

**ANALISIS KETERSEDIAAN OKSIGEN TERLARUT (*OXYGEN BUDGET*)
TAMBAK UDANG INTENSIF VANNAME (*Lithopenaeus vannamei*) UNTUK
PENGELOLAAN KINCIR OPTIMAL**

Muh.Hery Riyadi Alauddin

Akademi Perikanan Sidoarjo

Jl. Raya Buncitan Kotak Pos 1, Sedati Sidoarjo

Tlp. (031) 8911380, Fax. (031) 8912848, email : heryal72@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketersediaan oksigen terlarut (*oxygen budget*) dalam budidaya tambak udang intensif untuk pengelolaan dan alokasi penggunaan kincir secara optimal sesuai daya dukung tambak. Pendugaan ketersediaan oksigen terlarut (*oxygen budget*) menggunakan pendekatan keseimbangan *input* dan *output* oksigen terlarut (*mass balance*) dalam perairan tambak udang. Hasil analisis selama masa pemeliharaan menunjukkan bahwa *input* oksigen terlarut dalam tambak udang intensif (50 ekor/m²) berkisar 27.96 – 91.27 kg O₂/hari (73.68 ± 14.48), sedangkan *output* oksigen terlarut sebesar 20.89 – 153.74 kg O₂/hari (85.46 ± 43.43). Pada budidaya tambak udang intensif (126 ekor/m²) diperoleh *input* oksigen terlarut berkisar antara 30.19 – 86.54 kg O₂/hari (66.93 ± 12,96), sedangkan *output* oksigen terlarut sebesar 19.78 – 200.19 kg O₂/hari (115.72 ± 54.10). *Input* oksigen terlarut ini berasal dari oksigen *ambien* tambak, *inflow* dan hasil fotosintesis, sedangkan *Output* oksigen berasal dari oksigen terlarut yang dimanfaatkan oleh udang, *outflow*, respirasi kolom air, dan respirasi sedimen. Pada kondisi eksisting, pengoperasian 3 buah kincir dalam budidaya tambak udang intensif (50 ekor/m²) mulai awal sampai akhir pemeliharaan menggunakan tenaga listrik sebesar 3920.98 kwh/MT atau 7841.95 kwh/II MT (produksi 1 kg udang menggunakan tenaga listrik sebesar 1.67 kwh/kg udang/MT atau 3.34 kwh/kg udang/II MT). Sedangkan berdasarkan estimasi *input* dan *output* oksigen terlarut, pengoperasian 3 buah kincir mulai awal sampai akhir pemeliharaan hanya menggunakan tenaga listrik sebesar 1483.05 kwh/MT atau 2966.10 kwh/II MT (produksi 1 kg udang menggunakan tenaga listrik sebesar 0.63 kwh/kg udang/MT atau 1.26 kwh/kg udang/II MT). Pengoperasian 10 buah kincir pada budidaya tambak udang intensif (126 ekor/m²) mulai awal sampai akhir pemeliharaan menggunakan tenaga listrik sebesar 15 397.44 kwh/MT atau 30 794.88 kwh/II MT (produksi 1 kg udang menggunakan tenaga listrik sebesar 2.25 kwh/kg udang/MT atau 4.49 kwh/kg udang/II MT). Sedangkan berdasarkan estimasi ketersediaan dan keseimbangan oksigen terlarut (*input* dan *output*), pengoperasian 10 kincir maka mulai awal sampai akhir pemeliharaan hanya menggunakan tenaga listrik sebesar 4356.64 kwh/

MT atau 8713.28 kwh/II MT (produksi 1 kg udang menggunakan tenaga listrik sebesar 0.64 kwh/kg udang/MT atau 1.28 kwh/kg udang/II MT).

Kata Kunci : Pengelolaan kincir, ketersediaan oksigen, budidaya tambak udang, vannamei

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ketersediaan oksigen merupakan salah satu faktor kritis yang menentukan daya dukung tambak udang. Konsentrasi oksigen budidaya tambak udang vannamei (50 ekor/m²) dapat mencapai 1,0 – 2,0 ppm pada malam hari menjelang pagi hari pada bulan ke 3 dan 4 (Phillips *et al.*1993). Kondisi ini disebut sebagai *low dissolved oxygen syndrome* (LODOS), kondisi dimana kelarutan oksigen rendah yang diikuti secara simultan oleh meningkatnya karbondioksida, penurunan pH darah ikan, meningkatnya amoniak dan nitrit serta sejumlah faktor lainnya (Schmittou 1991). Terjadinya pengurangan oksigen terlarut merupakan faktor pembatas utama dan menjadi perhatian serius dalam operasional budidaya tambak, dimana kondisi hypoxia suatu perairan merupakan gejala tekanan lingkungan perairan budidaya sekaligus sebagai faktor penentu daya dukung (Kibria *et al.*1996).

Oksigen dipasok dari permukaan air dan transport melalui kolom air oleh difusi dan turbulensi serta melalui hasil fotosintesis. Pada malam hari, aktivitas hewan, tanaman dan bacteria di dalam kolom air dan sedimen akan mengkonsumsi oksigen melalui proses respirasi. Apabila

proses respirasi memerlukan pasokan oksigen yang berlebih, maka ketersediaan oksigen akan mempengaruhi kehidupan ikan dan organisme perairan lainnya. Konsentrasi minimum oksigen terlarut digunakan untuk menduga laju beban maksimum yang diperbolehkan (daya dukung)(Kibria *et al.*1996). Kebutuhan oksigen juga dikontrol oleh laju pasokan bahan organik, dimana nutrient diduga mempengaruhi pasokan oksigen melalui stimulasi produktivitas primer yang pada akhirnya akan kembali dikonsumsi oleh bakteri dan hewan.

