

ESTIMASI DAYA DUKUNG LINGKUNGAN PESISIR UNTUK PENGEMBANGAN AREAL TAMBAK BERDASARKAN LAJU BIODEGRADASI LIMBAH TAMBAK DI PERAIRAN PESISIR KABUPATEN SERANG

(Estimation of Coastal Zone Carrying Capacity for Brackish Water Culture Development
Based on the Biodegradation Rate of Shrimp Culture Effluent
in Coastal Waters of Serang Regency)

Hasan Sitorus¹, Bambang Widigdo², Bibiana W. Lay³ dan Kadarwan Soewardi²

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi daya dukung lingkungan pesisir Kabupaten Serang untuk pengembangan budidaya tambak berdasarkan laju biodegradasi limbah organik tambak di perairan pesisir. Laju biodegradasi OSS adalah 10.78 *ppm/hari* untuk perlakuan T₀ (kontrol), 14.24 *ppm/hari* untuk perlakuan T₁ (TSS 100 *ppm*, OSS 58.08 *ppm*), 12.75 *ppm/hari* untuk perlakuan T₂ (TSS 200 *ppm*, OSS 145.72 *ppm*), 11.34 *ppm/hari* untuk perlakuan T₃ (TSS 300 *ppm*, OSS 234.22 *ppm*), 9.38 *ppm/hari* untuk perlakuan T₄ (TSS 400 *ppm*, OSS 321.86 *ppm*), dan 8.40 *ppm/hari* untuk perlakuan T₅ (TSS 500 *ppm*, OSS 410.35 *ppm*). Dengan musim tanam udang 2 kali dan laju biodegradasi OSS 14.76 *ppm/hari*, daya dukung maksimum lingkungan pesisir Kabupaten Serang untuk budidaya tambak udang adalah 1 090.55 *ha* untuk tambak intensif, 2 220.82 *ha* untuk tambak semi intensif, dan 12 595.07 *ha* untuk tambak tradisional plus. Kombinasi optimum luas tambak yang sesuai dengan potensi lahan tambak adalah 149.16 *ha* (13.6%) tambak intensif, 975.61 *ha* (42.6%) tambak semi intensif, dan 5 875.23 *ha* (43.8%) tambak tradisional plus.

Kata kunci: daya dukung, budidaya udang, biodegradasi, zona pesisir.

ABSTRACT

The objective of the research is to estimate the carrying capacity of coastal zone for brackish water culture development based on the biodegradation rate of organic suspended solid (OSS) of shrimp culture effluent in coastal waters at Serang Regency. Biodegradation rate is 10.78 *ppm/day* for T₀ treatment (control), 14.24 *ppm/day* for T₁ treatment (TSS 100 *ppm*, OSS 58.08 *ppm*), 12.75 *ppm/day* for T₂ treatment (TSS 200 *ppm*, OSS 145.72 *ppm*), 11.34 *ppm/day* for T₃ treatment (TSS 300 *ppm*, OSS 234.22 *ppm*), 9.38 *ppm/day* for T₄ treatment (TSS 400 *ppm*, OSS 321.86 *ppm*), and 8.40 *ppm/day* for T₅ treatment (TSS 500 *ppm*, OSS 410.35 *ppm*). The maximum carrying capacity of the Serang Regency coastal zone for brackish water shrimp culture are 1 090.55 *ha* for intensive culture, 2 220.82 *ha* for semi intensive culture, and 12 595.07 *ha* for plus traditional culture. The optimum combination are 149.16 *ha* (13.6%) for intensive culture, 975.61 *ha* (42.6%) for semi intensive culture, and 5 875.23 *ha* (43.8%) for plus traditional culture.

Key words: carrying capacity, shrimp culture effluent, biodegradation, coastal zone.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi pengembangan tambak seluas 913 000 *ha* dengan potensi lestari 1 juta *ton/tahun*. Potensi tersebut masih dengan pertimbangan pengembangan tambak secara tradisional, sedangkan bila diterapkan teknologi budidaya intensif, maka potensi itu

bertambah besar karena lahan-lahan marginal berpasir dan bergambut akan dapat dimanfaatkan untuk pengembangan areal tambak.

Sampai tahun 1999, potensi budidaya tambak yang dimanfaatkan baru sebesar 38% atau seluas 344 759 *ha* (Dahuri, 2000). Berarti masih terbuka lebar peluang untuk pengembangan tambak di Indonesia. Tetapi berdasarkan potensi tambak di setiap propinsi, Supriharyono (2002) menjelaskan bahwa di beberapa daerah ada yang sudah menunjukkan gejala eksploitasi yang berlebihan (*over exploited*) seperti wilayah Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Lampung, sedangkan di sebagi-

¹ Universitas Nommensen, Medan.

² Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

³ Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

an daerah masih dibawah potensi yang ada (*under exploited*). Di wilayah pesisir Kabupaten Serang, Propinsi Banten, potensi tambak diperkirakan 7 000 *ha*, sedangkan luas tambak yang ada sekarang baru 5 462 *ha* (DKP Kabupaten Serang, 2003). Berarti luas tambak yang ada masih di bawah potensi tambak yang ada. Namun demikian, apakah potensi pengembangan tambak yang 7 000 *ha* itu benar-benar merupakan potensi tambak lestari? Selama ini yang menjadi dasar acuan dalam penentuan potensi tambak di suatu wilayah hanya berdasarkan kriteria fisik daratan pesisir, seperti tipe pantai, elevasi lahan, kualitas tanah, posisi hamparan, curah hujan dan lain-lain. Pada hal untuk tercapainya pengembangan tambak berkelanjutan, faktor kemampuan perairan pesisir untuk mengasimilasi limbah tambak merupakan aspek yang penting untuk diperhitungkan.

