

KAJIAN DAMPAK LINGKUNGAN GLOBAL DARI KEGIATAN KERAMBA JARING APUNG MELALUI *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA)

Tri Heru Prihadi^{*)}, Erlania^{*)}, dan Iswari Ratna Astuti^{*)}

ABSTRAK

Perubahan iklim global yang berlangsung saat ini memberikan pengaruh pada berbagai bidang, termasuk perikanan yang menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan perairan. Hal ini berdampak pada muncul dan menyebarnya berbagai penyakit ikan, menurunnya laju pertumbuhan organisme perairan, bahkan hingga menimbulkan kematian massal ikan. Namun hal ini belum sepenuhnya dapat diatasi oleh para ilmuwan tanah air, bahkan bisa dikatakan baru sebagian kecil saja. Penerapan *Best Management Practice* (BMP) dengan aplikasi *Life Cycle Assessment* (LCA) akan sangat berarti dalam upaya penerapan perikanan budidaya berkelanjutan, dengan model pengelolaan kuantitatif. Dalam hal ini metode LCA secara kuantitatif merupakan pertama kalinya dilakukan di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi kuantitas dan kategori dampak lingkungan akibat kegiatan budidaya keramba jaring apung (KJA) melalui LCA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kegiatan budidaya di KJA menimbulkan dampak yang signifikan terhadap lingkungan perairan. Dari berbagai faktor yang berperan dalam kegiatan budidaya KJA, pakan ikan merupakan faktor yang paling dominan dalam menghasilkan dampak lingkungan global (di atas 70%), berupa pemanasan global, penurunan jumlah sumberdaya abiotik, eutrofikasi, penipisan lapisan ozon, toksisitas pada manusia, dan penurunan jumlah keanekaragaman hayati. Dari faktor pakan tersebut, unsur yang paling berpengaruh dalam menghasilkan dampak lingkungan adalah *soybean* Brazil dan *winter wheat*, sehingga perlu dicari alternatif bahan untuk mensubstitusi kedua unsur tersebut. Demikian juga faktor-faktor lainnya (seperti: *polystyrene foams*, drum plastik, bambu, jaring, besi, skala budidaya, dan lain-lain) mempunyai peranan terhadap dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan perairan.

ABSTRACT: *Study on global environmental impact of floating net cage culture through application of Life Cycle Assessment (LCA). By: Tri Heru Prihadi, Erlania, and Iswari Ratna Astuti*

Global climate change has been affecting many sectors, including fisheries causing aquatic environment degradation such as fish disease outbreaks, decreasing growth rate of fish and other aquatic organisms, and further, may cause fish mass mortality. Recently these conditions have not fully solved by Indonesian scientists. Application of Best Management Practice (BMP) with Life Cycle Assessment (LCA) using quantitative model is the best way for implementing a Sustainable Aquaculture. This case was the first attempt of using the quantitative LCA in Indonesia. This research was conducted to quantify and evaluate environmental aspects that were affected by floating net cage (KJA). The result showed that fish culture in KJA contributed significant impacts to the aquatic environment. From many factors of KJA, feed was the most dominant factor that caused the global environmental impact (above 70%), in form of global warming potential, abiotic depletion, eutrophication, ozone depletion potential, human toxicity, and biodiversity depletion. Feed consist of many substances. Soybean Brazil and winter wheat were the major substances that brought out the most environmental impact. Thus, it is important to find alternative materials to substitute these substances. Other factors of KJA (plastic drums, polystyrene foam, bamboo, steel, net, farming scale, etc.) also affected the quantity and kind of impacts to aquatic environment.

^{*)} Pusat Riset Perikanan Budidaya, Jakarta

KEYWORDS: *Life Cycle Assessment (LCA), environmental impact, floating net cage*

PENDAHULUAN

Life Cycle Assessment (LCA) merupakan suatu teknik untuk mengkaji aspek lingkungan dan dampak potensial melalui tingkat hidup produk dari bahan baku sampai ke limbah yang dihasilkan, termasuk di dalamnya mengkaji proses produksi dan panen. Studi LCA ini merupakan studi komprehensif yang hasilnya bukan saja untuk kepentingan internal tetapi juga kepentingan dunia, karena sangat terkait dengan aspek lingkungan secara luas seperti pemanasan global, penipisan lapisan ozon, toksisitas pada manusia, dan sebagainya.

