aktivitas Pemukiman			
1.	Limbah padat	1,86 kg N/org/th 0,37 kg P/org/th	Sogreah (1974)
2.	Sampah	4 kg N/org/th 1 kg P/org/th	Padilla <i>et al.</i> (1997)
3.	Deterjen	1 kg P/org/th	World Bank (1993)
Komoditas Peternakan			
4.	Ternak Sapi	43,8 kg N/ekr/th 11,3 kg P/ekr/th	WHO (1993)
5.	Ternak Kambing	4 kg N/ekor/th 21,5 kP/ekor/th	WHO (1993)
6.	Ternak Ayam	0,3 kg N/ekor/th 0,7 kg P/ekor/th	Valiela <i>et al</i> (1997)

Catatan : 1) Sogreah (1974); 2) Padilla *et al* (1997); 3) World Bank (1993) in Diego- McGlone (2006) 4) WHO (1993); 5) Valiela *et al* (1997) in Diego-McGlone (2006)

Beban limbah yang berasal dari pemukiman dan peternakan diperoleh dari data perhitungan langsung dilapangan yang mengacu pada data sekunder statistik Desa/Kecamatan. Pendugaan total nitrogen (TN) dan total fosfat (TP) dari limbah antropogenik dihitung dengan mengalikan antara tingkatan aktivitas dengan koefisien limbah (N dan P). dengan persamaan sebagai berikut :

$$TN = \text{tingkatan aktivitas} \times \text{koefisien limbah}$$

$$TP = \text{tingkatan aktivitas} \times \text{koefisien limbah}$$

Pendugaan daya dukung melalui pendekatan beban limbah N

Limbah buangan dari aktifitas budidaya mengakibatkan terjadinya pengkayaan nutrisi (*Hipernutrifikasi*) di perairan. Level hipernutrifikasi ditentukan oleh volume badan air, laju pembilasan

(flushing rate) dan fluktuasi pasang surut (Gowen *et al.*, 1989 in Barg, 1992), memberikan persamaan estimasi sebagai berikut :

$$E_c = N \times F / V$$

Keterangan :

E_c = Konsentrasi limbah/ *level hipernutrisi* (mg/l)

N = output harian dari limbah nitrogen terlarut (limbah internal dan eksternal)

F = *flushing time* dari badan air (hari)

V = volume badan air (L)

Flushing time ditentukan dengan menggunakan formula :

$$F = 1 / D$$

Laju pengeceran (*dilution*) D , dapat dihitung dengan metode pergantian pasang yaitu :

$$D = (V_h - V_l) / T \times V_h$$

Keterangan :

$(V_h - V_l)$ = volume pergantian pasang

V_h = volume air dalam badan air saat pasang tertinggi (m^3)

V_l = volume air dalam badan air saat surut (m^3)

T = periode pasang dalam satuan hari

Perhitungan Volume Badan Air, diukur pada saat pasang tertinggi (MHWS (*Mean High Water Spring*), dan pada saat surut terendah MLWS (*Mean Low Water Spring*) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_h = A \cdot h_1 \text{ dan } V_l = A \cdot h_0$$

Keterangan :

A = luas perairan (m^2)

h_1 dan h_0 = kedalaman perairan saat pasang tertinggi dan surut terendah

V_h = Volume air pada saat pasang tertinggi

V_l = Volume air pada saat surut terendah

$V_h - V_l$ = perubahan volume karena efek pasang.

Perhitungan selanjutnya adalah menghitung konsentrasi $[N_p]$ hasil pengkayaan nutrient ini dihubungkan dengan nilai nitrogen (Ammonia (NH_3N) baku mutu perairan untuk budidaya (Kep-51/MENLH/2004) untuk mendapatkan nilai kapasitas optimal produksi budidaya ($Prod_{opt}$) dengan pengertian bahwa nilai konsentrasi $[N_p]$ berasal dari limbah produksi ikan (per unit rakit KJA) dan antropogenik tidak melebihi baku mutu, maka produksi optimal dapat diduga dengan persamaan sebagai berikut :

$$(Prod_{opt}) \text{ (ton)} = \frac{[N_{bm}]}{[N_p]}$$

Keterangan :

$[N_{bm}]$ = $[N]$ baku mutu perairan untuk budidaya (0,3 – 1 ppm) selang konsentrasi Ammonia (NH_3N) yang dipersyaratkan.

$[N_p]$ = Konsentrasi $[N]$ limbah produksi ikan antropogenik hasil pengkayaan nutrient.

Pendugaan daya dukung melalui ketersediaan oksigen terlarut dengan limbah organik

Penentuan daya dukung perairan berdasarkan ketersediaan oksigen terlarut mengacu kepada Willoughby *in* Meade (1989); Boyd (1990) bahwa penentuan daya dukung perairan berdasarkan ketersediaan oksigen terlarut yaitu perbedaan antara konsentrasi oksigen (O_2) terlarut minimal yang dikehendaki oleh organisme (O_{in}) dengan kadar oksigen yang tersedia didalam perairan (O_{out}). Kadar minimum oksigen terlarut yang dikehendaki untuk budidaya (O_{out}) = 4 ppm.