Pengembangan tambak lestari pada dasarnya harus memperhatikan 2 aspek penting, yaitu: kuantifikasi limbah tambak dan kuantifikasi kemampuan perairan pesisir untuk menerima limbah tambak (Soewardi, 2002). Kuantifikasi limbah dari kegiatan budidaya tambak di suatu wilayah menjadi sangat penting, karena limbah tersebut dipastikan akan memasuki perairan pesisir di sekitarnya. Primavera (1994) menyatakan, dalam proses budidaya intensif, 35% dari input pakan akan menjadi limbah berupa padatan total tersuspensi (TSS) dan limbah tersebut akan memasuki perairan pesisir di sekitarnya. Pada luasan tambak udang 5 000 *m*² dengan teknologi budidaya intensif, akan dihasilkan limbah (TSS) sebanyak 1 230 *kg* selama pemeliharaan 120 *hari* (Soewardi, 2002). Dengan demikian, perairan pesisir akan menerima limbah TSS sekitar 2.46 *ton/ha/musim tanam*. Dengan volume limbah sebesar ini, apakah perairan pesisir penerima limbah tersebut mampu mengasimilasinya. Kadar TSS yang tinggi di perairan pesisir akan menimbulkan kekeruhan air yang dapat menimbulkan dampak negatif berupa penurunan produktivitas perairan akibat gangguan fotosintesis dalam air, mengganggu pernafasan ikan akibat penutupan insang, dan gangguan visual ikan yang menyebabkan ikan beruaya (Hopkins *et al.*, 1995).

Kemampuan perairan pesisir untuk mengasimilasi limbah tambak dipengaruhi 2 faktor utama, yaitu: kemampuan pengenceran limbah, dan kemampuan biodegradasi limbah (Gang *et*

al., 1998). Kemampuan pengenceran perairan pantai didasarkan pada ketersediaan volume air laut di pantai yang ditentukan oleh panjang garis pantai, kemiringan dasar perairan pantai, kisaran pasang surut, frekuensi pasang surut dan jarak dari garis pantai hingga lokasi pengambilan air laut untuk keperluan tambak (*sea water intake*) ketika pasang naik, sedangkan kemampuan biodegradasi limbah didasarkan pada kemampuan mikroba dalam menguraikan limbah di perairan pesisir.

Berdasarkan pemikiran inilah, perlu dilakukan penelitian laju biodegradasi limbah tambak di perairan pesisir melalui suatu percobaan di lapangan, sehingga dapat diperhitungkan jumlah limbah tambak maksimum yang dapat diterima perairan pesisir sesuai dengan kuantitas volume air yang tersedia. Dengan mengkonversi kedua kemampuan ini, maka luas tambak lestari dapat diestimasi.

Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan asimilasi perairan pesisir Kabupaten Serang terhadap limbah tambak melalui pengukuran laju biodegradasi dan kapasitas pengenceran limbah di perairan pesisir serta untuk mengestimasi daya dukung lingkungan pesisir Serang untuk pengembangan areal tambak udang berdasarkan kemampuan asimilasi perairan pesisir terhadap limbah tambak.

Penelitian ini dapat digunakan Pemerintah Daerah Kabupaten Serang sebagai salah satu metode untuk pendugaan daya dukung tambak lestari di wilayah tersebut disamping sebagai informasi dasar bagi kebijakan pemerintah daerah dalam perencanaan pengembangan budidaya tambak dan penataan ruang pesisir.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

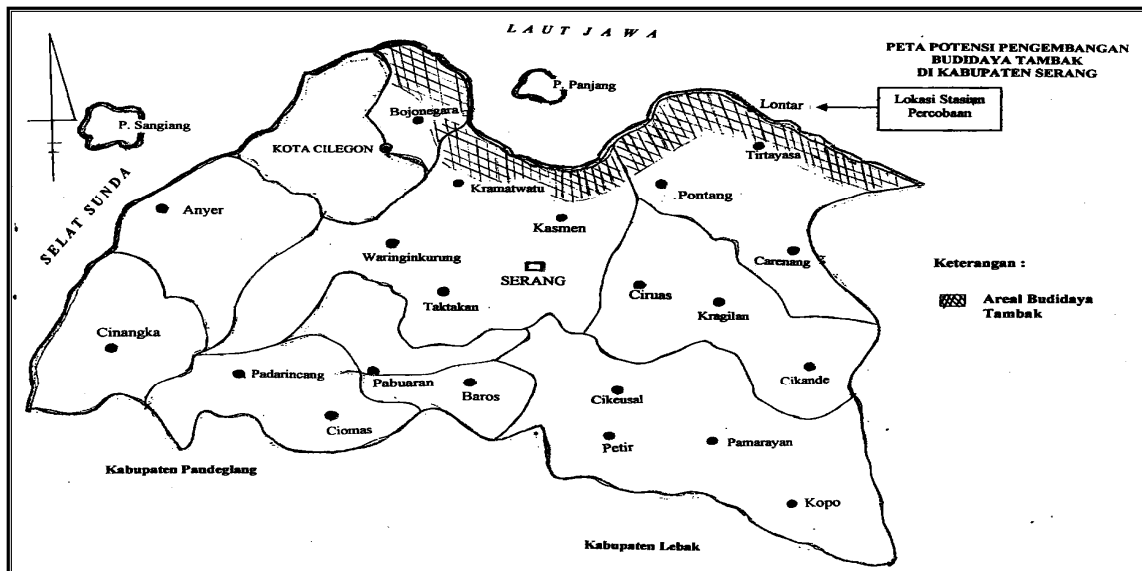
Penelitian ini dilaksanakan di perairan pesisir Kabupaten Serang, Propinsi Banten. Stasiun percobaan ditempatkan di Desa Lontar, Kecamatan Tirtayasa, Kabupaten Serang (Gambar 1). Penelitian dilaksanakan mulai bulan Desember 2003 - Juli 2004.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah: limbah tambak udang intensif

150 l, air laut sebagai pengencer 150 l, reagen untuk analisis kualitas air laut dan limbah tambak. Peralatan yang digunakan adalah: stasiun percobaan yang terbuat dari bambu dan atap plastik transparan, jerigen 21 buah (kapasitas 15

l), botol contoh 21 buah (kapasitas 500 ml), gelas ukur, *erlenmeyer*, tabung ulir, pipet volumetrik, neraca *sartorius*, *autoklaf*, pompa vakum, filter membran, *furnacer*, cawan *Gooch*, spektrofotometer, pH meter, salinometer, dan DO meter.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Kabupaten Serang).