Salah satu komponen yang berperan sangat penting dalam ketersediaan oksigen dalam sistem budidaya tambak udang yaitu kincir. selain sebagai pemasok oksigen terlarut juga sebagai pembuang oksigen dari tambak apabila terjadi kondisi lewat jenuh. Kondisi oksigen lewat jenuh ini sering terjadi pada siang hari dengan kepadatan fitoplankton yang tinggi, seiring dengan lama pemeliharaan udang. Sebaliknya pada malam hari, ketersediaan oksigen terlarut sering mengalami deplesi akibat bertambahnya biomassa udang di tambak dan meningkatnya respirasi fitoplankton (Rachmansyah *et al.*,2005). Penempatan yang tepat serta lama operasional kincir perlu juga menjadi perhatian untuk memaksimalkan daerah tambak

teroksigenasi dan meminimalkan daerah tambak yang defisit oksigen (Rachmansyah *et al.* 2005). Jumlah dan penempatan aerator merupakan hal kritis untuk menghasilkan pola arus dan mempertahankan level oksigen terlarut dalam air tambak udang, dimana arus dalam tambak udang perlu dipertahankan antara 6.0 – 12.0 m/menit agar material organik tetap berada dalam kondisi tersuspensi dan apabila kecepatan arus kurang dari 6 m/menit, maka material organik akan mengendap didasar tambak udang (McIntosh 2000). Semakin banyak jumlah kincir yang digunakan, maka akan semakin besar kandungan TSS air tambak, sebagai akibat gerusan tanah pematang serta pengadukan dan pelarutan bahan organik dari dasar tambak. Sirkulasi air dalam tambak sebagai akibat operasionalisasi kincir yang berlebihan akan mempengaruhi pengikisan dan pelarutan tanah pematang tambak sehingga meningkatkan kekeruhan dan siltasi (McIntosh 2000). Oleh karena itu, informasi perilaku ketersediaan oksigen terlarut dalam kegiatan budidaya tambak udang merupakan cermin respons pemanfaatan daya dukung lahan dan sebagai dasar pengelolaan dan alokasi penggunaan kincir secara optimal.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan melakukan analisis ketersediaan oksigen terlarut (*oxygen budget*) dalam budidaya tambak udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) untuk pengelolaan kincir secara optimal.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di wilayah pesisir Kecamatan Mangara Bombang, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Pemilihan lokasi didasarkan atas pertimbangan bahwa : (1) Kegiatan budidaya tambak udang intensif dengan komoditas udang vannamei di wilayah pesisir Kecamatan Mangara Bombang cukup berkembang dengan pola padat tebar tinggi; (2) Padat tebar tinggi sangat menentukan tingkat kebutuhan oksigen selain pakan sebagai sumber utama kehidupan organisme budidaya.

2.2. Jenis dan sumberdata

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer yang dikumpulkan melalui pengamatan langsung dilapangan, sedangkan data sekunder melalui penelusuran berbagai pustaka yang terkait dengan penelitian ini. Data primer yang diamati meliputi : kandungan oksigen ambien tambak udang (padat tebar 50 ekor/m² dan 126 ekor/m²), dan kandungan oksigen badan air perairan pesisir selama 24 jam pengukuran (5 stasiun pengukuran). Data sekunder yang digunakan meliputi : oksigen hasil fotosintesis, respirasi kolom air, konsumsi oksigen sedimen, konsumsi oksigen udang vannamei, transfer oksigen kincir (kondisi standar), koreksi kejenuhan oksigen terlarut, dan sistem pergantian air tambak udang intensif.

2.3. Analisis Data

Estimasi ketersediaan oksigen terlarut (*oxygen budget*) tambak udang

intensif vannamei selama periode pemeliharaan menggunakan pendekatan *mass balance* dengan menghitung *input* oksigen terlarut yang terdiri dari : oksigen dari aerasi, *inflow*, dan fotosintesis. Sementara *output* oksigen terlarut terdiri dari : konsumsi oksigen udang, respirasi plankton dan mikroorganisme dalam perairan tambak, *outflow*, dan konsumsi

oksigen sedimen. Level kritis oksigen terlarut bagi udang vannamei sebesar 4 mg/l sebagai *safety factor*. Secara umum persamaan keseimbangan *input* dan *output* oksigen terlarut (*oxygen budget*) dalam budidaya tambak udang mengacu pada modifikasi formula (Teichert-Coddington *et al.* 1996):

$$K + I + F + A \approx U + R + O + S \dots\dots\dots(1)$$

dimana : K = kincir ; I = volume air *inflow* (m³); F = fotosintesis ; A = ambien; U = konsumsi oksigen udang; R = konsumsi oksigen untuk respirasi plankton (kolom air); O = volume air *outflow* (m³); S = konsumsi oksigen sedimen tambak udang

Input dan *output* oksigen dalam tambak udang dapat diestimasi dengan mengacu pada modifikasi formula (Teichert-Coddington *et al.* 1996):

Input Oksigen Terlarut

- *Input* oksigen terlarut dari fotosintesis (F) selama pemeliharaan dapat dirumuskan $F_n = (f_n \times VTB) \times 1000 \dots\dots\dots(2)$
- *Input* oksigen terlarut dari *inflow* (*pergantian air*) selama pemeliharaan dapat dirumuskan : $I_n = (O_{\text{kolom air}} \times VTA_n) \times 1000 \dots\dots\dots(3)$
- Oksigen terlarut ambien (*tanpa kincir*) selama pemeliharaan dapat dirumuskan : $A_n = (OTK_n \times VTB) \times 1000 \dots\dots\dots(4)$
- *Input* oksigen terlarut dari kincir selama pemeliharaan ditentukan oleh nilai transfer oksigen, lama operasional kincir, dan nilai koreksi kejenuhan oksigen terlarut. Masukan oksigen terlarut kincir selama pemeliharaan ditentukan dengan menggunakan rumus $K_n = (1.80 \times WOK_n) \times 0.90 \dots\dots\dots(5)$