Saat ini kajian dampak lingkungan global, seperti pemanasan global dan penipisan lapisan ozon, secara kuantitatif dari suatu kegiatan sulit ditemukan apalagi dari kegiatan budidaya ikan, dan boleh dikatakan untuk Indonesia belum ada yang melaksanakan. Konsep budidaya perikanan yang berkembang cenderung lebih ke arah pencapaian produksi yang tinggi, sedangkan perhatian terhadap daya dukung lingkungan kurang dipertimbangkan. Akibat dari konsep pengembangan perikanan budidaya tersebut dewasa ini dampaknya sudah mulai terlihat. Aktivitas budidaya perikanan sangat erat hubungannya dengan lingkungan. Terjadinya permasalahan lingkungan akibat pemanfaatan sumberdaya perikanan baik secara teknis maupun penerapan kebijakan kurang dipahami dengan baik (Prihadi, 2003). Peranan lingkungan baru disadari jika degradasi lingkungan telah terjadi. Dampak yang terlihat seperti pertumbuhan ikan makin menurun, berbagai penyakit menyerang, bahkan sampai terjadinya kematian massal ikan. *Best Management Practice (BMP)* yang sedang dikembangkan akan sangat berarti jika penelusuran dari awal proses telah diketahui melalui aplikasi LCA secara kuantitatif, sehingga *output* dihasilkan sesuai dengan yang dikehendaki, serta penerapan perikanan budidaya berkelanjutan (*Sustainable Aquaculture*) dapat tercapai, yang pada akhirnya dapat menjadikan kesejahteraan petani/pembudidaya ikan berkesinambungan hingga generasi selanjutnya.

Menurut Goedkoop & Oele (2004), LCA adalah alat untuk mengidentifikasi beban ekologi paling penting yang berkaitan dengan

sistem produksi, melihat sistem yang berjalan saat ini, mengidentifikasi untuk pengembangan *performance* lingkungan dan memberikan opsi sebagai dasar untuk sertifikasi dari suatu sistem produksi. LCA menggunakan bobot dari dampak lingkungan, standar kuantitatif, kriteria secara spesifik dan melihat dampak lingkungan potensial, sedangkan *Code of Conduct (CoC)* hanya melihat dampak lingkungan saat ini, kriteria secara umum, standarnya secara kualitatif dan tidak ada metode *scoring* (FAO, 1995).

Tujuan dari riset ini adalah mengkaji besaran dan kategori dampak lingkungan yang dihasilkan dari suatu kegiatan budidaya keramba jaring apung (KJA), selain itu juga untuk mengetahui jenis kontribusi yang menghasilkan dampak tersebut.

BAHAN DAN METODE

Tahap 1. Ruang lingkup

Aspek yang dikaji adalah emisi gas rumah kaca (potensi pemanasan global), penurunan jumlah sumberdaya biotik dan abiotik, eutrofikasi, penipisan lapisan ozon, toksisitas pada manusia, dan pengurangan keanekaragaman hayati.

Ruang lingkup yang dikaji meliputi aktivitas budidaya KJA di Cirata yang dimulai dari bahan baku (sebelum produksi), proses produksi budidaya ikan pada KJA ganda, produk (ikan mas dan nila ukuran konsumsi), hingga menjadi produk akhir (sampai menjadi limbah). Selain itu juga dikaji faktor pendukung seperti jenis KJA (pelampung drum seng, drum plastik, *polystyrene foam*) dan skala usaha budidaya KJA skala kecil (< 12 petak KJA), sedang (12-50 petak KJA), besar (> 50 petak KJA). Unit fungsional (*functional unit*) yang dijadikan standar adalah 1 kg produk (ikan mas dan ikan nila), yang artinya dampak lingkungan yang diukur merupakan dampak yang dihasilkan dalam proses produksi 1 kg ikan (dampak lingkungan yang terukur secara keseluruhan dikonversi menjadi dampak lingkungan yang dihasilkan untuk 1 kg ikan).

Tahap 2. Analisis inventarisasi life cycle

Analisis inventarisasi meliputi proses data dasar dengan memperhitungkan sumberdaya

yang digunakan, energi dan penurunan kualitas lingkungan berkaitan dengan sistem yang diteliti. Analisis inventarisasi adalah gambaran kuantitatif semua aliran bahan dan energi yang melintasi batasan sistem, baik ke dalam atau keluar sistem dalam unit fungsional.

Tahap 3. Memperhitungkan dampak LCA

Memperhitungkan dampak dari *life cycle* bertujuan untuk mengubah inventarisasi *life cycle* menjadi dampak terukur sebagai indikator hasil, menjelaskan besaran dan pengaruh dampak potensial lingkungan dari penggunaan dan pelepasan sumberdaya yang berhubungan dengan sistem yang telah dibatasi. Selain itu, juga menggambarkan konsekuensi lingkungan kompleks yang berkaitan dengan sistem produksi. Kategori dampak lingkungan dan batasan yang digunakan dalam LCA tersaji pada Tabel 1.

Setelah menentukan kategori dampak dengan metode pendugaan dampak, langkah selanjutnya dan bagian yang utama prosedur LCA adalah klasifikasi dan karakterisasi (besarnya dampak potensial yang ditunjukkan dari sistem yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2), normalisasi, pengelompokan, pembobotan, dan analisis kualitas data dari elemen potensial (Goedkoop & Oele 2004).