Rancangan Percobaan

Metode penelitian yang digunakan adalah metode percobaan, dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Percobaan terdiri dari 6 perlakuan dan 3 ulangan, yakni: T_0 (limbah tambak udang intensif diencerkan dengan air laut steril dengan kadar TSS 100 ppm), perlakuan T_1 , T_2 , T_3 , T_4 dan T_5 masing-masing mempunyai kadar TSS 100, 200, 300, 400 dan 500 ppm setelah diencerkan dengan air laut biasa.

Parameter yang Diukur

Untuk dapat mengetahui kemampuan pengenceran perairan pesisir yang diamati, maka parameter yang diukur adalah sebagai berikut: (1) panjang garis pantai (m), diukur berdasarkan peta; (2) kemiringan dasar pantai (derajat), diukur dengan *Teodolit*; (3) kisaran pasang surut (m), diukur dengan *Tide Gauge*; (4) jarak dari garis pantai (pada waktu pasang) hingga lokasi pengambilan air laut (*sea water intake*) untuk keperluan tambak (m), diukur dengan tali ketika air surut; dan (5) kecepatan arus (m/detik), diukur dengan *Current Meter*.

Untuk mengetahui kemampuan biodegradasi limbah organik tambak, maka parameter

yang diukur adalah: (1) kualitas air perairan pesisir Kabupaten Serang; (2) laju penguraian limbah organik tambak (penurunan kadar OSS = *Organic Suspended Solid*) dan (3) kadar amonia, nitrat, fosfat dan oksigen terlarut dalam media percobaan.

Prosedur Percobaan

Prosedur percobaan mengikuti langkah-langkah berikut: (1) Stasiun percobaan ditempatkan pada perairan dengan jarak sampai kedalaman 1 m di bawah garis air surut terendah dari garis pantai. Di dalamnya dipasang 21 buah wadah terbuka (jerigen) dengan kapasitas 15 l untuk tempat media percobaan; (2) Limbah tambak sebanyak 150 l diambil ketika panen dari tambak udang intensif secara komposit dari 3 lokasi pertambakan di Kabupaten Serang (Kecamatan Bojonegara, Kecamatan Pontang dan Kecamatan Tirtayasa) dan segera diukur kandungan TSS, OSS, amonia, nitrat, fosfat, oksigen terlarut (DO), pH dan salinitas; (3) Air laut yang cukup bersih diambil 150 l sebagai media pengencer dan segera diukur kadar TSS, OSS, amonia, nitrat, fosfat, oksigen terlarut (DO), pH dan salinitas. Sebanyak 30 l air laut disterilkan melalui pemanasan sampai mendidih, dan setelah dingin se-

gera diukur kadar TSS, OSS, amonia, nitrat, fosfat, DO, pH dan salinitasnya; (4) Pengenceran dilakukan untuk membuat perlakuan T_0 (kontrol), T_1 , T_2 , T_3 , T_4 dan T_5 , dan kemudian dimasukkan dalam wadah terbuka (jerigen) dengan volume total 10 l setiap wadah; (5) Pengambilan contoh dimulai pada hari ke-3 setelah perlakuan untuk pengukuran laju biodegradasi bahan organik (OSS), kadar TSS, amonia, nitrat, fosfat dan DO dalam media percobaan; (6) Percobaan dihentikan apabila kadar TSS untuk seluruh perlakuan sudah memenuhi Baku Mutu TSS ≤ 100 ppm.

Pengambilan contoh dilakukan setelah 3 hari perlakuan, didasarkan pada pertimbangan bahwa pada waktu $t = 3$ hari, penguraian bahan organik oleh bakteri berada dalam fase cepat dimana 65% reaksi telah tercapai (Manahan, 2002). Laju penguraian bahan organik oleh mikroba lebih cepat di daerah tropis akibat suhu harian relatif tinggi (Sohier dan Bianchi, 1995; Nagata *et al.*, 2003). Level perlakuan dimulai dari kadar 100 ppm didasarkan pada pertimbangan bahwa kadar TSS yang diperkenankan sesuai Baku Mutu Air untuk biota laut maksimum 100 ppm (Kep. Meneg. LH, 2004), sedangkan perlakuan tertinggi dengan kadar TSS 500 ppm didasarkan pada hasil pengukuran awal kadar rata-rata TSS dalam limbah tambak intensif di wilayah pesisir Kabupaten Serang sekitar 525 ppm.

Analisis Data

Untuk mengetahui apakah kadar TSS/OSS dalam media percobaan berpengaruh terhadap kecepatan laju biodegradasi limbah organik tambak, dilakukan sidik ragam (ANOVA) terhadap data hasil percobaan.