Sehingga total oksigen terlarut yang masuk (*input*) ke dalam sistem tambak udang selama pemeliharaan dapat ditentukan dengan rumus :

$$IOT_n = K_n + F_n + I_n + A_n \dots\dots\dots(6)$$

Output Oksigen Terlarut

- *Output* oksigen terlarut yang digunakan oleh udang selama pemeliharaan dapat dirumuskan $U_n = (BU_n \times OU_n \times 24) / 1000 \dots\dots\dots(7)$
- *Output* oksigen terlarut yang digunakan untuk respirasi kolom selama pemeliharaan dapat dirumuskan: $R_n = (ORP_n \times VTB) / 1000 \dots\dots\dots(8)$
- *Output* oksigen terlarut yang digunakan untuk respirasi sedimen selama pemeliharaan dapat dirumuskan : $S_n = (OS_n \times VTB \times 24) / 1000 \dots\dots\dots(9)$
- *Output* oksigen terlarut *outflow* (*pergantian air*) selama pemeliharaan dapat dirumuskan : $O_n = (OTK_n \times VBA_n) \times 1000 \dots\dots\dots(10)$

Sehingga total oksigen terlarut yang dimanfaatkan (*ouput*) dalam sistem tambak udang selama pemeliharaan dapat ditentukan dengan rumus :

$$UOI_n = O_n + U_n + R_n + S_n \dots\dots\dots(11)$$

Ketersediaan oksigen terlarut dalam tambak udang diformulasikan :

$$OT_n = IOT_n - OOT_n \dots\dots\dots(12)$$

dimana : 1,80 = transfer oksigen kincir pada kondisi standar (kgO₂/ton/jam); WOK = waktu operasional kincir (jam); 0,90 = koreksi kejenuhan oksigen pada kondisi standar ; F = oksigen terlarut fotosintesis (mg/l); VTB = volume air tambak udang (m³); VTA = volume penambahan air (m³); OTK = oksigen terlarut tambak udang tanpa kincir (mg/l); VBA = volume air tambak udang yang dibuang (m³); OU = oksigen terlarut tambak udang (kgO₂/ton/jam); OR = oksigen terlarut respiasi kolom air (mg/L/hari); OS = oksigen terlarut sedimen tambak udang (gO₂/m²/jam); IOT = *input* oksigen terlarut (kg); OOT= *output* oksigen terlarut (kg); OT = ketersediaan oksigen terlarut dalam tambak udang (kg); n = 1,2,3,....., panen (hari).

Penggunaan tenaga listrik kincir selama masa pemeliharaan dapat diformulasikan :

$$TL_k = J_k \times JO_k \times LO_k \times 0.764 \dots\dots\dots(13)$$

dimana : TL_k = tenaga listrik kincir (kwh); J_k = jumlah kincir yang dioperasikan (unit); JO_k = operasional kincir (jam/hari); LO_k = lama operasional kincir (hari); 0,764 = jumlah tenaga listrik per HP (kwh)

Jika tarif dasar listrik per kwh sebesar X, maka besarnya biaya yang digunakan untuk operasionalisasi kincir sebesar :

$$BO_k = TL_k \times X \dots\dots\dots(14)$$

dimana : BO_k= biaya operasional kincir (Rp); TL_k = tenaga listrik kincir (kwh); X = tarif dasar listrik (Rp/kwh)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

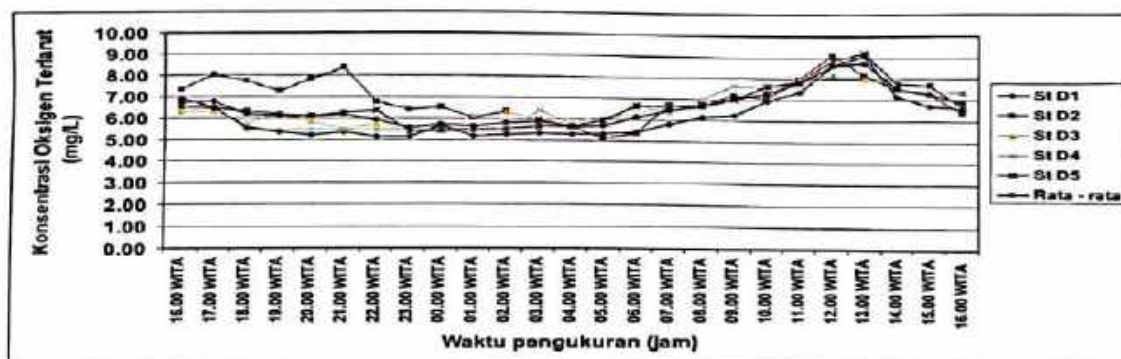
Estimasi ketersediaan oksigen terlarut (*input* dan *output*) dalam tambak udang intensif menggunakan data – data penunjang yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data – data yang digunakan dalam estimasi ketersediaan oksigen terlarut (*input* dan *output*) dalam tambak udang intensif

Parameter	Satuan	Nilai
Oksigen hasil Fotosintesis ¹⁾	mg/L/hari	2.28 – 17.32 (12.15 ± 3.56)
Respirasi kolom air ²⁾	mg/L/hari	4.01 – 27.62 (15.13 ± 7.30)
Konsumsi oksigen sedimen ³⁾	gO ₂ /m ² /jam	0.05 – 0.23 (0.11 ± 0.04)
Konsumsi oksigen udang vannamei ⁴⁾	kgO ₂ /ton/jam	0.61 – 1.99 (0.76 ± 0.35)
Transfer oksigen kincir (standar) ⁵⁾	kgO ₂ /kwh	1.80
Koreksi kejenuhan oksigen terlarut ⁶⁾	-	0.90
Oksigen badan air perairan pesisir ⁷⁾	mg/l	6.56
Oksigen ambien tambak udang (50 ekor/m ²) ⁸⁾	mg/l	3.35 – 6.20 (4.89 ± 0.62)
Oksigen ambien tambak udang (126 ekor/m ²) ⁹⁾	mg/l	3.96 – 6.45 (4.82 ± 0.82)
Pergantian air tambak udang intensif ¹⁰⁾	%	3 % (bln 1 dan 2); 10 % (bln 3); 15 % (bln 4)

