

## PENILAIAN EKOEFISIENSI BUDIDAYA INTENSIF UDANG VANNAME (*Litopenaeus vannamei*) BERBASIS TEKNOLOGI BIOFLOK

Ma'in<sup>1</sup>, Sutrisno Anggoro<sup>2</sup>, Setia Budi Sasongko<sup>3</sup> Supito<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro

<sup>2</sup> Guru Besar pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro

<sup>3</sup> Dosen pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro

<sup>4</sup> Perekayasa pada Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara

e-mail : mainspi@yahoo.com , sutrisno.anggoro@yahoo.co.id

sbudisas@gmail.com , supitosumarto@yahoo.com

### Abstrak

Kebutuhan bahan pangan dan nutrisi memicu pertumbuhan sektor perikanan budidaya, ditengah stagnasi hasil perikanan tangkap. Saat ini tidak ada sistem produksi pangan yang benar-benar ramah lingkungan karena penggunaan bahan baku, energi dan output limbah dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Budidaya udang vaname dapat dilakukan tanpa pertukaran air dengan teknologi bioflok. Dekomposisi amonia dan nitrit dapat dilakukan dengan memanfaatkan bakteri heterotrofik pada kondisi rasio karbon dan nitrogen > 10. Namun penerapan teknologi ini membutuhkan manajemen dan kontrol yang ketat. Bakteri heterotrofik dapat bekerja secara optimal pada saat oksigen terlarut mencukupi. Aplikasi teknologi bioflok dalam budidaya udang vaname memerlukan input energi listrik, bahan kimia pendukung, dan bahan-bahan lain yang berpotensi merusak lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai tingkat eko-efisiensi budidaya intensif udang vaname berbasis teknologi bioflok, serta bagaimana menerapkan manajemen yang tepat untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Pengukuran dampak lingkungan dilakukan dengan metode LCA pada tahap pembesaran di tambak (*cradel to farm gate*), dimana proses produksi pakan dan benih menggunakan data sekunder. Hasil perhitungan nilai bersih adalah Rp. 23.303.548 per ton produksi, biaya lingkungan 1.089.170,- dengan hasil penjualan Rp. 50.000.000,- maka diperoleh nilai EEI = 0,856, nilai EVR = 0,046, dan nilai EER = 0.95 level (95%). Penilaian hasil EEI kegiatan ini dalam kategori terjangkau (0-1) dan belum masuk kategori berkelanjutan (> 1). Nilai eko-efisiensi perlu ditingkatkan agar mencapai level *sustainable* dengan manajemen pemberian pakan yang memperhatikan fungsi suhu perairan, penggunaan kincir air hemat energi dan mengurangi penggunaan bahan kimia seperti klorin. Dengan perbaikan manajemen diharapkan dapat mengurangi biaya lingkungan dan biaya produksi sehingga dapat meningkatkan nilai bersih dan eko-efisiensi usaha.

Keyword : ekoefisiensi, budidaya, intensif, vaname, bioflok

### I. PENGANTAR

Populasi penduduk dunia meningkat secara dramatis dari 6 milyar pada tahun 2000 menjadi 7 milyar pada pertengahan 2012 dan diprediksi akan menjadi 8 milyar pada tahun 2025 (Population Reference Bureau, 2012). Peningkatan tersebut membawa konsekuensi naiknya permintaan sumber bahan pangan. Udang dan produk perikanan lainnya berpotensi menjadi sumber bahan pangan karena memiliki nilai protein tinggi, micronutrient penting untuk kesehatan manusia dan keseimbangan nutrisi. Stagnasi hasil perikanan tangkap akibat overfishing dan pembatasan tangkapan lestari mengkondisikan sektor perikanan budidaya tumbuh agresif dengan pertumbuhan rata-rata 8,8% per tahun sejak tahun 1980. Total produksi perikanan budidaya mencapai 60 juta ton pada tahun 2010 dengan nilai US\$119.4 milyar (FAO, 2012). Produksi species air laut didominasi oleh udang putih (*Litopenaeus vannamei*) (FAO, 2012). Dari total produksi budidaya udang dunia, 77% diantaranya diproduksi oleh negara-negara Asia termasuk Indonesia. Saat ini tidak ada sistem produksi pangan yang benar-benar ramah lingkungan terutama dari perspektif energi dan keanekaragaman hayati, semua menghasilkan limbah, membutuhkan energi, menggunakan air dan merubah rona permukaan lahan (Diana, 2009). Konversi hutan mangrove, penurunan biodiversity dan penggunaan energi fosil menjadi perhatian pada kegiatan budidaya. Dalam sistem berbasis lahan, budidaya tidak hanya mengambil air dan mengembalikannya, akan tetapi kondisi air buangan yang dikeluarkan dalam kondisi sudah terdegradasi. Di daerah beriklim tropis penggunaan air juga berarti mempercepat hilangnya air permukaan tanah karena penguapan dan rembesan dengan rerata 1-3% volume kolam per hari (Kautsky et al , 2000a).