Untuk menentukan kapasitas pengenceran perairan pesisir Kabupaten Serang, volume air masuk ke pantai ketika pasang naik dihitung dengan formula Widigdo dan Pariwono (2003) sebagai berikut:

$$V_0 = 0.5hy \left(2x - \frac{h}{\tan \theta} \right)$$

V_0 adalah volume air laut yang tersedia (m^3), h adalah tinggi pasang surut (m), θ adalah kemiringan dasar pantai (*derajat*), y adalah lebar areal tambak sejajar garis pantai (m), x adalah jarak dari garis pantai (waktu pasang) hingga lokasi pengambilan air laut (*water intake*) untuk

keperluan tambak (m). Selanjutnya, untuk menentukan volume air tersisa ketika air surut, dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$V_s = 0.5hy \left(2x - \frac{2h-1}{\tan \theta} \right)$$

dan waktu tinggal

$$T = \frac{V_0 + V_s}{V_s}$$

Dengan demikian, volume total air yang ada di pantai dalam satu siklus pasut untuk mengencerkan limbah adalah $V_d = V_0 + V_s = p \text{ m}^3$. Jika frekuensi pasang surut f kali dalam satu hari, volume air laut yang tersedia untuk mengencerkan limbah tambak menjadi $fV_d = fp \text{ m}^3$.

Bila laju biodegradasi limbah organik tambak sebesar q ppm/hari atau $q \times 10^{-6} \text{ ton/m}^3/\text{hari}$, maka jumlah maksimum limbah tambak yang dapat diterima perairan pesisir yang diamati (TL_m) adalah sebesar $TL_m = fpq10^{-6} \text{ ton/m}^3/\text{hari} = fpq10^{-6} \text{ ton/hari}$. Untuk menduga laju biodegradasi limbah organik tambak di perairan pesisir (q) setelah limbah tambak mengalami pengenceran, dilakukan analisis regresi hubungan antara kadar TSS (X) dengan laju biodegradasi OSS (Y) dari hasil percobaan.

Berdasarkan hasil kajian Widigdo (2002) dan Soewardi (2002), beban TSS yang dihasilkan 1 ha tambak udang intensif (kepadatan udang 210 000 ekor/hektar) rata-rata 2.46 ton ha. Dengan menggunakan FCR 1.5 dan faktor koreksi kandungan bahan organik di perairan pesisir Kabupaten Serang 0.8088 dan limbah tambak 0.8234, maka *daya dukung maksimum* lingkungan pesisir untuk pengembangan areal tambak intensif di wilayah yang diamati berdasarkan kapasitas pengenceran dan laju biodegradasi limbah organik tambak (A) seluas (ha):

$$A_s = \frac{0.405hy \left[\left(4x - \frac{(3h-1)}{\tan \theta} \right) fq10^{-6} \right]}{2.03}$$

Bila dalam praktek di lapangan, luas tambak intensif itu (A ha) sebagian dikonversi menjadi tambak semi intensif dan tradisional plus sehingga diperoleh kombinasi: a) $X\%$ tambak intensif, b) $Y\%$ semi intensif, dan c) $Z\%$ tradisional plus, maka dengan menggunakan FCR 1.4 untuk tambak semi intensif, dan FCR 1.2 untuk tambak tradisional plus, komposisi areal tam-

bak menjadi: a) Tambak intensif 0.01XA *ha*, b) Tambak semi intensif 0.021YA *ha*, dan c) Tambak tradisional plus 0.123ZA *ha*. Formula ini digunakan untuk menampilkan berbagai kombinasi luas tambak dalam batasan daya dukung maksimum dan optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Wilayah Pesisir Kabupaten Serang

Wilayah pesisir Kabupaten Serang mempunyai panjang garis pantai 120 *km* dengan perairan Laut Jawa di sebelah utara dan perairan Selat Sunda di sebelah barat. Berdasarkan panjang garis pantai tersebut, potensi budidaya tambak diperkirakan seluas 7 000 *ha* dengan laju peningkatan sekitar 2% per tahun. Sampai tahun 2003, luas tambak yang ada mencapai 5 462 *ha*, dan sebagian besar (48.0%) merupakan tambak tradisional plus, dan hanya 16.5 % merupakan tambak udang intensif. Usaha tambak tersebut dikelola petani tambak sebanyak 1 582 RTP yang tersebar di 3 wilayah kecamatan, yakni Kecamatan Tirtayasa, Kecamatan Pontang dan Kecamatan Bojonegara (DKP Kabupaten Serang, 2003).

Dari segi kualitas air, perairan pesisir Kabupaten Serang sudah mengalami pencemaran, karena beberapa parameter kualitas air yang diukur seperti BOD-5, TSS dan kekeruhan (*turbidity*) kadarnya telah melampaui Baku Mutu Air untuk kebutuhan perikanan. Hasil pengukuran pada beberapa lokasi perairan (Nopember, 2003) diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai BOD-5, TSS dan Kekeruhan pada Beberapa Lokasi di Perairan Pesisir Kabupaten Serang

Parameter	Desa Marga-giri	Desa Suka Jaya	Desa Lontar	Rata-rata	Baku Mutu
BOD-5 (<i>mg/l</i>)	28.42	29.36	28.18	28.65	20
TSS (<i>mg/l</i>)	175.42	78.18	174.30	175.97	100
Kekeruhan (<i>NTU</i>)	65.16	70.46	60.38	65.33	30

Tingginya kadar TSS di perairan pesisir Serang, selain bersumber dari kegiatan budidaya tambak, diduga juga berasal dari buangan domestik dan industri yang terangkut melalui sungai seperti sungai Ciujung yang bermuara ke perairan pesisir Kecamatan Tirtayasa. Di samping itu, adanya kegiatan penambangan pasir di

sepanjang perairan pesisir Propinsi Banten, diperkirakan juga memberikan andil yang cukup besar terhadap kandungan TSS di perairan pesisir Kabupaten Serang. Berdasarkan hasil pengukuran di 3 lokasi yakni Desa Margagiri, Desa Suka Jaya dan Desa Lontar, pada jarak 10 *m*, 100 *m*, 200 *m*, dan 300 *m* dari garis pantai, kadar TSS dalam air laut rata-rata 175.97 *ppm*, Angka ini sudah jauh melebihi Baku Mutu Air untuk kehidupan biota laut dimana kadar TSS maksimum 100 *ppm*. Tingginya kadar TSS di perairan pesisir ini akan mempengaruhi kemampuan pengenceran dan biodegradasi limbah tambak di perairan pesisir tersebut.