Sumber : Rachmansyah *et al* (2010) ^{1) 2) 3) 4)}; Riyanto (1989), Boyd (1991), McIntosh (2000) ^{5) 6)}; Hasil pengukuran lapangan (2010) ^{7) 8) 9)}; Widigdo dan Soewardi (2002) ¹⁰⁾, Hasil pengamatan lapangan (2010) ¹⁰⁾

Hasil pengukuran kandungan oksigen terlarut perairan pesisir selama 24 jam pada 5 (lima) stasiun pengukuran sebesar **6.56 mg/l** (O_{kolom air}).



Gambar 1. Kandungan oksigen terlarut (DO) perairan pesisir Kecamatan Mangara Bombang pada 5 stasiun pengukuran (hasil pengukuran per jam selama 24 jam) (Hasil pengukuran lapangan 2010)

3.1. Pengelolaan Kincir Optimal Tambak Udang Intensif (50 ekor/m²)

Berdasarkan hasil analisis selama pemeliharaan, diperoleh oksigen terlarut yang tersedia (*input oksigen*) dalam tambak udang berkisar 27.96 – 91.27 kg O₂/hari (73.68 ± 14.48). *Input* oksigen terlarut ini berasal dari oksigen *ambien* tambak sebesar 13.40 – 24.80 kg O₂/hari (19.54 ± 2.50), *inflow* (air yang dimasukkan pada saat pergantian air) sebesar 0.00 – 3.94 kg O₂/hari (1.67 ± 1.00) dan hasil fotosintesis sebesar 9.12 – 69.28 kg O₂/hari (52.47 ± 14.24). Oksigen terlarut yang dimanfaatkan (*output oksigen*) dalam tambak udang selama pemeliharaan sebesar 20.89 – 153.74 kg O₂/hari (85.46 ± 43.43). Oksigen terlarut dalam sistem tambak yang dimanfaatkan oleh udang sebesar 0.05 – 34.37 kg O₂/hari (14.99 ± 10.96), *outflow* (air yang dibuang saat pergantian air) sebesar 0.00 – 2.47 kg O₂/hari (1.05 ± 0.63), respirasi kolom air sebesar 16.04 – 110.48 kg O₂/hari (60.02 ± 31.30), dan respirasi sedimen sebesar 4.80 – 15.36 kg O₂/hari (9.40 ± 1.87).

Berdasarkan estimasi ketersediaan oksigen terlarut dan untuk mempertahankan kondisi oksigen tetap dalam ambang batas yang diinginkan 4 ppm (*steady state*), maka alokasi penggunaan kincir sebagai berikut : (1) Pengoperasian 1 buah kincir (kekuatan 1 HP) pada awal pemeliharaan sampai dengan hari ke 28 cukup dilakukan 4 jam/hari, dimana sampai hari ke 28 baik *input* oksigen maupun *output* oksigen cukup meningkat (*input* 97.19 kg O₂/hari dan *output* 47.80 kg O₂/hari); (2) Pada hari ke – 29 kincir 1

dioperasikan selama 4 - 12 jam/hari untuk mempertahankan dan meningkatkan oksigen sampai hari ke – 57 (*input* 98.14 kg O₂/hari dan *output* 95.93 kg O₂/hari); (3) Pada hari ke 58, *input* oksigen terlarut mencapai 97.54 kg O₂/hari sedangkan *output* oksigen terlarut mencapai 99.57 kg O₂/hari sehingga terjadi defisit oksigen sebesar – 1.03 kg O₂/hari. Hal ini menunjukkan bahwa *input* oksigen terlarut mulai tidak sebanding dengan kebutuhan oksigen terlarut dalam tambak udang; (4) Pada hari ke 58 perlu dilakukan pengoperasian kincir 2. Mulai hari ke-58 pengoperasian kincir 2 selama 12 – 16 jam/hari dan kincir 1 selama 4 – 12 jam/hari. Pengoperasian 2 kincir (bertenaga 1 HP) hanya mampu mempertahankan dan meningkatkan oksigen sampai hari ke – 67 (*input* 125.14 kg O₂/hari dan *output* 123.18 kg O₂/hari), dimana pada hari ke 68 terjadi defisit oksigen sebesar -1.25 kg O₂/hari (*input* 124.30 kg O₂/hari dan *output* 125.56 kg O₂/hari); (5) Pada hari ke-68 perlu dilakukan pengoperasian kincir 3 selama 16 – 20 jam (kincir 1 selama 4 - 12 jam/hari, kincir 2 selama 12 - 16 jam/hari). Pengoperasian 3 buah kincir dengan tenaga masing – masing 1 HP mampu mempertahankan dan menyeimbangkan oksigen terlarut dalam tambak udang sampai akhir masa pemeliharaan (*input* 148.78 kg O₂/hari dan *output* 139.38 kg O₂/hari).

Pada kondisi eksisting, tambak udang intensif (50 ekor/m²) di lokasi penelitian selama pemeliharaan udang menggunakan 3 buah kincir (1 kincir berkekuatan 1 HP), dimana pada hari ke 1 s/d hari 30 dioperasikan 1 buah

kincir selama 24 jam/hari. Mulai hari ke 30 dioperasikan lagi 2 kincir selama 24 jam/hari sampai akhir pemeliharaan. Pada kondisi ini, mulai awal sampai akhir pemeliharaan menggunakan tenaga listrik sebesar 3920.98 kwh/MT atau 7841.95 kwh/II MT, dimana setiap produksi 1 kg udang menggunakan tenaga listrik sebesar 1.67 kwh/kg udang/MT atau 3.34 kwh/kg udang/II MT. Sedangkan berdasarkan estimasi ketersediaan oksigen (*oxygen budget*), mulai awal sampai akhir pemeliharaan menggunakan tenaga listrik sebesar 1483.05 kwh/MT atau 2966.10 kwh/II MT, dimana setiap produksi 1 kg udang menggunakan tenaga listrik sebesar 0.63 kwh/kg udang/MT atau 1.26 kwh/kg udang/II MT.