Untuk mengurangi dampak negatif limbah budidaya terhadap lingkungan, budidaya udang dapat dilakukan dengan sistem *zero exchange water* sehingga dapat mengurangi resiko pencemaran limbah budidaya udang ke perairan umum (Crab, et al. 2009). Namun pergantian air yang terbatas dan kepadatan tinggi berpotensi menaikkan resiko akumulasi bahan organik yang berasal dari pakan yang tidak termakan, residu ekskresi ammonia dan sisa metabolisme (Read & Fernandes, 2003). Reduksi ammonia dan nitrit dapat dilakukan dengan perlakuan kimia, fisika dan biologi, salah satunya

adalah dengan penerapan teknologi bioflok (*bio-floc technology system*) (Avnimelech, 1999). Penerapan teknologi bioflok dalam kegiatan budidaya udang/ikan prinsipnya memanfaatkan limbah ammonia dan nitrit pada kolam budidaya menjadi bahan pakan alami dengan bantuan bakteri heterotrofik, akan tetapi proses penyerapan nitrogen anorganik oleh bakteri hanya terjadi ketika rasio C/N lebih tinggi dari 10 (Burford, 2003). Ballester et al (2010) mengatakan bahwa teknologi bioflok pada budidaya ikan dan udang dapat mengurangi konsumsi tepung ikan dan rasio konversi pakan ikan dapat dikurangi karena tergantikan oleh produksi pakan alami berupa bioflok.

Dalam hal penggunaan energi, jejak carbon terkait kegiatan budidaya udang meliputi penggunaan langsung, seperti konsumsi bahan bakar fosil dan konsumsi tidak langsung seperti energi listrik (Bunting dan Pretty, 2007). Teknologi bioflok membutuhkan input energi (listrik) yang besar untuk proses pencampuran air dan aerasi dengan menggunakan kincir air agar suspensi *flocs* mikroba dapat terus bertahan (Bosma dan Verdegem, 2011). Konsumsi energi listrik yang dibutuhkan pada budidaya intensif adalah 1-10 w/m<sup>3</sup>, sedangkan pada kondisi tertentu bisa mencapai 22,4 w/m<sup>3</sup> (Boyd, 1998). Ebeling et al (2006) menjelaskan bahwa untuk setiap gram nitrogen amonium yang diubah menjadi biomassa mikroba heterotrofik membutuhkan oksigen terlarut sebesar 4.71 g, alkalinitas 3.57 g dan 15.17 g karbohidrat, dan akan menghasilkan 8.07 g biomassa mikroba serta 9.65 g karbon dioksida.

Bila dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional teknologi bioflok dianggap lebih ramah lingkungan karena hemat dalam hal penggunaan air, pergantian air yang terbatas mengurangi risiko penyebaran patogen, dan penggunaan lahan lebih optimal karena kepadatan tinggi (McIntosh et al., 2000). Dalam budidaya intensif, pemberian pakan dan teknik pemeliharaan kualitas air dengan sistem tertutup dan pergantian air terbatas, membuka peluang penggunaan energi tinggi dan menghasilkan emisi gas rumah kaca yang signifikan (Folke 1988). Roy dan Knowles (1995) mengkritisi bahwa teknologi bioflok hanya berkonsentrasi pada konversi TAN (*total ammonia nitrogen*) menjadi nitrit, tetapi tidak memperhitungkan konsumsi O<sub>2</sub> yang dibutuhkan untuk proses aerobik oleh bakteri dalam proses mengubah nitrit menjadi nitrat. Teknik bioflok dapat menyebabkan masalah lingkungan lain yang berkaitan dengan akumulasi nitrat. Klaim ramah lingkungan teknologi bioflok masih terbatas pada berkurangnya dampak lingkungan perairan, seperti pencemaran bahan organik, penyebaran patogen dan efisiensi penggunaan lahan serta air, sementara input energi, kebutuhan bahan dan peralatan juga berpotensi menyumbang potensi penurunan kualitas lingkungan global.

Penerapan teknologi bioflok tidak serta merta menyelesaikan persoalan lingkungan pada kegiatan budidaya udang vanname, karena masih menjadi perdebatan karena input energi dan bahan dalam penerapannya. Salah satu cara untuk mengukur keberlanjutan lingkungan suatu kegiatan produksi adalah dengan penilaian keefisiensi. Keefisiensi adalah alat bantu untuk mengukur nilai skala lingkungan suatu produk dari prespektif ekonomi dan biaya lingkungan yang ditimbulkan. Keefisiensi didefinisikan sebagai konsep efisiensi yang memasukan aspek sumberdaya alam dan proses produksi yang meminimalkan input bahan baku, air, energi serta dampak lingkungan per unit produksi. *World Business Council for Sustainable Development* memperkenalkan konsep tersebut dan mengidentifikasi adanya tujuh faktor kunci dalam eko-efisiensi yaitu, pengurangan bahan baku, mengurangi konsumsi energi, mengurangi pencemaran, memperbesar daur ulang bahan, memperbesar porsi sumberdaya alam yang *renewable*, memperpanjang umur pakai produk dan meningkatkan intensitas pelayanan (ProLH, 2007).