Jika volume air ($Q_0 \text{ m}^3$) diketahui, maka total oksigen yang tersedia dalam perairan (O_2) selama 24 jam (1.440 menit/hari) adalah :

$$\begin{aligned} &= Q_0 \text{ m}^3 / \text{min} \times 1.440 \text{ min/hari} \times (O_{in} - O_{out}) \text{ g } O_2 / \text{m}^3 \\ &= A \text{ g } \text{m}^3 / \text{hari} / 1000 \\ &= B \text{ kg } O_2 \end{aligned}$$

Keterangan :

Q_o = volume air (m^3)
 Q_{in} = kandungan oksigen terlarut didalam badan air (mg/l)
 O_{out} = kadar oksigen minimal yang dibutuhkan oleh ikan (mg/l)
1.440 = jumlah menit dalam satu hari

Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai bahan organik diketahui berdasarkan Willoughby (1968 in Meade 1989) bahwa setiap 1 kg limbah organik memerlukan 0,2 kg O_2 / limbah organik.

Beban limbah bahan organik yang dapat ditampung tanpa melampaui daya dukung dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{B \text{ kg } O_2}{0,2 \text{ kg } O_2 / \text{kg limbah organik}} \quad C \text{ kg limbah bahan organik}$$

Jika diketahui dalam 1 unit rakit KJA menghasilkan limbah bahan organik D kg limbah bahan organik, maka kapasitas daya dukung lingkungan perairan untuk budidaya kerapu adalah :

$$\frac{C \text{ kg limbah bahan organik}}{D \text{ kg limbah bahan organik}/1 \text{ unit KJA}} \quad \text{Unit rakit KJA}$$

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Kondisi umum dan oseanografi perairan Pulau Semak Daun

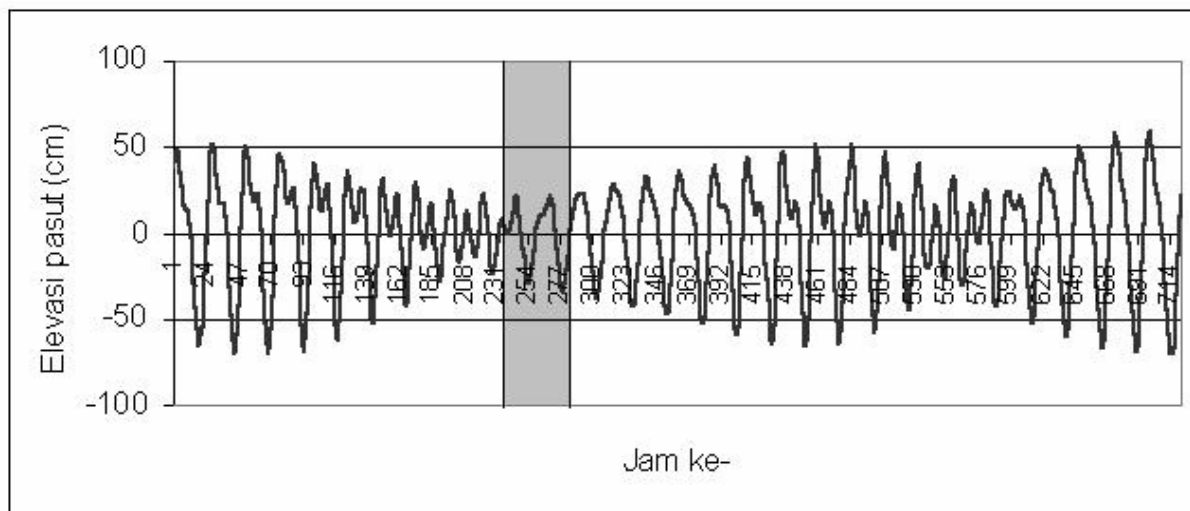
Pulau Semak Daun termasuk dalam kawasan administrasi kelurahan panggang yang memiliki 13 Pulau diantaranya, Pulau karang bongkok, Pulau kotok kecil, Pulau karang congkak, Pulau semak daun, Pulau panggang dan Pulau air. Diantara pulau tersebut terdapat 3 pulau dengan kawasan perairan laut dangkal terlindung (perairan karang dalam) yang relatif luas yaitu : Pulau Semak Daun, Pulau Karang Congkak dan Pulau Karang bongkok. Berdasarkan prinsip keterlindungan saja perairan laut dangkal di sekitar pulau tersebut diperkirakan menyimpan potensi yang tinggi sebagai kawasan marikultur.

Kawasan perairan potensial di Semak Daun adalah 40,7 ha untuk *pen culture*, 9,99 ha (1,81 ha di perairan karang dalam dan sisanya di luar perairan karang dalam), untuk *cage culture*, dan 262,31 ha untuk *long line*. Sementara, kawasan potensial untuk *sea ranching* seluas 272,30 ha (BAPEKAB, 2004).

Keadaan angin di Kepulauan Seribu sangat dipengaruhi oleh angin monsoon yang secara garis besar dapat dibagi menjadi Angin Musim Barat (Desember-Maret) dan Angin Musim Timur (Juni-September). Musim Pancaroba terjadi antara bulan April-Mei dan Oktober-Nopember. Kecepatan angin pada musim Barat bervariasi antara 7-20 knot per jam, yang umumnya bertiup dari Barat Daya sampai Barat Laut. Angin kencang dengan kecepatan 20 knot per jam biasanya terjadi antara bulan Desember-Februari. Pada musim Timur kecepatan angin berkisar antara 7-15 knot per jam yang bertiup dari arah Timur laut sampai Tenggara.