Dari segi dinamika oseanografis, perairan pesisir Kabupaten Serang mempunyai kisaran pasang surut yang relatif rendah (< 1 *m*), frekuensi pasang surut 2 *kali/hari* (tipe pasut ganda) dan kecepatan arus rata-rata 20.2 *cm/detik*.

Kemampuan Asimilasi terhadap Limbah Tambak

a. Kemampuan Pengenceran Perairan Pesisir

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, kisaran rata-rata pasang surut di lokasi percobaan adalah 79.2 *cm* dan kecepatan arus 0.202 *m/detik*. Nilai parameter lainnya, yakni kemiringan dasar pantai rata-rata sebesar 1.2°, jarak dari garis pantai (waktu pasang) hingga lokasi pengambilan air laut (*water intake*) untuk keperluan tambak rata-rata 502.4 *m* dan frekuensi pasang surut 2 *kali/hari*. Panjang garis pantai menurut DKP Kabupaten Serang (2003) adalah 120 *km*. Berdasarkan nilai parameter ini, volume air laut yang tersedia di pantai untuk mengencerkan limbah tambak sebesar 184 765 001.10 *m*³ per hari.

Kemampuan pengenceran perairan pesisir tersebut terhadap limbah tambak khususnya beban TSS, akan sangat dipengaruhi oleh luas dan sistem budidaya tambak yang ada. Sampai tahun 2003, luas tambak yang ada mencapai 5 462 *ha*, yang terdiri dari 900 *ha* tambak sistem intensif, 1 940 *ha* tambak semi intensif dan 2 622 *ha* tambak tradisional. Dalam kondisi demikian, bila seluruh tambak ini membuang limbah ke perairan pesisir, maka dengan menggunakan angka produksi TSS sebesar 2.46 *ton/ha* untuk tambak intensif, 1 208 *ton/ha* untuk tambak semi intensif, dan .213 *ton/ha* untuk tambak tradisional plus, maka kadar TSS di perairan pesisir setelah mengalami pengenceran menjadi 157.19 *ppm*,

dengan laju biodegradasi OSS 13.38 ppm/hari dengan asumsi pembuangan limbah tambak sekaligus dalam satu hari. Karena dalam kenyataan musim tanam (panen) udang 2 kali, maka beban limbah berkurang menjadi 50%, dan kondisi ini dijadikan sebagai dasar penentuan daya dukung maksimum dan optimum untuk pengembangan areal tambak intensif, semi intensif dan tambak tradisional plus.

b. Kemampuan Biodegradasi Limbah Tambak

Untuk mengetahui laju biodegradasi limbah organik tambak (OSS) di perairan pesisir Kabupaten Serang, telah dilakukan percobaan di lapangan selama 48 hari. Kontrol tambahan dengan media steril digunakan untuk mengetahui laju biodegradasi OSS yang sebenarnya dari setiap perlakuan, karena adanya kemungkinan penurunan kadar TSS dalam media percobaan akibat pengendapan oleh gaya berat partikel tersuspensi pada perlakuan dan kemungkinan kontaminasi khususnya pada perlakuan kontrol.

Kemampuan biodegradasi limbah organik tambak (OSS) di perairan pesisir berdasarkan percobaan di lapangan memperlihatkan laju yang sangat berbeda antar perlakuan ($p < 0.01$). Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar OSS dalam media percobaan, laju biodegradasi limbah organik tambak (ppm/hari) semakin rendah (Tabel 2). Hal ini disebabkan pada beban bahan organik yang tinggi, efektivitas degradasi bahan organik oleh mikroba semakin rendah. Hal ini selaras dengan hasil penelitian Fukuda (2000) dan Leonard *et al.* (2000) yang menyatakan bahwa kandungan bahan organik dalam air sangat mempengaruhi laju penguraian bahan organik oleh mikroba air. Degradasi OSS oleh aktivitas mikroba juga ditandai dengan meningkatnya kadar amonia sampai pada periode waktu tertentu (34 hari), terjadinya peningkatan (akumulasi) kadar nitrat dan fosfat dan penurunan kadar oksigen terlarut dalam media percobaan akibat digunakan untuk oksidasi bahan organik oleh mikroba.

Akibat perbedaan laju biodegradasi OSS dalam setiap perlakuan, maka waktu yang dibutuhkan untuk mendegradasi seluruh OSS pada perlakuan $T_0 - T_5$ bervariasi antara 4.08 – 48.85 hari. Pada perlakuan T_0 (TSS 100 ppm, OSS 59.13 ppm) hanya membutuhkan waktu 5.49 hari dimana kadar OSS habis terurai dalam media percobaan sedangkan perlakuan T_1 (TSS 100 ppm,

OSS 58.08 ppm) hanya membutuhkan waktu 4.08 hari. Perlakuan T_2 (TSS 200 ppm, OSS 145.72 ppm) membutuhkan waktu 11.42 hari, T_3 (TSS 300 ppm, OSS 234.22 ppm) 20.69 hari, T_4 (TSS 400 ppm, OSS 321.86 ppm) 34.31 hari dan T_5 (TSS 500 ppm, OSS 410.35 ppm) membutuhkan waktu 48.85 hari, sedangkan untuk mencapai Baku Mutu TSS (≤ 100 ppm) khusus untuk perlakuan $T_2 - T_5$ bervariasi antara 7.81 – 47.62 hari.

Tabel 2. Laju Biodegradasi Limbah Organik Tambak (OSS) dalam Media Percobaan (ppm/hari).