Penilaian siklus hidup (*Life Cycle Assessment*) adalah metode untuk mengevaluasi dampak lingkungan sebuah produk atau proses dari ayunan sampai kuburan "*cradle-to-grave*". LCA menggambarkan penilaian semua fase yang berbeda, tidak hanya disebabkan oleh keberadaan produk, tapi mencakup bahan baku, kebutuhan energi, manufaktur, transportasi dan limbah yang dihasilkan. LCA dapat membantu mengidentifikasi peluang untuk meningkatkan kinerja lingkungan dari produk pada berbagai titik dalam siklus hidup, menginformasikan pengambil keputusan (ISO, 2006). Kerangka LCA telah diadaptasi dan diterapkan untuk mengevaluasi sektor pertanian, peternakan, perikanan, dan sistem produksi budidaya (Aubin et al., 2006; Ayer and Tyedmers, 2009; Papatryphon et al., 2004). Perhitungan biaya virtual melalui konsep biaya preventif pencegahan dampak lingkungan (*eco-costs*) dari dampak yang ditimbulkan (*life cycle impact assessment*) bisa digunakan untuk menilai tingkat keefisiensi sebuah proses produksi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat keefisiensi kegiatan pembesaran udang vanname berbasis teknologi bioflok dan bagaimana pengelolaan yang tepat untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dari kegiatan tersebut.

## II. METODOLOGI

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Mei – Agustus 2013 di kawasan pertambakan udang vanname Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara, Jawa Tengah. Metode yang digunakan adalah dengan observasi untuk menginventarisir data primer, wawancara dan pengumpulan data sekunder dari berbagai sumber. Inventarisir data dilakukan pada 10 petak tambak yang digunakan untuk pembesaran. Kajian dilakukan dengan metode penaksiran daur hidup (*life cycle assessment*) meliputi input material, proses dan penggunaan energi. Metode LCA sesuai dengan ISO 14040 tentang *Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and framework* (ISO, 2006a) dan ISO 14044 tentang *Environmental management – Life Cycle Assessment Requirement and Guidelines* (ISO, 2006b).

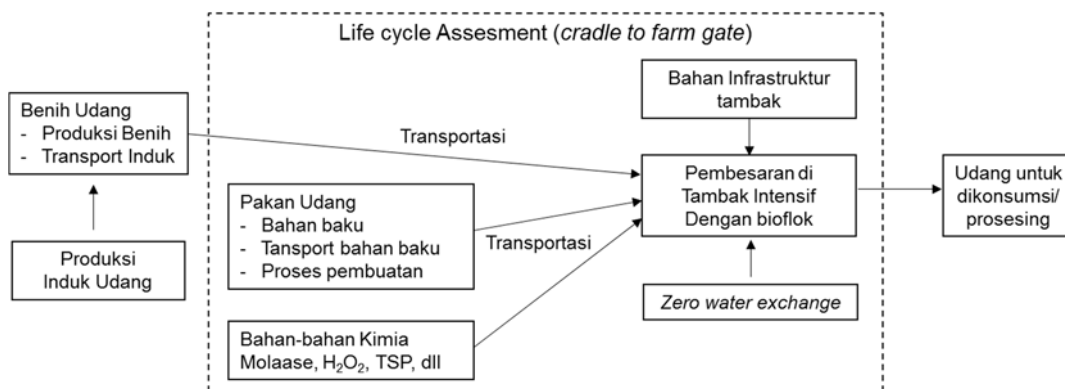
### **Penilaian Siklus Hidup**

Tahapan penyusunan LCA meliputi penentuan *Goal and Scope Definition*, karena kedalaman dan batasan LCA dapat sangat berbeda tergantung pada tujuan dari LCA tertentu (ISO, 2006). Ruang lingkup penelitian ini adalah proses pembesaran udang vanname di tambak “*Cradle to farm gate*” yang dimulai dari pengangkutan dan penebaran *post larvae* (PL) sampai panen selama 93 hari. Unit yang diukur yaitu bahan dan energi yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 ton udang vanname pada pembesaran di tambak berbasis teknologi bioflok.

Tabel 1. Karakter kunci sistem budidaya udang vanname intensif dengan teknologi bioflok yang dikaji dalam penelitian ini

Tahap Pembesaran	Budidaya Intensif dengan Bioflok System
Infrastruktur	Menggunakan plastik HDPE untuk melapisi seluruh bagian , termasuk dasar tambak
Aerasi	Sepanjang hari selama pemeliharaan
Pergantian Air	<i>zero water exchange</i> , ada penambahan air karena penguapan dan penyiponan
Input energy	Listrik/ PLTU Batubara Karangjati, Jepara
Input bahan lain	Carbon Organik (molase), probiotik
Padat Tebar (ekor/m <sup>2</sup> )	100-160
FCR (rerata)	1,45
SR (%)	80-90
Lama Pemeliharaan (hari)	90 -110
Size panen (ekor/kg)	50 - 60
Produksi per ha (kg)	15.000 -20.000