Prediksi pasut untuk stasiun terdekat dengan perairan Semak Daun adalah posisi 5°LS dan 106,5°BT, tipe pasut di perairan ini tergolong pasut campuran dominan ganda, yaitu mengalami dua kali pasang surut selama 24 jam. Kisaran pasut terendah terlihat pada pasang perbani (*neap tide*) yaitu 42,45 cm sedangkan kisaran tertinggi mencapai 124 cm saat pasang purnama (*spring tide*). Dengan rata-rata elevasi pasang surut berkisar antara +50 cm dan -50 cm (Gambar 2).

Arus merupakan kekuatan air laut yang dapat mendistribusikan bahan terlarut maupun bahan tersuspensi dari satu lokasi ke lokasi lain. Arus sangat berpengaruh positif terhadap penyebaran biota laut dan nutrisi, namun juga dapat berpengaruh negatif bila ia membawa bahan pencemar. Arah dan kecepatan arus dipengaruhi oleh pasang surut (pasut) dan hembusan angin permukaan. Sistem arus yang berkembang di perairan Semak Daun sangat dipengaruhi oleh laut jawa. Wrytki (1961) menguraikan bahwa laut jawa dibangun oleh angin musim. Pada musim barat, arus umumnya datang dari sebelah utara (Laut Cina Selatan), memasuki laut jawa dan bergerak ke arah timur dengan tinggi gelombang mencapai 0,5 m, sebaliknya pada musim timur arus datang dari sebelah timur menuju arah barat laut jawa dimana di daerah tenggara sumatera terjadi divergensi, yaitu sebagian menuju utara dan lainnya memasuki Selat Sunda dengan tinggi gelombang mencapai 0,6 m.



Gambar 2. Hasil prediksi pasang surut selama 30 hari pada bulan Juli dan waktu pengamatan (kotak yang diarsir).

Kondisi fisika dan kimia perairan Pulau Semak Daun

Secara umum kondisi fisika dan kimia perairan masih mendukung bagi kehidupan biota laut. Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia perairan yang telah dilakukan disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia perairan di semua stasiun pengamatan.

Parameter	ST I	ST II	ST III	ST IV	ST V	Baku Mutu Air Laut (Kep Men LH No.51/2004)
A. Fisika						
1. Suhu (°C)	29,5	29,8	29,7	30,2	29,7	28-32
2. Salinitas (‰)	30,6	31,2	31,2	31,6	32,2	33-34
3. Kecerahan (m)	9,40	5,60	8,20	6,60	7,40	>5
4. Kekeruhan (NTU)	0,45	0,40	0,57	0,87	0,37	<5
5. Kecepatan Arus (m/dt)	0,16	0,15	0,45	0,09	0,38	0,15-0,25
B. Kimia						
1. pH	8,01	8,11	8,04	8,00	8,02	7-8,5
2. Nitrat (NO ₃ -N) (mg/l)	0,136*	0,364*	0,216*	0,228*	0,187*	0,008
3. Nitrit (NO ₂ -N) (mg/l)	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	-
4. Ammonia (NH ₃ -N) (mg/l)	0,067	0,040	0,046	0,052	0,028	0,3
5. Orto Fosfat (PO ₄ -P) (mg/l)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,015

Keterangan: * melewati nilai baku mutu air laut untuk biota laut (KepMen LH No. 51 Tahun 2004).

Konsentrasi nitrogen dalam bentuk nitrat selama penelitian nilainya berkisar antara 0,136 mg/l – 0,364 mg/l. Nilai terendah terdapat di stasiun I sebesar 0,136 mg/l dan tertinggi terdapat di stasiun II 0,364 mg/l. Menurut Effendi (2006) kadar nitrat di perairan alami hampir tidak pernah melebihi 0,1 mg/l. Kadar nitrat lebih dari 5 mg/l menandakan telah terjadi pencemaran antropogenik dari aktivitas manusia. Kadar nitrat lebih dari 0,2 mg/l berpotensi untuk dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi dan selanjutnya memicu pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat. Berdasarkan kandungan nitrat maka tingkat kesuburan perairan di Pulau Semak Daun termasuk ke dalam kategori perairan mesotrofik yaitu kadar nitrat antara 0,110 – 0,290 mg/l (Hakanson dan Bryhn, 2008).

Penyerapan nitrat yang banyak oleh makroalga mendorong laju pergerakan tumbuh makroalga (Mahasim *et al.*, 2005). Dampak positif dari cepatnya pertumbuhan tersebut adalah banyaknya ketersediaan makanan bagi ikan herbivor yang merupakan konsumen tingkat pertama dalam rantai makanan. Sedangkan dampak negatif dari proses tersebut adalah berkurangnya tempat bagi karang keras untuk

tumbuh karena alga (zooxanthellae) yang bersimbiosis dengan hewan karang memiliki struktur tubuh yang lebih kecil daripada makroalga sehingga volume ortofosfat dan nitrat yang diserap lebih sedikit.