Besarnya efisiensi penggunaan tenaga listrik untuk operasionalisasi kincir pada kondisi saat ini dan berdasarkan estimasi ketersediaan oksigen (*oxygen budget*) sebesar 2437.93 kwh/MT atau 4875.86 kwh/II MT, dimana untuk produksi 1 kg udang terjadi efisiensi sebesar 1.04 kwh/kg udang/MT atau 2.08 kwh/kg udang/II MT. Biaya penggunaan tenaga listrik yang dikeluarkan pada kondisi eksisting untuk operasionalisasi kincir per musim tanam (MT) sebesar 3920.98 kwh x Rp 640,-/kwh (TDL Subsidi) = Rp 2 509 427/MT atau Rp 5 018 854/II MT. Sedangkan berdasarkan estimasi ketersediaan oksigen terlarut (*oxygen budget*), biaya yang dikeluarkan untuk operasionalisasi kincir per musim tanam (MT) sebesar 1483.05 x Rp 640/kwh (TDL Subsidi) = Rp 949 152/MT atau Rp 1 898 304/II MT, dimana terjadi efisiensi biaya penggunaan tenaga listrik

untuk kincir sebesar : Rp 2 509 427/MT – 949 152/MT = Rp 1 560 275/MT atau Rp 3 120 550/II MT.

Jika menggunakan tarif dasar listrik (TDL) non subsidi sebesar Rp 1380 (PLN 2010), maka biaya yang dikeluarkan untuk operasionalisasi kincir per musim tanam (MT) pada kondisi eksisting sebesar 3920.98 kwh x Rp 1380/kwh = Rp 5 410 953/MT atau Rp 10 821 905/II MT. Sedangkan berdasarkan estimasi ketersediaan oksigen terlarut (*oxygen budget*), biaya yang dikeluarkan untuk operasionalisasi kincir per musim tanam (MT) sebesar 1483.05 x Rp 1380/kwh = Rp 2 046 609/MT atau Rp 4 093 218/II MT, dimana terjadi efisiensi biaya penggunaan tenaga listrik untuk kincir sebesar : Rp 5 410 952,-/MT – 2 046 609/MT = Rp 3 364 343/MT atau Rp 6 728 687/II MT.

3.2. Pengelolaan Kincir Optimal Tambak Udang Intensif (126 ekor/m²)

Berdasarkan hasil analisis selama pemeliharaan, diperoleh oksigen terlarut yang tersedia (*input* oksigen) dalam tambak udang berkisar 30.19 – 86.54 kg O₂/hari (66.93 ± 12,96). *Input* oksigen terlarut ini berasal dari oksigen *ambien* tambak sebesar 14.85 – 24.19 kg O₂/hari (18.08 ± 3.07), *inflow* (air yang dimasukkan pada saat pergantian air) sebesar 0.00 – 3.69 kg O₂/hari (1.74 ± 1.19) dan hasil fotosintesis sebesar 8.55 – 64.95 kg O₂/hari (46.95 ± 13.35). Oksigen terlarut yang dimanfaatkan (*output* oksigen) dalam sistem tambak udang selama pemeliharaan sebesar 19.78 – 200.19 kg O₂/hari (115.72 ± 54.10). Oksigen terlarut

dalam tambak udang yang dimanfaatkan oleh udang sebesar $0.24 - 100.26 \text{ kg O}_2/\text{hari}$ (47.38 ± 27.29), *outflow* (air yang dibuang saat pergantian air) sebesar $0.00 - 3.11 \text{ kg O}_2/\text{hari}$ (1.22 ± 0.83), respirasi kolom air sebesar $15.04 - 103.58 \text{ kg O}_2/\text{hari}$ (56.74 ± 27.37), dan konsumsi sedimen sebesar $4.50 - 20.70 \text{ kg O}_2/\text{hari}$ (10.28 ± 3.87).

Berdasarkan ketersediaan oksigen terlarut (*oxygen budget*) dan untuk mempertahankan kondisi oksigen tetap dalam ambang batas yang diinginkan 4 ppm (*steady state*), maka alokasi penggunaan kincir sebagai berikut : (1) Pengoperasian 1 buah kincir (kekuatan 1 HP) pada awal pemeliharaan sampai dengan hari ke-26 cukup dilakukan 4 jam/hari, dimana sampai hari ke-26 baik *input* oksigen maupun *output* oksigen cukup meningkat (*input* $92.19 \text{ kgO}_2/\text{hari}$ dan *output* $58.67 \text{ kgO}_2/\text{hari}$); (2) Mulai hari ke-27 pengoperasian kincir ke-1 ditingkatkan menjadi 4 - 5 jam/hari untuk mempertahankan oksigen sampai hari ke-45 (*input* $87.36 \text{ kgO}_2/\text{hari}$ dan *output* $86.43 \text{ kgO}_2/\text{hari}$) . Pada hari ke 46, *input* oksigen terlarut mencapai $86.69 \text{ kg O}_2/\text{hari}$ sedangkan *output* oksigen terlarut mencapai $88.81 \text{ kg O}_2/\text{hari}$ sehingga terjadi defisit oksigen sebesar $- 2.13 \text{ kg O}_2/\text{hari}$. Hal ini menunjukkan bahwa *input* oksigen terlarut mulai tidak sebanding dengan kebutuhan oksigen terlarut dalam tambak udang; (3) Pada hari ke 46 perlu dilakukan pengoperasian kincir ke-2 selama 5 - 12 jam/hari (kincir 1 selama 4 - 5 jam/hari). Pengoperasian 2 kincir (bertenaga 1 HP) hanya mampu mempertahankan dan meningkatkan oksigen terlarut sampai hari