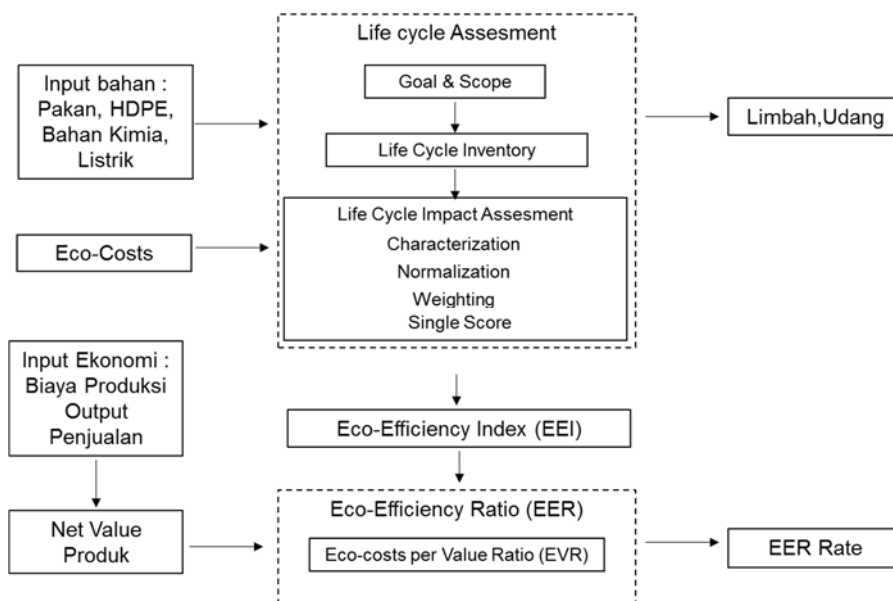
Analisa persediaan (*Life Cycle Inventory*) adalah fase kedua dan merupakan proses inventarisasi data input – proses (operasional) dan output (limbah). Ini melibatkan pengumpulan data yang diperlukan dilanjutkan dengan fase *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) dengan tujuannya adalah untuk memberikan informasi guna membantu menilai hasil inventory sehingga dapat lebih memahami arti penting lingkungan dari penggunaan bahan tersebut. LCIA menggunakan *eco-cost* 2012 dan *eco indicator* '95. Hasil perhitungan tersebut akan menghasilkan nilai *eco-costs* untuk perhitungan *eco-efficiency* produk. Interpretasi siklus hidup sebagai hasil akhir dari prosedur LCA, dapat menggambarkan dampak lingkungan yang ditimbulkan.



Gambar 1. Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian

**Penilaian Ekoefisiensi**

Penilaian ekoefisiensi diperoleh dari hasil perhitungan penaksiran siklus hidup dengan perhitungan biaya pencegahan dampak lingkungan “*eco-costs*”. Dari perhitungan tersebut dapat diperoleh *Eco-Efficiency Index* (EEI), *Eco-Efficiency Ratio* (EER) melalui perhitungan *Eco-cost per Value Ratio* (EVR) dan hasil akhir berupa *Eco-Efficiency Ratio Rate* (EER rate). Untuk menghitung nilai efisiensi produk atau proses maka perlu diketahui nilai *Net Value Product* yang diperoleh dengan mengurangi keutungan dengan biaya produksi. Formula untuk menghitung *net value* menurut Vogtlander (2009) dapat dilihat pada persamaan(1).Tahap selanjutnya adalah menghitung nilai *Eco-Efficiency Index* (EEI) yaitu dengan menghitung input *eco-cost* yang dihasilkan dan besaran *net value* dengan nilai kelayakan keutungan (*benefit cost*). Formula perhitungan EEI dapat dilihat pada persamaan (2) (Tak Hur, 2003). Perhitungan dilanjutkan dengan *Eco-Efficiency Ratio* (EER) yaitu dengan menghitung *Eco-costs per Value Ratio* (EVR) pada persamaan(3) (Vogtlander, 2002), hasil akhir perhitungan *eco-efficiency* adalah *Eco-efficiency Ratio Rate* (EER rate) sesuai formula pada persamaan(4) (Hendriks et al, 2006).



Gambar 2. Struktur Pengolahan Data Penilaian Eko-Efisiensi Budidaya Intensif Udang Vanname Berbasis Bioflok

$$Net\ Value = Price - Cost \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$EcoEfficiency\ Index(EEI) = \frac{Price-Cost}{Cost+EcoCost} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$EcoCosts\ per\ Value\ Ratio\ (EVR) = \frac{EcoCost}{Net\ Value} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$EcoEfficiency\ Ratio\ Rate = (1 - EVR)100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