Hasil pendugaan kuantitatif limbah yang berasal dari kegiatan budidaya (*internal loading*)

Diketahui untuk memproduksi 0,238 ton ikan membutuhkan pakan 1,405 ton rucah (Noor, 2008). Analisis *proximat* didapatkan kandungan N pakan ikan rucah sebanyak 177,2 kg (12,6 %) dan 36,6 kg P (2,6%). Diasumsikan 1 unit keramba selama enam bulan memproduksi 1,08 ton ikan kerapu maka kebutuhan pakan rucah sebanyak 2,341 ton, dengan nilai N (12,6%) 295,1 Kg dan P (2,6%) 60,9 Kg. Pakan terbuang (sisa) adalah 18% dari total pakan yang diberikan, dengan jumlah 421,5 Kg. Dengan nilai N (12,6%) 53,1 Kg dan P (2,6%) 11,0 Kg. Total pakan yang dimakan oleh ikan (total pakan yang diberikan – total pakan yang terbuang) adalah 1.920,2 Kg (82 %). Dengan nilai N (12,6%) 241,9 Kg dan P (2,6%) 49,9 Kg. Banyaknya feses yang dikeluarkan oleh ikan yang dipelihara adalah sekitar 39,4% dari pakan yang dimakan dengan total 756,6 Kg. Dengan nilai N 46 Kg dan P 21,2 Kg. N dan P yang tersimpan didalam daging ikan (retensi) sebesar 51,1 Kg N dan 6,8 Kg P. Untuk N dan P yang terbuang sebagai ekskresi (terlarut) adalah 144,8 Kg N dan 21,9 Kg P. Sehingga jumlah total *loading* N dan P dari kegiatan budidaya sistem keramba jaring apung yang masuk ke perairan adalah 243,9 Kg N dan 54,1 Kg P. Total bahan organik partikel yang dihasilkan sebesar 1.178,1 Kg/ton ikan produksi atau sebesar 50,3 % dari total pakan segar/rucah yang digunakan sebanyak 2.341,7 Kg. Secara singkat perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Hasil Pendugaan Kuantifikasi Total N dan P dari pakan yang diberikan

Parameter (kg)	Jumlah (kg/ton ikan)	N (kg/ton ikan)	P
Pakan yang diberikan	2.341,7(100%)	295,1 (100%)	60,9 (100%)
Pakan yang dimakan (eaten food)	1.920,2 (82%)	241,9 (81,9%)	49,9 (81,9%)
Pakan yang terbuang (uneaten food)	421,5 (18%)	53,1 (18,0%)	11,0 (18,1%)
Feses	756,6 (39,4%)	46,0 (15,6%)	21,2 (34,8%)
Retensi	-	51,1 (17,3%)	6,8 (11,2%)
Ekskresi (terlarut)	-	144,8 (49,1%)	21,9 (35,9%)
Total limbah	1.178,1(50,3%)	243,9 (82,6%)	54,1 (88,8%)

Dari hasil estimasi besaran limbah bahan organik yang dihasilkan yaitu sebesar 1.178,1 kg/ton ikan produksi atau sebesar 50,3% dari total pakan segar/rucah yang digunakan, lebih besar dari hasil penelitian yang dilakukan dengan pakan komersil yaitu hanya sebanyak 30% dari pakan menjadi limbah bahan organik (McDonald *et al.*, 1996). Persentase nilai tersebut menunjukkan adanya perbedaan besarnya limbah yang masuk ke dalam perairan dari dua jenis pakan yaitu pakan rucah dan pakan komersil (pellet).

Menurut Goddard (1996) pengurangan N dalam pakan hanya dapat dicapai jika menggunakan pakan buatan. Kualitas pakan mempengaruhi pertumbuhan ikan secara keseluruhan (pertumbuhan harian dan konversi makanan), kesehatan ikan, buangan limbah fekal dan limbah pakan, dan jumlah total phosphor yang pada akhirnya dilepaskan ke perairan.

Bila diperbandingkan antara *performance* pakan komersil dan pakan alami/rucah terhadap pertumbuhan ikan terlihat tidak ada perbedaan, namun dampak terhadap lingkungan dari limbah pakan yang terbuang ke perairan cukup berbeda, hal ini terlihat dari efisiensi pakan. Pakan komersil mempunyai efisiensi pakan sebesar 65,29%, sedangkan pakan alami/rucah mempunyai efisiensi 17,96% sehingga pakan rucah diduga lebih memberikan dampak negatif lebih besar terhadap lingkungan dari pada pakan komersil (Sutarmat *et al.*, 2003).

Hasil pendugaan kuantitatif limbah yang bersumber dari daratan (*antropogenik*) (*eksternal loading*)

Hasil analisis menunjukkan bahwa aktivitas yang berkontribusi besar adalah kegiatan peternakan dan rumah tangga. Berdasarkan data Demografi Kelurahan Pulau Panggang bulan Februari 2011 menunjukkan bahwa jumlah penduduk Kelurahan Pulau Panggang adalah 5.751 jiwa dengan komposisi penduduk laki-laki sebesar 2.928 jiwa dan perempuan 2.823 jiwa. Kelurahan Pulau Panggang sendiri terdiri dari 5 RW dan 29 RT. Sebanyak 3 RW dan 21 RT berada di Pulau Panggang dan sisanya 2 RW dan 8 RT berada di Pulau Pramuka. Wilayah Pulau Panggang digunakan seluruhnya untuk pemukiman penduduk, sedangkan wilayah Pulau Pramuka selain digunakan untuk pemukiman terdapat juga kantor kabupaten, sekolah dan perkantoran lainnya. Keseluruhan penduduk bermukim dan beraktivitas disekitar perairan pulau Semak Daun.