Ulangan	Perlakuan (Kadar TSS dalam Media Percobaan)					
	T ₀ (kon- trol)	T ₁ (100 ppm)	T ₂ (200 ppm)	T ₃ (300 ppm)	T ₄ (400 ppm)	T ₅ (500 ppm)
1	10.781	14.238	12.749	11.328	9.380	8.388
2	10.772	14.258	12.775	11.332	9.375	8.394
3	10.777	14.212	12.735	11.345	9.373	8.402
Rata-rata	10.776	14.236	12.753	11.335	9.376	8.395

Estimasi Luas Tambak Lestari

Berdasarkan laju biodegradasi limbah organik tambak pada Tabel 2, hubungan antara kadar TSS dan laju biodegradasi OSS dalam media percobaan diformulasikan dengan suatu persamaan regresi OSS = 15.737 – 0.015 TSS ($R^2 = 0.99$).

Kadar TSS di perairan pesisir setelah mengalami pengenceran limbah tambak adalah 157.19 ppm, sehingga berdasarkan persamaan regresi tersebut, laju biodegradasi OSS diperoleh sebesar 13.38 ppm/hari dengan anggapan musim tanam 1 kali sehingga pembuangan limbah sekaligus dalam satu hari. Dalam kenyataan di lapangan, musim tanam (panen) udang umumnya 2 kali, sehingga beban limbah berkurang menjadi 50% dan laju biodegradasi OSS mencapai 14.76 ppm/hari. Berdasarkan angka ini, daya dukung lingkungan pesisir Kabupaten Serang untuk pengembangan areal tambak diperlihatkan pada Tabel 3.

Berdasarkan estimasi daya dukung ini, dapat dinyatakan bahwa luas tambak yang ada masih berada di bawah daya dukung maksimum dan optimum. Demikian halnya potensi tambak seluas 7 000 ha masih berada di bawah daya dukung pengembangan tambak tradisional plus. Artinya, bila seluruh lahan tambak yang ada di-

jadikan tambak tradisional plus, maka beban limbah yang dihasilkan masih berada di bawah kapasitas asimilasi perairan pesisir Kabupaten Serang. Dengan demikian, tambak tradisional seluas 2 622 *ha* mempunyai peluang pengembangan sebesar 62.54%. Demikian halnya dengan tambak udang semi intensif yang ada sekarang dengan luas 1 940 *ha* masih dapat ditingkatkan sebesar 12.65% untuk mencapai luas tambak semi intensif maksimum 2 220.82 *ha*, sedangkan tambak udang intensif yang ada dengan luas 900 *ha* masih dapat ditingkatkan sebesar 17.47% untuk mencapai luas tambak intensif maksimum 1 090.55 *ha*. Berdasarkan hal ini dapat dinyatakan bahwa potensi tambak di Kabupaten Serang belum dimanfaatkan secara maksimal.

Tabel 3. Daya Dukung Lingkungan Pesisir Kabupaten Serang untuk Pengembangan Areal Budidaya Tambak.

Jenis Tambak	Luas Existing (<i>ha</i>)	Daya Dukung Maksimum (<i>ha</i>)	Daya Dukung Optimum (<i>ha</i>)
Intensif	900	1 090.55	872.44
Semi Intensif	1 940	2 220.82	1 776.66
Tradisional Plus	2 622	12 595.07	10 076.06

Bila luas tambak intensif tersebut sebagian dikonversi menjadi tambak semi intensif dan tradisional plus, maka kombinasi luas tambak (simulasi) yang tetap masih berada dalam batasan daya dukung maksimum diperlihatkan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa kombinasi ketiga sistem budidaya tambak yang sama dengan potensi lahan tambak di Kabupaten Serang (7 000 *ha*) adalah 13.6% tambak intensif (149.16 *ha*), 42.6% tambak semi intensif (975.61 *ha*) dan 43.8% tambak tradisional plus (5 875.23 *ha*). Bila hal ini dibandingkan dengan luas tambak yang ada, berarti tambak intensif (900 *ha*) dan semi intensif (1 940 *ha*) sudah melampaui daya dukung, sedangkan tambak tradisional yang ada (2 622 *ha*) masih jauh berada di bawah daya dukung.

Untuk tercapainya pengembangan tambak yang berkelanjutan, maka potensi atau daya dukung maksimum itu tidak boleh dimanfaatkan seluruhnya, tetapi sebagian harus dialokasikan sebagai daerah penyangga (*green belt*), daerah perlindungan atau konservasi. Menurut Da-

huri (2000), pemanfaatan sumberdaya pesisir dikatakan optimum jika tingkat pemanfaatannya mencapai 80%. Berdasarkan angka ini, kombinasi optimum luas tambak untuk menghasilkan produksi biomassa udang optimal diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Konversi Luas Tambak Intensif dalam Batasan Daya Dukung Maksimum.

Tambak Intensif		Tambak Semi Intensif		Tambak Tradisional Plus		Luas Total Tambak (<i>ha</i>)
Per-sentase	Luas (<i>ha</i>)	Per-sentase	Luas (<i>ha</i>)	Per-sentase	Luas (<i>ha</i>)	
100	1 090.55	0	0	0	0	1 090.55
0	0	100	2 220.82	0	0	2 220.82
0	0	0	0	100	12 595.07	12 595.07
90	981.50	5	114.51	5	670.69	1 766.70
80	872.44	10	229.02	10	1 341.38	2 442.84
70	763.39	15	343.53	15	2 012.07	3 118.99
60	654.34	20	458.04	20	2 682.75	3 795.13
50	545.28	25	572.55	25	3 353.44	4 471.27
40	436.22	30	687.06	30	4 024.13	5 147.41
30	327.17	35	801.57	35	4 694.83	5 823.57
20	218.11	40	916.08	40	5 365.52	6 499.71
13.6	149.16	42.6	975.61	43.8	5 875.23	7 000.00
10	109.06	45	1 030.59	45	6 036.21	7 175.86