**Analisa Data**

Hasil analisa LCA berupa dampak lingkungan yang diinterpretasi berdasarkan *eco-indicator* dan *eco-costs* digunakan untuk menentukan nilai skala lingkungan dan menentukan apakah produk udang vanname yang dihasilkan dengan penerapan teknologi bioflok tergolong *sustainable* atau *affordable* atau tidak keduanya berdasarkan nilai EEI (*eco-efficiency index*). Jika nilai EEI dalam < 0 maka produk tersebut tidak *sustainable* dan tidak *affordable*, jika dalam skala 0-1 maka dinilai *affordable* dan jika >1 maka produk tersebut dinilai *sustainable* dan teknologi bioflok sangat disarankan. Nilai EVR dapat digunakan untuk menilai efisiensi input dari sebuah proses produksi, semakin kecil nilai EVR maka semakin baik dan layak teknologi bioflok diterapkan pada proses budidaya udang. EER rate sebagai hasil akhir nilai efisiensi suatu produk/proses. Dari hasil tersebut dapat digunakan untuk menentukan dan menciptakan *clean production* dengan menerapkan strategi untuk menurunkan *eco-costs* sehingga ekoefisiensi dapat ditingkatkan.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Biomassa mikroba/ bakteri yang tumbuh di kotoran ikan, pakan yang tidak terpakai dan limbah budidaya dapat dimanfaatkan untuk menghilangkan komponen yang tidak diinginkan pada media budidaya, seperti ammonium. Kekuatan utama dan pendorong berjalannya sistem ini adalah pertumbuhan bakteri heterotrofik secara intensif (Avnimelech, 2006). Bakteri heterotrof diberikan guna membantu proses penguraian limbah nitrogen organik dari pakan dan sisa metabolisme untuk diubah menjadi biomassa bakteri (Schneider et al., 2006). *Biofloc Technology System* adalah upaya menumbuhkan bakteri heterotrofik dan alga dalam *flock* (kumpulan) pada kondisi terkendali di dalam perairan.

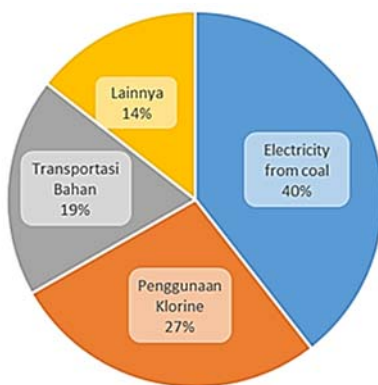
Tabel 2. Data hasil Inventarisasi Input Bahan dan Energi yang Digunakan untuk Memproduksi 1 ton Udang Vanname dengan Teknologi Bioflok di BBPAP Jepara.

Item	Material	Nilai (Rerata±SD)	Satuan
Input Infrastruktur	Plastik (HDPE)	0,039 ± 0,0025	ton
	Pipa PVC	4,43 ± 2,18	kg
Input Proses	Air Laut	961.018,5 ± 547	Liter
	Benih	0,35 ± 0,007	kg
	Pakan	1.438,05 ± 125	kg
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	35,74 ± 1,06	liter
	Klorin	260,21 ± 3,61	kg
	Listrik	3.608,92 ± 762	kwh
	Molase	99,8 ± 51,6	kg
	Trisodium Phosphate	1,66 ± 1,1	kg
	Amonium Sulfat	7,79 ± 3,35	kg
	Kapur tohor	211,32 ± 127	kg
Output	Total Nitrogen	23,08 ± 6,23	kg
	Total Phospor	2,21 ± 0,80	kg

Karakter kunci penerapan teknologi ini penggunaan *geomembrane* untuk melapisi dasar dan pematang tambak yang bertujuan agar proses biokimia di dalam tambak dapat dikendalikan. Kincir air digunakan untuk mensuplai oksigen agar proses oksidasi dan kebutuhan respirasi terpenuhi, seiring pemberian karbon organik untuk menjaga C:N ratio berada pada level > 10. Dari hasil observasi dan interview diperoleh data inventory input bahan dan sumberdaya seperti tertera pada tabel 2. Hasil perhitungan LCIA menunjukkan bahwa dampak lingkungan yang berasal energi listrik memberi kontribusi tertinggi, menyusul input pakan dan bahan kimia. Berdasarkan sumber bahan dan energi yang digunakan dalam proses budidaya tersebut, kontribusi dampak diatas 5% adalah listrik (42%), penggunaan klorin (27%), transportasi bahan (19%), dan bahan-bahan lain (14%). Penilaian dampak lingkungan dari siklus produksi dengan menggunakan metode *eco-indicator 95* dan perhitungan *eco-costs 2012* menghasilkan besaran biaya virtual sebagai biaya preventif pecegahan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Biaya lingkungan setelah dilakukan normalisasi dan pembobotan dari lima kategori dampak lingkungan yaitu *acidification*, *carcinogens*, *eutrophication*, *greenhouse* dan *summer smog* pada kegiatan tersebut adalah Rp.1.089.170,-. (berdasarkan nilai konversi euro ke rupiah bank indonesia tgl 2 Agustus 2013). Biaya terbesar proses budidaya untuk menghasilkan 1 ton udang vanname dengan teknologi bioflok adalah pakan dengan nilai sebesar Rp. 18.301.500,- (69%), menyusul listrik Rp. 4.972.500,-(19%) dan biaya lainnya termasuk benih, bahan kimia dan HDPE sebesar Rp. 3.422.452,- (12%). Total biaya operasional per ton produksi diluar biaya investasi tambak dan tenaga kerja adalah Rp. 26.696.452,-. Harga jual udang vanname selain dipengaruhi pasar seperti persediaan dan permintaan pasar, juga dipengaruhi oleh ukuran udang yaitu satuan jumlah udang per kg. Semakin besar ukuran per satuan udang, maka semakin tinggi harganya.