Hasil identifikasi jenis dan tingkat aktivitas serta pendugaan limbah antropogenik di perairan Pulau Semak Daun diuraikan pada Tabel 5. Dari hasil perhitungan pendugaan didapatkan data bahwa jumlah total N (kg/tahun) sebesar 33.804,86 dan total P (kg/tahun) sebesar 14.115,87. Total N sebagian besar bersumber dari limbah rumah tangga sebesar 33.700,86 kg N/tahun, sedangkan limbah dari peternakan hanya sebesar 104 kg N/tahun. Total P sebagian besar bersumber dari limbah rumah tangga yakni sebesar 13.629,87 kg P /th, sedangkan limbah dari peternakan hanya sebesar 486 kg/th. Berdasarkan asumsi bahwa hanya 25% dari limbah antropogenik yang masuk ke perairan setelah melalui asimilasi didaratan maka kontribusi limbah dari kegiatan antropogenik adalah $0,25 \times 33.804,86 = 8.451,22$ kg N dan $3.528,97$ kg P per tahun. Maka bila dikonversi hariannya sebesar 23,15 kg N/hari dan 9,66 kg P/hari, besaran total N dan P dari limbah antropogenik selama 180 hari masa pemeliharaan adalah sebesar 4.167 kg N dan 1.738,8 kg P.

Tabel 5. Pendugaan beban limbah antropogenik sekitar perairan pulau Semak Daun

Jenis Aktivitas Limbah	Koefisien Aktivitas	Tingkatan (kg/th)	Total N (kg/th)	Total P	Ket.
Rumah tangga					
1. Limbah padat 0,37 kg P/org/th	1,86 kg N/org/th	5,751 orang	10.696,86	2127,87	1
2. Sampah 1 kg P/org/th	4 kg N/org/th		23.004	5.751	2
3. deterjen	1 kg P/org/th			5751	3
Jumlah			33.700,86	13.629,87	
Peternakan					
1. Sapi 11,3 kg P/ekr/th	43,8 kg N/ekr/th	-	-	-	4
2. Kambing 21,5 kP/ekor/th	4 kg N/ekor/th	20 ekor	80	430	4
3. Ayam 0,7 kg P/ekor/th	0,3 kg N/ekor/th	80 ekor	24	56	5
Jumlah			104	486	
Jumlah Total			33.804,86	14.115,87	

Sumber Pustaka : 1) Sogreah (1974); 2) Padilla *et al* (1997); 3)World Bank (1993); 4) WHO (1993); 5) Valiela *et al* (1997) in Diego-McGlone (2006).

Pendugaan daya dukung melalui pendekatan beban limbah N

Pendugaan daya dukung lingkungan perairan Pulau Semak Daun bagi pengembangan KJA ikan kerapu dilakukan dalam 2 (dua) pendekatan analisis, yaitu (1) Pendekatan analisis pada beban limbah total N dan (2) Pendekatan analisis pada ketersediaan oksigen terlarut dalam perairan teluk dan limbah bahan organik. Beberapa parameter yang menjadi acuan penduga daya dukung antara lain :

1. Luas perairan pulau Semak Daun = 315,19 ha
2. Volume air pasang tertinggi (V pasang) = 3.467.090 m³
3. Volume air surut terendah (V surut) = 1.260.760 m³
4. *Flushing time* = 0,8 hari

5. Rataan konsentrasi oksigen terlarut dalam kondisi *steady state* = 7 ppm
6. Konsentrasi oksigen minimal yang dibutuhkan dalam sistem budidaya : 4 ppm, diambil dari level kritis oksigen (pembulatan dari 3,6 ppm dari hasil penelitian) dan Lee *et al.* (2001) in Rachmansyah, (1997).
7. *Food consumption oxygen* (FCO) 0,2 kg O₂ (Willoughby 1968 in Meade 1989; Boyd 1990).
8. Total bahan organik = 1,178.1 kg
9. Total beban N = 243,9 kg/1,08 ton ikan
10. Total beban P = 54,1 kg/1,08 ton ikan
11. Produktivitas ikan kerapu = 237,6 kg/keramba

Pendugaan daya dukung perairan pulau Semak Daun dengan pendekatan beban limbah N didasarkan pada beban limbah N baik yang berasal dari kegiatan budidaya KJA ikan kerapu maupun yang berasal dari aktivitas *antrophogenik* di daratan (*upland*) sekitar perairan. Beban limbah yang berasal dari kegiatan budidaya sebesar 243,9 kg N dan 54,1 kg P beban limbah, dan dari aktivitas antropogenik di daratan (*upland*) sebesar 8.451,22 kg N dan 3.528,97 kg P per tahun.