ke - 54, dimana pada hari ke-55 terjadi defisit oksigen terlarut sebesar $-1,82 \text{ kg O}_2/\text{hari}$ (*input* $111.43 \text{ kgO}_2/\text{hari}$ dan *output* $113.25 \text{ kgO}_2/\text{hari}$); (4) Pada hari ke-55 perlu dilakukan pengoperasian kincir ke-3 selama 12 - 16 jam/hari (kincir 1 selama 4 - 5 jam/hari dan kincir 2 selama 5 - 12 jam/hari). Pengoperasian 3 kincir hanya mampu meningkatkan dan mempertahankan oksigen terlarut sampai hari ke-65, dimana pada hari ke-66 terjadi defisit oksigen terlarut sebesar $- 2.42 \text{ kg O}_2/\text{hari}$ (*input* $145.17 \text{ kgO}_2/\text{hari}$ dan *output* $147.59 \text{ kgO}_2/\text{hari}$); (5) Pada hari ke-66 perlu dilakukan pengoperasian kincir ke 4,5, dan 6 selama 16 - 24 jam/hari (kincir 1 selama 4 - 5 jam/hari, kincir 2 selama 5 - 12 jam/hari, kincir 3 selama 12 - 16 jam/hari). Pengoperasian 6 kincir hanya mampu meningkatkan oksigen terlarut sampai pada hari ke - 99, dimana pada hari ke 100 terjadi defisit oksigen sebesar $- 4.43 \text{ kgO}_2/\text{hari}$ (*input* $144.35 \text{ kgO}_2/\text{hari}$ dan *output* $148.77 \text{ kgO}_2/\text{hari}$); (6) Pada hari ke-100 dilakukan pengoperasian kincir ke- 7 selama 9 jam/hari (kincir 1 selama 4 - 5 jam/hari, kincir 2 selama 5 - 12 jam/hari, kincir 3 selama 12 - 16 jam/hari, kincir 4-5-6 selama 16 - 24 jam/hari). Pengoperasian 7 kincir hanya mampu meningkatkan dan mempertahankan oksigen selama 3 hari (sampai hari ke 102) dan hari ke -103 terjadi defisit oksigen sebesar $-4.59 \text{ kgO}_2/\text{hari}$ (*input* $159.11 \text{ kgO}_2/\text{hari}$ dan *output* $163.70 \text{ kgO}_2/\text{hari}$); (7) Pada hari ke-103 dioperasikan kincir ke-8 selama 9 jam/hari (kincir 1 selama 4 - 5 jam/hari, kincir 2 selama 5 - 12 jam/hari, kincir 3 selama 12 - 16 jam/hari, kincir 4-5-6 selama 16 - 24 jam/hari, kincir 7

selama 9 jam/hari), dimana pengoperasian 8 kincir hanya mampu meningkatkan dan mempertahankan oksigen terlarut sampai hari ke 104 dan pada hari ke-105 terjadi defisit oksigen terlarut sebesar $-0.54 \text{ kgO}_2/\text{hari}$ (*input* $173.99 \text{ kgO}_2/\text{hari}$ dan *output* $174.53 \text{ kgO}_2/\text{hari}$); (8) Mulai hari ke-105 dioperasikan kincir ke-9 selama 9 jam/hari (kincir 1 selama 4 – 5 jam/hari, kincir 2 selama 5 – 12 jam/hari, kincir 3 selama 12 – 16 jam/hari, kincir 4-5-6 selama 16 – 24 jam/hari, kincir 7 selama 9 jam/hari, kincir 8 selama 9 jam/hari). Pengoperasian 9 kincir mampu meningkatkan dan mempertahankan oksigen terlarut sampai hari ke- 107. Pada hari ke-108 terjadi defisit oksigen terlarut sebesar $-0.74 \text{ kgO}_2/\text{hari}$ (*input* $188.65 \text{ kg O}_2/\text{hari}$ dan *output* $189.39 \text{ kg O}_2/\text{hari}$); (9) Pada hari ke-109 dioperasikan kincir ke-10 selama 9 jam/hari ((kincir 1 selama 4 – 5 jam/hari, kincir 2 selama 5 – 12 jam/hari, kincir 3 selama 12 – 16 jam/hari, kincir 4-5-6 selama 16 – 24 jam/hari, kincir 7 selama 9 jam/hari, kincir 8 selama 9 jam/hari, kincir 9 selama 9 jam/hari), dimana pengoperasian 10 buah kincir dengan tenaga masing – masing 1 HP mampu mempertahankan dan menyeimbangkan oksigen terlarut dalam tambak udang sampai akhir masa pemeliharaan.