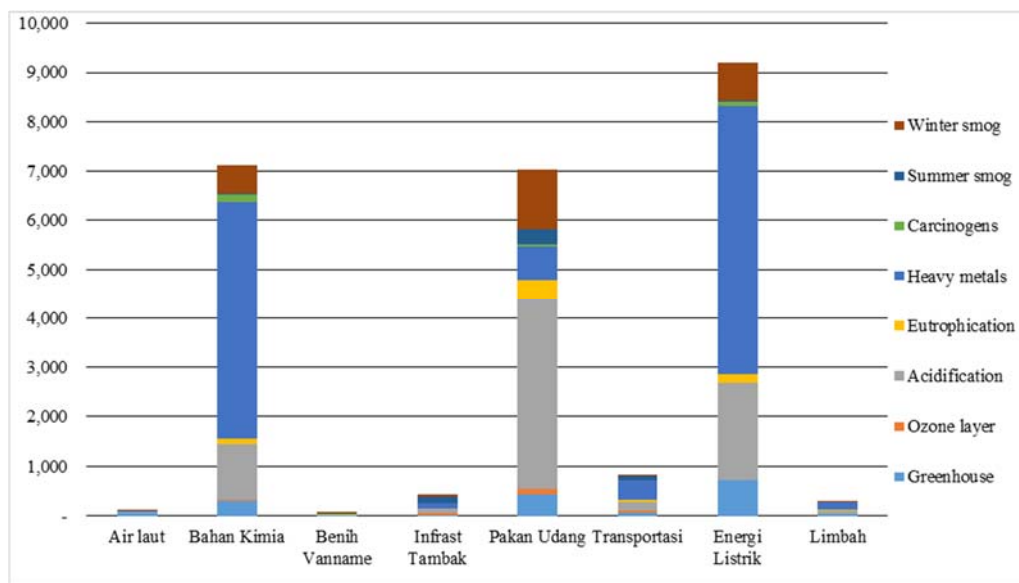
Tabel 3. Data Perhitungan LCIA Dengan Eco-Indicator 95 terhadap 5 Dampak Lingkungan Dari Kegiatan Pembesaran Udang Vaname.

Kategori Dampak	Satuan (eq)	Karakterisasi	Normalisasi	Pembobotan
Acidification	kg SO <sub>2</sub>	82,2003	0,7299	7,2994
Carcinogens	kg B(a)P	0,0003	0,0298	0,2984
Eutrophication	kg PO <sub>4</sub>	5,7383	0,1503	0,7517
Greenhouse	kg CO <sub>2</sub>	8.399,9621	0,6426	1,6065
Summer smog	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	4,1572	0,2320	0,5799



Gambar 3. Kontribusi Input Energi dan Bahan Terhadap Dampak Lingkungan yang Timbul Akibat Kegiatan Pembesaran Udang Vaname Dengan Menerapkan Teknologi Bioflok.

Berdasarkan data penjualan dengan ukuran size 60 ekor/kg harga jualnya adalah Rp. 50.000,-/kg. Nilai 1 ton udang vanname dengan ukuran tersebut akan menghasilkan Rp. 50.000.000,-. Dengan demikian *net value* kegiatan tersebut adalah Rp. 23.303.548,-. Nilai Eco-Efficiency Inde (EEI) diperoleh dengan membagi *price-cost* dibagi nilai semua biaya meliputi biaya riil dan biaya virtual untuk pencegahan dampak lingkungan. Nilai EEI pada kegiatan tersebut berada pada rentang 0-1 yaitu sebesar 0,856 artinya kegiatan budidaya udang vanname berbasis bioflok dalam katagori *affordable* (terjangkau secara ekonomi) dan belum masuk dalam katagori *sustainable* (berkelanjutan). Pada dasarnya penilaian ekoeffisiensi adalah cara cepat untuk mengetahui bagaimana kegiatan ekonomi mempengaruhi lingkungan alam untuk menciptakan sebuah nilai ekonomi. Dengan nilai EVR 0,048, walaupun nilai EEI menandakan tidak sustainable namun pengaruh tersebut masih tergolong kecil, dengan mengevaluasi penggunaan bahan dan input energi listrik maka nilai EVR bisa diperkecil. Bila nilai EVR semakin kecil maka nilai kelayakan proses produksi udang vanname berbasis bioflok semakin tinggi.



Gambar 4. Komposisi Dampak Lingkungan Berdasarkan Pembobotan dan Variabel Bahan pada Budidaya Intensif Udang Vanname Berbasis Teknologi Bioflok di BBPBAP Jepara.

Karena merupakan upaya peningkatan kualitas lingkungan dari setiap nilai ekonomi yang diciptakan maka tingkat ekoeffisiensi dapat dikuantifikasikan. Nilai EER rate pada budidaya udang vanname berbasis teknologi bioflok adalah 61%, nilai ini dipengaruhi oleh biaya lingkungan yang ditanggung. Semakin kecil dampak lingkungan yang ditimbulkan maka semakin kecil biaya preventif yang harus dibayarkan dan dengan demikian maka semakin besar nilai EER rate. Berbeda dengan teknik konvensional seperti biofiltrasi, bioflok teknologi mendukung penguraian nitrogen, bahan organik dan biologis asalkan oksigen terlarut dalam air tinggi (Avnimelech, 2009). Penerapan teknologi bioflok membutuhkan manajemen yang tepat agar bisa berfungsi baik seiring tuntutan pengurangan dampak lingkungan akibat kebutuhan bahan dan energi.