Berdasarkan formula yang dikembangkan oleh Barg (1992) untuk perhitungan *nutrient loading* N, hasil yang diperoleh bahwa konsentrasi N yang masuk ke perairan adalah 0,0073 mg/l.

Nilai N ini selanjutnya dihubungkan dengan nilai N baku mutu perairan untuk budidaya (Kementrian Lingkungan Hidup, 2004), untuk mendapatkan nilai kapasitas optimal produksi budidaya (P_{opt}) dengan pengertian bahwa nilai konsentrasi (N) berasal dari limbah produksi 1,08 ton kerapu ditambah dengan nilai N akibat masukan kegiatan antropogenik, maka produksi optimal (P_{opt}) dapat diduga untuk setiap hektar lahan budidaya adalah 41,09 unit. Dan jika dikalikan dengan 1,08 ton produksi ikan maka hasil yang didapat adalah 44,37 ton.

Dari hasil perhitungan pendugaan daya dukung, perairan pulau Semak Daun mampu menunjang produksi optimal adalah sebesar 44,37 ton. Bila dikonversi kepada jumlah unit yang dapat dibudidayakan adalah 1 unit terdiri dari 6 keramba berukuran 3 x 3 x 2,5 meter dengan tingkat produktivitas sebesar 237,6 kg /keramba, maka dalam 1 unit keramba berproduksi 1.4 ton, jumlah unit yang dapat dikelola adalah sebanyak 31,7 unit (dibulatkan 32 unit KJA) atau (192 petak KJA). Dari luasan 9,99 ha yang sesuai untuk kegiatan KJA, hanya 2 ha luasan yang diperkenankan untuk dijadikan sebagai kegiatan KJA berdasarkan nilai daya dukung melalui pendekatan beban limbah N.

Pendugaan daya dukung melalui ketersediaan oksigen terlarut dengan limbah organik

Berdasarkan data parameter kualitas air hasil pemantauan oleh Suku Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu (SPKKAKS) tahun 2008 di perairan pulau Semak Daun, didapat bahwa kandungan oksigen terlarut (DO) adalah 5,82 – 7,12 mg/l. Jika diasumsikan nilai rata-rata oksigen terlarut adalah 7 mg/l, ini berarti selisih antara oksigen yang ada di dalam (O_{in}) dan di luar (O_{out}) sebesar 3 ppm. Selanjutnya diketahui bahwa volume air yang tersedia sebesar 2.660.729 m³, maka kapasitas oksigen yang tersedia dalam perairan yaitu : $2.660.729/24 \times 3 \text{ ppm} = 332.591 \text{ kg O}_2$. Kadar oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai/merombak 1 kg limbah organik pakan diperlukan oksigen sebesar 0,2 kg (Willoughby in Meade, 1989), maka kemampuan perairan untuk menampung limbah organik yaitu $332.591 \text{ kg O}_2/0,2 = 16.629,5 \text{ kg limbah organik}$. Hal ini berarti kemampuan perairan menampung limbah organik yang diperkenankan dari hasil budidaya KJA ikan kerapu tanpa melampaui daya dukung perairan pulau Semak Daun adalah sebesar 16.629,5 kg limbah organik. Bila dalam 1 unit KJA rata-rata menghasilkan BO sebesar 589 kg, maka bila dikonversi menjadi jumlah unit maksimal yang mampu ditampung (daya dukung) oleh perairan Pulau Semak Daun adalah sebanyak 28 unit (168 petak) keramba. Berdasarkan nilai daya dukung melalui ketersediaan oksigen terlarut, hanya 1,6 ha luasan yang diperkenankan untuk dijadikan sebagai kegiatan KJA dari luasan kesesuaian lahan sebesar 9,99 ha. Tabel 6 merupakan rekapitulasi dua metode pendekatan pendugaan daya dukung dalam 9,99 ha luas area yang sesuai untuk budidaya KJA ikan kerapu.

Tabel 6. Rekapitulasi 2 (dua) metode pendekatan pendugaan daya dukung untuk budidaya KJA Ikan Kerapu dalam 9,99 ha luas area yang ada di Perairan pulau Semak Daun

Metode Pendekatan	Daya Dukung	Keterangan
Beban Limbah Organik dengan Ketersediaan DO	16.629,5 kg limbah organik atau 28 unit (168 petak KJA) 1,6 ha dari 9,99 ha area yang sesuai.	Dominan dipengaruhi oleh beban limbah organik
Beban limbah Nitrogen budidaya (Baku mutu 0,3 ppm)	44,37 ton ikan atau 32 unit rakit (192 KJA) 2 ha dari 9,99 ha area yang sesuai.	Dominan dipengaruhi oleh beban limbah N dan volume air.

Pembahasan

Masukan nitrogen dan phosphor ke perairan laut dan jenis limbah lainnya dapat memicu proses biologi berupa eutrofikasi. Hal ini juga tergantung pada volume dan durasi masukan nutrien dan kapasitas asimilasi dari perairan yang menerima masukan tersebut, peningkatan masukan tersebut dapat menggeser struktur jaring makanan di suatu kawasan dan memicu pengurangan secara ekologi dari kawasan tersebut (McClelland dan Valiella, 1998).