Pada kondisi eksisting, tambak udang intensif (126 ekor/m^2) di lokasi penelitian selama pemeliharaan udang menggunakan 10 buah kincir (1 kincir berkekuatan 1 HP), dimana pada hari ke 1 s/d hari 30 dioperasikan 2 buah kincir selama 24 jam/hari. Mulai hari ke 30 dioperasikan 8 buah kincir selama 24

jam/hari sampai akhir pemeliharaan (Hasil wawancara dan pengamatan lapangan 2010). Pada kondisi ini, mulai awal sampai akhir pemeliharaan menggunakan tenaga listrik sebesar $15\,397.44 \text{ kwh/MT}$ atau $30\,794.88 \text{ kwh/II MT}$, dimana setiap produksi 1 kg udang menggunakan tenaga listrik sebesar $2.25 \text{ kwh/kg udang/MT}$ atau $4.49 \text{ kwh/kg udang/II MT}$. Sedangkan berdasarkan estimasi ketersediaan oksigen terlarut (*oxygen budget*), maka mulai awal sampai akhir pemeliharaan menggunakan tenaga listrik sebesar 4356.64 kwh/MT atau $8713.28 \text{ kwh/II MT}$, dimana setiap produksi 1 kg udang menggunakan tenaga listrik sebesar $0.64 \text{ kwh/kg udang/MT}$ atau $1.28 \text{ kwh/kg udang/II MT}$, dimana terjadi efisiensi penggunaan tenaga listrik untuk operasionalisasi kincir sebesar $11\,040.80 \text{ kwh/MT}$ atau $22\,081.60 \text{ kwh/II MT}$ (produksi 1 kg efisiensi sebesar $1.61 \text{ kwh/kg udang/MT}$ atau $3.22 \text{ kwh/kg udang/II MT}$).

Pada kondisi saat ini, biaya penggunaan tenaga listrik $15\,397.44 \text{ kwh/MT}$ kwh dan apabila digunakan tarif dasar listrik (TDL) subsidi sebesar Rp 640/kwh (PLN 2010), maka biaya yang dikeluarkan untuk operasionalisasi kincir per musim tanam (MT) sebesar $15\,397.44 \text{ kwh} \times \text{Rp } 640/\text{kwh} = \text{Rp } 9\,854\,362/\text{MT}$ atau $\text{Rp } 19\,708\,723/\text{II MT}$. Sedangkan berdasarkan estimasi ketersediaan oksigen (*oxygen budget*), biaya yang dikeluarkan untuk operasionalisasi kincir per musim tanam (MT) sebesar $4356.64 \text{ kwh} \times \text{Rp } 640 = \text{Rp } 2\,788\,250/\text{MT}$ atau $\text{Rp } 5\,576\,499/\text{II MT}$, dimana terjadi efisiensi penggunaan tenaga

listrik untuk kincir sebesar : Rp 9 854 362/MT – Rp 2 788 250/MT = Rp 7 066 112/MT atau Rp 14 132 224/II MT.

Jika menggunakan dasar listrik (TDL) non subsidi sebesar Rp 1380 (PLN 2010), maka biaya yang dikeluarkan untuk operasionalisasi kincir per musim tanam (MT) pada kondisi saat ini sebesar 15 397.44 kwh x Rp 1380/kwh = Rp 21 248 467/MT atau Rp 42 496 934/II MT. Berdasarkan estimasi ketersediaan oksigen terlarut (*oxygen budget*), biaya yang dikeluarkan untuk operasionalisasi kincir per musim tanam (MT) sebesar 4356.64 kwh x Rp 1380 = Rp 6 012 163/MT atau Rp 12 024 326/II MT, dimana terjadi efisiensi penggunaan tenaga listrik untuk kincir sebesar : Rp 21 248 467/MT – Rp 6 012 163/MT = Rp 15 236 304/MT atau Rp 30 472 608/II MT.

Pada penelitian ini diperoleh tingkat produksi udang (126 ekor/m²) dengan 10 buah kincir sebesar 684.8 kg/HP dan tingkat produksi udang (50 ekor/m²) dengan 3 buah kincir sebesar 784.90 kg/HP. McIntosh (2000) melaporkan bahwa tambak udang *vannamei* tanpa pergantian air selama pemeliharaan dapat memproduksi sekitar 550 kg udang /HP kincir. Selanjutnya Rachmansyah *et al* (2005) juga melaporkan bahwa tingkat produksi tambak udang dengan perlakuan 2 kincir diperoleh 594 kg/HP, perlakuan 3 kincir diperoleh sebesar 496 kg/HP, dan perlakuan 4 kincir diperoleh sebesar 320 kg/HP.

Proses fotosintensis memegang peranan penting dalam memasok oksigen terlarut dalam tambak udang dan kelutannya dipengaruhi oleh kepadatan

fitoplankton, lama pencahayaan, suhu, salinitas, dan tingkat kejenuhan oksigen yang terlarut dalam air. Pasokan oksigen yang berasal dari fotosintesis akan meningkat seiring dengan lama pemeliharaan udang, kemudian cenderung menurun diakhir masa pemeliharaan. Penurunan ini diduga terkait dengan adanya perubahan kepadatan fitoplankton yang berkembang dalam tambak udang. Kemudian kebutuhan oksigen untuk respirasi kolom air cenderung meningkat sampai akhir pemeliharaan, karena diduga terkait dengan perkembangan populasi baik fitoplankton maupun zooplankton serta mikroorganisme perairan lainnya didalam tambak udang. Kepadatan fitoplankton diduga mempunyai peran yang cukup besar dalam proses respirasi dalam kolom air terutama pada malam hari, dimana saat itu proses fotosintesis tidak terjadi. Karena itu, pada malam hari sebaiknya kincir dioperasikan dengan jumlah jam operasional yang lebih lama dibandingkan pada siang hari.