Tabel 4. Perhitungan Ekoefisiensi 1 Ton Udang Vanname (BFT System) Berdasarkan Metode Eco-Indicator 95 dan Eco-Costs 2012

Variabel Perhitungan	Nilai
Hasil Penjualan (Rp/ton)	50.000.000
Biaya Operasional (Rp/ton)	26.438.161
Net Value (Rp/ton)	23.561.839
eco-costs 2012	1.089.170
Eco-Efficiency Index	0,856
Eco-cost per Value Ratio	0,046
Eco-Efficiency Ratio Rate	95%

Teknologi bioflok berusaha mereduksi akumulasi *ammonium nitrogen* dari kemungkinan pencemaran akibat pembuangan limbah, namun input bahan dan energi listrik yang besar belum memenuhi konsep *sustainable* menurut perhitungan EEI. Untuk meningkatkan eko-efisiensi dan reduksi dampak lingkungan maka perlu untuk mempertimbangkan kembali penggunaan energi dan bahan yang menyumbang dampak lingkungan tinggi energi listrik, pakan dengan bahan baku impor dan bahan kimia (klorin). Konsumsi energi listrik sudah selayaknya dikurangi dengan penggunaan kincir air yang lebih efisien dan hemat energi, perbaikan tata letak agar suplai oksigen terlarut maksimal. Konsentrasi oksigen harus dipantau secara berkala, jika konsentrasi tinggi kincir air dapat dihentikan sementara pada waktu tertentu sehingga konsumsi energi listrik dapat dikurangi. Pemberian pakan udang sebaiknya tidak hanya berdasarkan hasil sampling berkala tapi memperhatikan fungsi suhu perairan, karena suhu air akan berpengaruh terhadap proses biokimia badan air dan kehidupan biota yang ada didalamnya. Selain itu, peningkatan suhu akan menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen terlarut oleh organisme akuatik (Boyd, 1982). Manajemen pemberian pakan yang memperhatikan fungsi suhu perairan akan berdampak positive pada biaya produksi dan *net value* sehingga diharapkan nilai ekoefisiensi dapat ditingkatkan.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kontribusi dampak lingkungan terbesar kegiatan budidaya udang vaname di BBPBAP Jepara berasal dari input energi listrik, input pakan udang, dan bahan kimia. Nilai *net value* per ton produksi adalah Rp. 23.303.548,-, nilai EEI 0,856, nilai EVR 0,046, dan EER *rate* sebesar 95%. Dari penilaian EEI kegiatan produksi udang vanname dengan *biofloc technology system* tergolong dalam kategori *affordable* (terjangkau secara ekonomi) dan belum masuk dalam katagori *sustainable* (berkelanjutan). Nilai ekoefisiensi perlu ditingkatkan dengan mereduksi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari penggunaan bahan, peralatan dan konsumsi energi. Dengan perbaikan manajemen diharapkan akan mengurangi biaya produksi dan biaya lingkungan sehingga dapat meningkatkan net value dan ekoefisiensi usaha.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Program Pusbindiklatren Bappenas 2012/2013 yang telah memberikan dukungan dana riset untuk pelaksanaan penelitian ini. BBPBAP Jepara atas ijinnya dalam penelitian ini dan pembimbing atas saran dan masukannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aubin, J., Papatrypton, E., Van der Werf, H.M.G., Petit, J., Morvan, Y.M., 2006. Charactersation Of The Environmental Impact Of a Turbot (*Scophthalmus maximus*) Re-circulating Production System Using Life Cycle Assesment. *Aquaculture* 261, 1259 – 1268.
- Avnimelech, Yoram. 1999. Carbon/Nitrogen Ratio As A Control Element In Aquaculture Systems. *Aquaculture* 176, 227-235
- Avnimelech, Yoram. 2006. Bio-filters: The Need for An New Comprehensive Approach. *Aquacultural Engineering*. 34, 172-178.
- Ayer, N.W., Tyedmers, P.H., Pelletier, N.L., Sonesson, U., Scholz, A., 2007. Co-product Allocation In Life Cycle Assesment Of Sea Food Production System: Review Of Problems and Strategies. *International Journal Life Cycle Assesment*. 12, 480-487