Dengan mengetahui nilai estimasi limbah baik dari kegiatan budidaya keramba jaring apung maupun dari kegiatan antropogenik di daratan maka dapat diketahui hasil perhitungan pendugaan daya dukung perairan. Melalui pendekatan beban limbah N, perairan pulau Semak Daun mampu menunjang produksi optimal adalah sebesar 44,37 ton dengan jumlah unit yang dapat dikelola adalah sebanyak 32 unit keramba jaring apung (192 petak keramba) atau 2 ha dari 9,99 ha luasan area yang di tetapkan sebagai area yang sesuai untuk kegiatan KJA di perairan Semak Daun. Perhitungan lain dengan pendekatan ketersediaan oksigen terlarut perairan memberikan hasil bahwa jumlah unit keramba yang dapat dikelola optimal adalah 28 unit (168 petak keramba) atau 1.6 ha dari 9.99 ha luasan area yang di tetapkan sebagai area yang sesuai untuk kegiatan KJA di perairan Semak Daun.

Metode pendugaan daya dukung yang dilakukan dengan pendekatan kualitas lingkungan perairan meliputi ketersediaan oksigen terlarut dan limbah bahan organik (limbah nitrogen organik) baik yang berasal dari limbah kegiatan budidaya maupun antropogenik yang berinteraksi dengan kondisi hidro-oseanografi perairan meliputi volume perairan (kedalaman dan luas), pola pasang surut, dan laju pembilasan (*flushing rate*) cukup memberikan gambaran kondisi daya dukung yang cukup realistis bagi perairan pulau semak daun untuk mengembangkan budidaya KJA ikan kerapu yang tidak mengganggu kondisi kualitas perairan di sekitarnya.

Ekosistem terumbu karang sangat sensitif terhadap pengaruh kegiatan manusia, pada umumnya ekosistem terumbu karang sudah mengalami tekanan seperti eutrofikasi (penyuburan), pengembangan pesisir, sedimentasi dan penangkapan berlebih sehingga kondisi terumbu karang banyak mengalami penurunan. Akibat dari tekanan tersebut dapat mengakibatkan pergantian fase komunitas dimana makroalgae yang memiliki pertumbuhan lebih cepat daripada terumbu karang sendiri (Jompa dan Mc Cook, 2002; Lardizabal, 2007).

Salah satu penyebab utama terjadinya blooming alga makro pada ekosistem terumbu karang di Jamaika adalah meningkatnya unsur hara yang menyebabkan peningkatan laju pertumbuhan alga sampai pada kondisi dimana ketersediaan populasi hewan herbivora tidak sanggup lagi mengontrol kelimpahan alga ini yang pada gilirannya menyebabkan kematian karang akibat tertutup alga. Sementara karang sendiri hanya membutuhkan sedikit nutrient untuk kondisi ideal perkembangannya. Kondisi kimia perairan pulau semak daun berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan nitrat melebihi nilai baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Keputusan Menteri Negara LH RI No. 51 Tahun 2004, hal ini menandakan bahwa masukan nutrient ke perairan ini tergolong tinggi, dan akan berdampak pada meningkatnya pertumbuhan makroalga, sehingga dapat menyebabkan kematian pada karang.

Limbah hasil kegiatan budidaya ikan dalam KJA baik berupa sisa pakan, feses dan ekskresi yang terbuang kedalam perairan (badan air) merupakan bahan pencemar organik yang dapat mempengaruhi

tingkat kesuburan (*eutrofikasi*) dan kelayakan kualitas air bagi kehidupan ikan dan biota perairan lainnya. Untuk mengantisipasi penurunan kelayakan habitat dan dampaknya terhadap lingkungan perairan budidaya, maka perlu dilakukan upaya-upaya diantaranya adalah efisiensi pakan melalui teknik pemberian pakan yang baik (frekuensi dan dosis pakan yang tepat) dan pengaturan padat tebar ikan dengan perbaikan dari sisi manajemen budidaya.

Dengan mengetahui daya dukung perairan, khususnya jumlah KJA yang optimal untuk perairan pulau semak daun diharapkan dapat mengurangi beban limbah organik dari KJA yang masuk ke perairan sehingga akan menciptakan kondisi ideal bagi ekosistem terumbu karang dan mengurangi laju pertumbuhan makroalga.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis daya dukung untuk pengembangan KJA ikan kerapu, dengan pendekatan beban limbah N dan dengan pendekatan ketersediaan oksigen terlarut diperoleh hasil bahwa yang menjadi acuan untuk daya dukung perairan Semak daun untuk pengembangan KJA adalah hasil nilai terkecil yaitu 28 unit (168 petak KJA) atau 1,6 ha dari 9,99 ha luasan area yang ditetapkan sebagai area yang sesuai untuk kegiatan KJA di perairan Semak Daun. Jumlah tersebut merupakan jumlah optimal yang diharapkan dapat mengurangi beban limbah organik dari KJA yang masuk ke perairan sehingga akan menciptakan kondisi ideal bagi ekosistem terumbu karang dan mengurangi laju pertumbuhan makroalga. Faktor nutrisi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap persentase tutupan makroalga dan tutupan karang hidup oleh karena itu pengelola lebih memperhatikan isu kualitas perairan ini agar kegiatan *Sea Ranching* dapat berjalan optimal dan berkelanjutan.