Berdasarkan kombinasi tersebut, produksi optimal tertinggi diperoleh bila seluruh tambak menjadi tradisional plus, yakni 10 076.06 *ha*. Tetapi karena ada faktor pembatas yakni potensi lahan yang dapat dimanfaatkan secara optimal di Kabupaten Serang hanya 5 600 *ha* (80% dari 7 000 *ha*), maka kombinasi yang sesuai secara simulasi adalah 119.33 *ha* (13.6%) tambak intensif, 780.49 *ha* (42.6%) tambak semi intensif, dan 4 700.18 *ha* (43.8%) tambak tradisional plus, dengan produksi udang 7 248.05 *ton/musim* tanam. Kombinasi ini merupakan pilihan yang baik, karena kebijakan pengembangan tambak sistem tradisional plus akan lebih menguntungkan masyarakat dibandingkan dengan sistem tambak lainnya. Hal ini didasarkan pada beberapa alasan yakni: a) biaya produksi per hektar tambak tradisional plus jauh lebih rendah dibanding tambak intensif dan semi intensif, b) produksi limbah lebih rendah karena menggunakan pakan alami, c) jumlah tenaga kerja (petani tambak) yang terserap lebih besar. Selain itu, hasil studi Sudradjat *et al.* (2002) tentang Analisis Kebijakan Pengelolaan Tambak Udang di Pantai Utara Jawa mendukung hal ini, dima-

na prioritas kebijakan pengembangan tambak udang adalah teknologi sederhana plus urutan I, teknologi madya (semi intensif) urutan II, dan teknologi maju (intensif) urutan III. Dasar kebijakan adalah peningkatan kesejahteraan masyarakat petani tambak dan semakin rendahnya peluang keberhasilan tambak intensif (0.53 – 0.62) di daerah pantai utara Jawa.

Tabel 5. Luas Tambak Optimum dan Produksi Udang pada Berbagai Kombinasi Luas Tambak.

Persen-tase Intensif	Persen-tase Semi Intensif	Persen-tase Tradisional Plus	Luas Optimum Total (ha)	Total Produksi Optimum (ton)
100	0	0	872.44	4 362.20
0	100	0	1 776.66	4 441.64
0	0	100	10 076.06	10 076.06
90 (785.20 ha)	5 (91.61 ha)	5 (536.55 ha)	1 413.36	4 691.55
80 (697.95 ha)	10 (183.22 ha)	10 (1 073.10 ha)	1 954.27	5 020.92
70 (610.71 ha)	15 (274.83 ha)	15 (1 609.65 ha)	2 495.18	5 350.25
60 (523.47 ha)	20 (366.43 ha)	20 (2 146.20 ha)	3 036.10	5 679.62
50 (436.22 ha)	25 (458.05 ha)	25 (2 682.75 ha)	3 577.02	6 008.95
40 (348.97 ha)	30 (549.65 ha)	30 (3 219.31 ha)	4 117.93	6 338.29
35 (305.35 ha)	30 (549.65 ha)	35 (3 755.86 ha)	4 610.86	6 656.76
30 (261.74 ha)	35 (641.25 ha)	35 (3 755.86 ha)	4 658.85	6 667.66
20 (174.49 ha)	40 (732.86 ha)	40 (4 292.42 ha)	5 199.76	6 997.02
13.6 (119.33 ha)	42.6 (780.49 ha)	43.8 (4 700.18 ha)	5 600.00	7 248.05
10 (87.25 ha)	45 (824.46 ha)	45 (4 828.97 ha)	5 740.68	7 326.35
5 (43.63 ha)	45 (824.46 ha)	50 (5 365.53 ha)	6 233.62	7 644.82

Bila berbagai kombinasi di atas dibandingkan dengan kondisi tambak yang ada di lapangan dengan luas total 5 462 ha, maka luas tambak ini merupakan kombinasi dari 37% tambak intensif, 30% tambak semi intensif dan 33% tambak tradisional plus. Berdasarkan angka ini, luas tambak intensif yang ada sudah berlebih sekitar 497 ha, semi intensif sekitar 1 253 ha, sedangkan tambak tradisional plus masih kurang 1 805 ha. Berdasarkan komposisi tambak yang ada yakni 900 ha tambak intensif, 1 940

ha tambak semi intensif dan 2 622 ha tambak tradisional, dapat dinyatakan komposisi dan perbandingan luas tambak tersebut telah menyimpang dari batasan daya dukung yang ada. Hal ini disebabkan luas tambak intensif 900 ha tersebut telah mencapai konversi sekitar 82% daya dukung tambak intensif maksimum, tambak semi intensif 85% dan tambak tradisional tersebut hanya konversi sekitar 20% dari daya dukung tambak intensif maksimum. Konversi luas tambak tradisional plus (20%) berdasarkan Tabel 4 di atas seharusnya berkombinasi dengan 20% tambak semi intensif dan 60% tambak intensif agar tetap berada dalam batasan daya dukung maksimum. Bila patokan kebijakan adalah mempertahankan tambak rakyat (tradisional), maka luas tambak intensif tersebut telah berlebih sebesar 27.30%. Dengan perkataan lain, bila luas tambak tradisional yang ada di Kabupaten Serang tetap dipertahankan (2 622 ha) maka luas tambak intensif yang ada sekarang harus dikurangi dari 900 ha menjadi sekitar 654 ha dan tambak semi intensif dari 1 940 ha menjadi sekitar 458 ha. Dengan demikian, total luas tambak dalam batasan daya dukung maksimum untuk keadaan *existing* adalah 3 734 ha. Berdasarkan angka ini, luas lahan tambak yang dimanfaatkan baru 53.34% dari potensi lahan tambak yang ada (7 000 ha), atau 66.68% dari tingkat pemanfaatan optimum (5 600 ha), sehingga masih mempunyai peluang pengembangan antara 33.32 – 46.66%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Volume air yang tersedia di perairan pesisir Kabupaten Serang untuk mengencerkan limbah tambak sebesar 184 765 001.10 m³ per hari. Laju biodegradasi limbah organik tambak (*organic suspended solid*) dalam media percobaan pada perlakuan T₀ (kontrol), T₁ (TSS 100 ppm, OSS 58.08 ppm), T₂ (TSS 200 ppm, OSS 145.72 ppm), T₃ (TSS 300 ppm, OSS 234.22 ppm), T₄ (TSS 400 ppm, OSS 321.86 ppm) dan T₅ (TSS 500 ppm, OSS 410.35 ppm) masing-masing 10.78 ppm/hari, 14.24 ppm/hari, 12.75 ppm/hari, 11.34 ppm/hari, 9.38 ppm/hari dan 8.40 ppm/hari dan berbeda sangat nyata (p < 0.01).