- Ballester, E.L.C., Abreu, P.C., Cavalli, R., Emerenciano, M.M., Abreu, L.L., Wasielesky Jr., W., 2010. Effect of Practical Diets With Different Protein Levels on The Performance of *Farfantepenaeus Paulensis* Juveniles Nursed in A Zero Exchange Suspended Microbial Floccs Intensive System. *Aquaculture Nutrition* 16 (2), 163–172.
- Bosma Roel H., Verdegem Marc C.J., 2011. Sustainable Aquaculture In Ponds: Principles, Practices And Limits. *Livestock Science*. Volume 139, Issue 1 , P 58-68
- Boyd, C.E., 1998. Pond Water Aeration Systems. *Aquaculture Engineering* 18, 9–40.
- Bunting, Stuart W and Pretty, Jules. 2007 *Aquaculture Development and Global Carbon Budgets: Emissions, Sequestration and Management Options*. Centre for Environment and Society Occasional Paper 2007-1, University of Essex, Colchester UK
- Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2003. Nutrient and Microbial Dynamics in High-Intensity, Zero-Exchange Shrimp Ponds in Belize. *Aquaculture* 219, 393–411.
- Crab, R., Defoirdt T, Bossier P, Verstraete W.2012. Biofloc Technology In Aquaculture: Beneficial Effects And Future Challenges. *Aquaculture* 356–357
- Diana, James S. 2009. Aquaculture Production and Biodiversity Conservation. *BioScience* Vol.59 No. 1. [www.biosciencemag.org](http://www.biosciencemag.org)
- Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering Analysis of The Stoichiometry of Photoautotrophic, Autotrophic, and Heterotrophic Control of Ammonia-Nitrogen in Aquaculture in Aquaculture Production Systems. *Aquaculture* 257, 346–358.
- FAO. 2012. *The State Of World Fisheries And Aquaculture*. Rome-Italy
- Folke, C. 1988. Energy Economy of Salmon Aquaculture in the Baltic Sea. *Environmental Management* Vol. 12, No. 4, pp. 525-537. Springer-Verlag New York Inc.
- Hendriks, ch.f., Vogtländer, Joost G., Janssen, ms. G.M.T., 2006. The Eco-Costs/Value Ratio, A Tool To Determine The Long-Term Strategy Of De-Linking Economy and Environmental Ecology. *International journal of ecodynamics*, volume 1, pp 136-148
- ISO (The International Organization for Standarization), 2006a. *Environmental Management – Life Cycle Assesment – Principles and Framework*. ISO 14040. ISO, Geneva, p.32
- ISO (The International Organization for Standarization), 2006b. *Environmental Management – Life Cycle Assesment Requirement and Guidelines*. ISO 14044. ISO, Geneva, p.58
- Kautsky, N., Beveridge, M., Folke, C., Primavera, J.H., Rönnbäck, P. and Troell, M. 2000a. *Aquaculture and Biodiversity*. In: Levin, S. (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity*, Vol. 1: 185-198. Academic Press, London.
- McIntosh, B.J., Samocha, T.M., Jones, E.R., Lawrence, A.L., Mckee, D.A., Horowitz, S., Horowitz, A., 2000. The Effect of A Bacterial Supplement on The High-Density Culturing of *Litopenaeus Vannamei* With Low-Protein Diet on Outdoor Tank System and No Water Exchange. *Aquacultural Engineering* 21, 215–227.
- Papatryphon, E., Petit, J., Kaushik, S.J., Van der Werf, H.M.G., 2004. Environmental Impact Assessment Of Salmonid Feeds Using Life Cycle Assesment (LCA). *Ambio* 33(6), 316-323
- Population Reference Bureau. 2012. *World Population Data Sheet*. [www.prb.org](http://www.prb.org)
- ProLH, GTZ., 2007. *Panduan Penerapan Eko-Efisiensi Usaha Kecil dan Menengah Sektor Batik*. Kementerian Lingkungan Hidup RI. Jakarta.
- Read, P., Fernandes, T., 2003. Management Of Environmental Impacts Of Marine Aquaculture In Europe. *Aquaculture* 226, 139–163.
- Roy, R. Knowles, R. 1995. Differential Inhibition by Allylsulfide of Nitrification and Methane Oxidation on Freshwater Sediment, *Application Environment Microbiology* 61, 4278–4283.
- Schneider O, Sereti V, Eding EH, Verreth JAJ. 2006. Molasses As C Source For Heterotropic Bacteria Production On Solid Fish Waste. *Aquaculture* 261: 1239- 1248.
- Tak Hur, Song, T.L., Hye, J.L., 2003. A Study On The Eco-Efficiencies For Recycling Methods Of Plastics Wastes. Departement of Materral Chemistry and Engineering Konkuk University, Seoul, Korea.
- Vogtländer, Joost G. 2010. *LCA-Based Assessment Of Sustainability: The Eco-Costs/Value Ratio (EVR)*. Vssd. Delft, The Netherland.
- Vogtlander, Joost G., 2002. The Virtual Eco-Cost '99 A Single Lca-Based Indicator For Sustainability And The Eco-Costs-Value Ratio (EVR) Model For Economic Allocation. *International Journal Of Life Cycle Assessment*, 6(3), 2002, pp. 157-166.
- Vogtlander, Joost G., Arianne Bijma, Han C. Brezet, 2002. Communicating the Eco-efficiency of Products and Services by Means of the Eco-costs/Value Model, *Journal of Cleaner Production* 10, pp 57-67.
- <http://www.bi.go.id/web/id/Moneter/Kurs+Bank+Indonesia/Kurs+Transaksi/> diakses 12 Agustus 2013
- <http://www.ecocostsvalue.com/> diakses tanggal 12 Agustus 2013