Tingginya nilai parameter nitrat di lokasi penelitian di indikasikan telah terjadi eutrofikasi di ekosistem terumbu karang perairan pulau Semak Daun, masukan nutrisi terbanyak berasal dari kegiatan antropogenik dibandingkan dari kegiatan KJA. Maka perlu adanya pembatasan atau pengurangan jumlah beban limbah yang diperkirakan masuk ke lingkungan perairan. Pembatasan tersebut dapat diupayakan dengan penekanan laju pertumbuhan penduduk, membatasi dan menata pemukiman penduduk di sekitar Perairan pulau Semak Daun, pengelolaan air limbah sebelum langsung masuk ke perairan (*Waste Water Management*), membuat sarana tempat pembuangan sampah akhir di daratan yang mudah dijangkau, serta memberikan pemahaman kepada masyarakat bahwa pesisir bukan merupakan tempat pembuangan sampah akan tetapi adalah ladang untuk kehidupan dan mendapatkan mata pencaharian. Sementara untuk penurunan jumlah beban limbah dari budidaya lebih didasarkan pada upaya efisiensi pakan melalui teknik pemberian pakan yang baik (frekuensi dan dosis pakan yang tepat).

Daftar Pustaka

- Barg, U. C. 1992. Guidelines of the promotion of environmental management of coastal aquaculture development. FAO Fisheries Technical Paper 328, FAO, Rome. 122 pages.
- [BAPEKAB] Badan Perencanaan Kabupaten Pemerintah Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu dan PT Plarenco. 2004. Kajian pengembangan *sea farming* di Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu. Parikesit Indotama Press. Jakarta
- Boyd, C. E. 1990. Water quality in ponds for Aquaculture. Alabama a Agriculture Experiment Station, Auburn University, Alabama.
- Effendi, I. 2006. Riset terapan pengembangan sea farming di Kepulauan Seribu. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor (PKSPL-IPB), Bogor.
- Goddard, S. 1996. Feed Management in Intensive Aquaculture. Chapman and Hall. New York. 194p.
- Hakanson, L., A.C. Bryhn. 2008. Eutrophication in the Baltic Sea present situation, nutrient transport processes, remedial strategies. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Jompa, J., L.J. Mc Cook. 2002. The effects of nutrient and herbivory on competition between a hard coral (*Porites Cylindrica*) and a brown alga (*Lobophora variegata*). *Limnology and Oceanography*. 47(2): 527-534.
- Ladrizabal, S. 2007. Beyond The Refugiu: A Makroalgal Primer. Reefkeeping Magazine. Vol. 5. Issues 12.
- Mahasim, N.W., A. Saat, Z. Hamzah, R.R. Sohari, K.H.A. Ki. 2005. Nitrate and phosphate contents and quality of well water in North-Eastern Districts of Kelantan. SKAM18. Johor. 8 hal.
- Meade, J. W. 1989. Aquaculture management. An Avi Book, Van Nostrand Reinhold, New York.

- McClelland, J.W., I. Valiela. 1998. Changes in food web structure under the influence of increased anthropogenic nitrogen inputs to estuaries. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 168: 259-271.
- McCook, L.J. 1999. Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 18:357-367.
- Mc. Donald, M.E, C.A. Tikkanen, R.P. Axler, C.P. Larsen, G. Host. 1996. Fish simulation culture model (FIS-C): a bioenergetics based model for aquacultural wasteload application. *Aquacultural Engineering*, 15(4): 243 - 259.
- Mc Glone. 2006. Marine Science Institute University of Philippines. http://nest.su.se/mnode/Methods/effluent_discharge_coefficients_.htm. Akses tanggal 20 Januari 2013.
- Moksness E. 1997. Larviculture of marine fish for sea ranching purposes: is it profitable? *Aquaculture*, Norway.
- Noor, A. 2009. Model pengelolaan kualitas lingkungan berbasis daya dukung (*carrying capacity*) perairan teluk bagi pengembangan budidaya keramba jaring apung ikan kerapu (studi kasus di Teluk Tamiang, Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan). Disertasi Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [PKSPL] Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor. 2006. Konsep pengembangan *sea farming* di Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta. Working Paper PKSPL-IPB, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta, disampaikan pada 12 Oktober 2006.
- Rachmansyah, S. Tonnek, Usman. 1997. Produksi ikan bandeng super dalam keramba jaring di laut, P: dalam prosiding seminar regional hasil-hasil penelitian berbasis perikanan, peternakan dan sistem usaha tani di kawasan timur Indonesia, Kupang 28-30 Juli 1997. Balai Penelitian dan kajian Naibonat, Kupang.
- Sutarmat, T, A. Hanafi, K. Suwarya, S. Ismi, Wadoyo, S. Kawahara. 2003. Pengaruh beberapa jenis pakan terhadap performasi ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) di keramba jaring apung. *Jurnal Penelitian Perikanan Indoonesia*. Edisi Akuakultur. Badan Riset Kelautan dan Perikanan Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, Jakarta.
- Wyrtki K. 1961. *Physical oceanography of the southeast asian waters*. Naga Report Volume 2. The University of California Scripps Institution of Oceanography. La Jolla, California.