Laju biodegradasi limbah organik tambak di perairan pesisir (Y) berdasarkan kadar TSS setelah mengalami pengenceran (X) diduga ber-

dasarkan persamaan regresi $Y = 15.737 - 0.015 X$ ($R^2 = 0.99$).

Daya dukung maksimum wilayah pesisir Kabupaten Serang untuk pengembangan areal tambak berdasarkan laju biodegradasi limbah organik tambak di perairan pesisir (14.76 ppm/hari) adalah 1 090.55 ha untuk tambak intensif, 2 220.82 ha untuk tambak semi intensif dan 12 595.07 ha untuk tambak tradisional plus. Kombinasi luas tambak yang sesuai dengan potensi lahan tambak yang ada di Kabupaten Serang adalah 149.16 ha (13.6%) tambak intensif, 975.61 ha (42.6%) tambak semi intensif, dan 5 875.23 ha (43.8%) tambak tradisional plus.

Saran

Dalam pengembangan tambak di Kabupaten Serang, dianjurkan kepada Pemerintah Daerah untuk memprioritaskan pengembangan tambak sistem tradisional plus, karena di samping total produksi biomassa udang lebih besar, beban limbah tambak (TSS) untuk daya dukung maksimum dan optimum adalah sama dengan kedua sistem tambak lainnya.

PUSTAKA

- Boyd, C. E. 2003. **Applying Effluent Standard to Small-Scale Shrimp Farms**, Aquaculture Certification Council: <http://ceboyd@acesag.auburn.edu>. [12 Oktober 2003].
- Dahuri, R. 2000. **Pendayagunaan Sumberdaya Kelautan**. Lembaga Informasi dan Studi Pembangunan Indonesia, Jakarta.
- Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP) RI. 2002. **Rencana Strategis Pembangunan Kelautan dan Perikanan**, 2001 – 2004. Jakarta.
- Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Kabupaten Serang. 2003. **Statistik Perikanan**. Kerjasama Bappeda-DKP Kabupaten Serang, Serang.
- Fukuda, R. 2000. **Microbial Degradation of Proteinaceous Organic Matter in Marine Environments**. University of Tokyo, Tokyo.
- Gang, Chen, L. Shaojing, and Y. Shengyun. 1998. **Estimation of Carrying Capacity for Mariculture Development in Xiamen**. In: The Regional Workshop on Partnership in the Application of Integrated Coastal Management, Chonburi, Thailand, p. 81 – 90.
- Hopkins, J. S., M. R. De Voe, and A. F. Holland. 1995. **Environmental Impacts of Shrimp Farming Effluent in The Continental United States**. Estuaries, 18: 25-42.
- Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup RI. 2004. **Baku Mutu Air untuk Biota Laut (Kep.Meneg.LH No. 53/2004)**. Sekretariat Meneg LH, Jakarta.
- Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup RI. 2002. **Kualitas Air Indonesia**, Sekretariat Meneg LH, Jakarta.
- Leonard, N., J. P. Blancheton, and J. P. Guiraud. 2000. **Population of Heterotrophic Bacteria in an Experimental Resirculating Aquaculture System**, Journal of Aquaculture Engineering, 22: 109-120.
- Manahan, S. E. 2002. **Environmental Chemistry**. Seventh Edition, Lewis Publisher, Inc., New York.
- Nagata, T., B. Meon, and D. L. Kirchman. 2003. **Microbial Degradation of Organic Matter in Sea Water**. Journal of Limnology and Oceanography, 48: 745-754.
- Primavera, J. H. 1994. **Environmental and Socioeconomic Effect of Shrimp Farming: The Philippine Experience**. Infofish International, 1: 44-49.
- Soewardi, K. 2002. **Pengelolaan Kualitas Air Tambak**, Makalah Dalam Seminar Penetapan Standar Kualitas Air Buangan Tambak, Ditjen Perikanan Budidaya, Puncak, 7 – 9 Agustus 2002.
- Sohier, L. P. and M. A. G. Bianchi. 1995. **Development of Heterotrophic Bacterial Community within Prawn Aquaculture System**. Journal of Microbial Ecology, 11: 353-369.
- Sudradjat, A., Wedjatmiko, dan Z. I. Azwar. 2002. **Kebijakan Pengelolaan Tambak Udang di Pantai Utara Jawa**. Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Supriharyono. 2002. **Pengelolaan Sumberdaya Pesisir di Daerah Tropis**, PT. Gramedia, Jakarta.
- Widigdo, B. 2002. **Perkembangan dan Peranan Perikanan Budidaya Dalam Pembangunan**. Makalah Dalam Seminar Penetapan Standar Kualitas Air Buangan Tambak. Ditjen Perikanan Budidaya, Puncak, 7-9 Agustus 2002
- Widigdo, B. dan J. Pariwono. 2003. **Daya Dukung Perairan di Pantai Utara Jawa Barat untuk Budidaya Udang (Studi Kasus di Kabupaten Subang, Teluk Jakarta dan Serang)**. Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia, 1: 10-17.