Selanjutnya kebutuhan oksigen sedimen juga cenderung mengalami peningkatan sampai akhir pemeliharaan. Hal ini diduga terkait dengan semakin meningkatnya kandungan bahan organik dalam tambak udang sebagai akibat adanya sisa pakan dan feses yang mengendap di dasar tambak. Proses dekomposisi bahan organik tersebut membutuhkan oksigen yang menyebabkan nilai kebutuhan oksigen sedimen semakin meningkat pula. Selain itu, aplikasi bakteri probiotik dan bakteri pengurai lainnya yang bersifat aerob juga memerlukan oksigen untuk hidupnya yang

memberikan pengaruh pada ketersediaan oksigen terlarut dalam tambak udang. Konsumsi oksigen udang juga semakin meningkat disebabkan ukuran udang yang semakin besar sehingga bobot biomassa udang di tambak semakin tinggi dan membutuhkan oksigen terlarut yang lebih besar (Gunarto 2007). Konsumsi oksigen udang *vannamei* di tambak dipengaruhi oleh bobot individu udang, suhu air, dan salinitas, dimana semakin besar bobot udang, konsumsi oksigen semakin tinggi, akan tetapi akan relatif stabil setelah udang mencapai bobot > 3 gr/individu (Rachmansyah et al. 2005).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Input oksigen dalam sistem tambak udang *vannamei* (50 ekor/m² dan 126 ekor/m²) terutama bersumber dari proses fotosintesis, kemudian oksigen *ambien* tambak, dan *inflow*, sedangkan *output* oksigen terlarut didominasi oleh respirasi kolom air, kemudian dimanfaatkan udang, respirasi sedimen dan *outflow*.
2. Dalam sistem tambak udang intensif (50 ekor/m²) pengoperasian 1 buah kincir (kekuatan 1 HP) pada awal pemeliharaan sampai dengan hari ke 28 cukup dilakukan 4 jam/hari. Hari ke – 29 kincir selama 4 - 12 jam/hari sampai hari ke - 57. Hari ke-58 pengoperasian kincir 2 selama 12 – 16 jam/hari dan kincir 1 selama 4 – 12 jam/hari sampai hari ke 67. Hari ke 68 perlu dilakukan pengoperasian kincir 3 selama 16 – 20 jam sampai akhir pemeliharaan. Sedangkan dalam sistem tambak udang intensif (126 ekor/m²), pengoperasian 1 buah kincir (kekuatan 1 HP) pada awal pemeliharaan sampai dengan hari ke-26 cukup dilakukan 4 jam/hari sampai hari ke-26. Hari ke-27 pengoperasian kincir ke-1 ditingkatkan menjadi 4 – 5 jam/hari sampai hari ke-45. Pada hari ke 46, kincir ke-2 selama 5 – 12 jam/hari (kincir 1 selama 4 - 5 jam/hari) sampai hari ke-54. Hari ke-55 pengoperasian kincir ke-3 selama 12 – 16 jam/hari sampai hari ke-65. Hari ke-66 perlu dilakukan pengoperasian kincir ke 4,5, dan 6 selama 16 – 24 jam/hari sampai hari ke 99. Hari ke-100 dilakukan pengoperasian kincir ke- 7 selama 9 jam/hari sampai hari ke-102. Hari ke-103 dioperasikan kincir ke-8 selama 9 jam/hari, sampai hari ke 104. Hari ke-105 dioperasikan kincir ke-9 selama 9 jam/hari sampai hari ke 108. Hari ke-109 dioperasikan kincir ke-10 selama 9 jam/hari sampai akhir pemeliharaan.
3. Besarnya efisiensi penggunaan tenaga listrik untuk operasionalisasi kincir pada tambak udang intensif (50 ekor/m²) kondisi eksisting dan berdasarkan estimasi *input* dan *output* oksigen adalah sebesar 2437.93 kwh/MT atau 4875.86 kwh/II MT dan efisiensi biaya sebesar Rp 1 560 275/MT atau Rp 3 120 550/II MT (TDL subsidi). Jika menggunakan tarif dasar listrik (TDL) non subsidi, maka efisiensi biaya penggunaan

tenaga listrik untuk kincir sebesar :
Rp 5 410 952,-/MT – 2 046 609/MT =
Rp 3 364 343/MT atau Rp 6 728 687/
II MT. Sedangkan penggunaan tenaga
listrik pada tambak udang intensif (126
ekor/m²), efisiensi penggunaan tenaga
listrik kondisi eksistng dan berdasarkan
estimasi *input* dan *output* oksigen
sebesar 11 040.80 kwh/MT atau 22
081.60 kwh/II MT dan efisiensi biaya
sebesar Rp 7 066 112/MT atau Rp 14
132 224/II MT.

4.2. Saran

Alokasi penggunaan kincir dalam
setiap penerapan teknologi budidaya
tambak udang khususnya semi intensif
dan intensif perlu dilakukan, selain untuk
mempertahankan kandungan oksigen
terlarut pada kondisi ambang batas 4 mg/l,
juga efisiensi dalam pemanfaatan tenaga
listrik dan biaya operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Barg UC. 1992. Guidelines for the promotion of environmental management of coastal aquaculture development. FAO Fisheries Technical Paper 328, FAO, Rome. 122p.
- Boyd CE, L Massut, and LJ Weddig. 1998. Towards reducing environmental impacts of pond aquaculture. INFOFISH Interational 2/98, p : 27 – 33.
- Boyd CE. 1999. Management of shrimp ponds to reduce the eutrophication potential of effluents. The Advocate, December 1999, p : 12 – 14.
- Kibria G, Nugegoda D, Lam P, Fairclough R. 1996. Aspects of phosphorus pollution from aquaculture. Naga, The ICLARM Quarterly, July 1996, p:20-24.
- McIntosh R. 2000. Changing paradigms in shrimp farming: III. Pond design and operation considerations. Advocate February 2000, Volume III Issue 1:42-45.
- Phillips MJ, Clarke R, Mowat A. 1993. Phosphorous leaching from Atlantic Salmon diets, Aquacultural Engineering 12 (1993):47-54
- Rachmansyah, Suwoyo HS, Undu MC, Makmur. 2005. Pendugaan nutrient Budget tambak intensif udang *Litopenaeus vannamei*. Jurnal Riset Akuakultur. Vol 1 (2) : 181 -202.
- Rachmansyah, Makmur, Undu MC. 2010. Pendugaan oksigen budget tambak udang *vannamei*. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau Maros. Sulawesi Selatan.
- Siddiqui AQ, Al-Harbi AH. 1999. Nutrient budgets in tanks with different stocking densities of hybrid tilapia. Aquaculture 17:245-252