Tahap 4. Perbaikan penilaian life cycle atau interpretasi

Dari informasi yang dihasilkan kemudian dikaji kembali, yang tujuannya untuk mengevaluasi kebutuhan dan peluang untuk mengurangi dampak dengan identifikasi, evaluasi, dan opsi untuk perbaikan lingkungan dari suatu produk atau proses.

Tahap 5. Software yang digunakan

Software yang digunakan untuk analisis data adalah SimaPro Ver. 7.

HASIL DAN BAHASAN

Benih ikan berukuran 2 inci yang dihasilkan dari pembenih di luar Waduk Cirata merupakan bahan baku sebelum ditebar ke KJA. Berdasarkan hasil analisis data terlihat bahwa pakan (pakan komersial A) merupakan unsur yang mempunyai peran paling besar (93,5) dalam menghasilkan benih ikan mas ukuran 2 inci. Gambar 1 menunjukkan bahwa peranan pakan sebesar 93,5% terdiri atas *soybean* Brazil 32,8%, *winter whet* 21,4%, dan *fish oil* Peru

sebesar 8,92%. Selain itu, unsur *electricity* dan *heat oil* juga memegang peranan masing-masing sebesar 16,1% dan 17,5%.

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan benih ikan mas ukuran 2 inci sebagai bahan baku untuk *input* benih yang akan ditebar di KJA dibutuhkan faktor pendukung lain yaitu *electricity* dan *heat oil*, selain sumber bahan baku utama (benih ukuran 1 inci dan pakan).

Pakan komersial A yang banyak digunakan dalam menghasilkan benih 2 inci dianalisis untuk mengetahui kategori dampak lingkungan yang dihasilkan (Gambar 2).

Dari hasil analisis pakan, diketahui bahwa unsur *soybean* Brazil yang diikuti oleh *winter wheat* memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap berbagai kategori dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan oleh pakan. Hal ini kemungkinan disebabkan unsur tersebut diproses secara kurang efisien dan banyak menggunakan bahan baku yang tidak ramah lingkungan.

Dalam menghasilkan ikan mas sebesar 1 kg (unit fungsional) dari sebuah KJA ganda pada taraf medium didapatkan dampak lingkungan serta kontribusinya seperti terlihat pada Gambar 3. Pada gambar tersebut dapat terlihat bahwa proses produksi ikan mas ukuran konsumsi, pakan komersial B menghasilkan hampir semua kategori dampak lingkungan (penurunan sumberdaya abiotik, pemanasan global, penipisan ozon, toksisitas pada manusia, *aciditas*, pembentukan fotokimia oksidan, serta toksisitas pada perairan tawar, laut dan daratan) sekitar $\pm 70\%$, kecuali eutrofikasi hanya sekitar 20%.

Kegiatan budidaya KJA juga berperan menghasilkan dampak lingkungan terutama terhadap *abiotic depletion* dan *toxicity*, hal itu kemungkinan karena drum yang digunakan berkarat dan drum oli bekas, jaring (mengandung unsur kobal), dan sebagainya. Selain itu, rumah jaga juga berpengaruh dalam menghasilkan dampak lingkungan. Sedangkan faktor lain relatif kecil pengaruhnya terhadap dampak yang dihasilkan.

Secara kuantitatif, kategori dampak yang ditimbulkan dan nilainya dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel tersebut diketahui bahwa pakan memberikan kontribusi terbesar, kemudian diikuti oleh KJA dan rumah jaga yang secara relatif berpengaruh pada semua kategori dampak lingkungan.

Tabel 1. Kategori dampak lingkungan dan batasannya
 Table 1. Environmental impact categories and description

Kategori dampak <i>Impact categories</i>	Diskripsi dampak <i>Description of impact</i>
<i>Abiotic depletion potential</i>	Pengurangan/penurunan ketersediaan bahan mentah yang tak terbaharui <i>Extraction of non-renewable raw materials such as ores</i>
<i>Energy depletion potential</i>	Pengurangan/penurunan ketersediaan sumber energi tak terbaharui, dapat juga termasuk dalam Abiotic depletion potential <i>Extraction of non-renewable energy carriers; can be included in Abiotic depletion potential</i>
<i>Global warming potential</i>	Kontribusi penyerapan radiasi sinar infra merah yang menyebabkan peningkatan temperatur global <i>Contribution to atmospheric absorption of infrared radiation leading to increase in global temperature</i>
<i>Ozone depletion potential</i>	Kontribusi terhadap penipisan lapisan ozon stratosferik yang menyebabkan peningkatan radiasi sinar ultraviolet pada permukaan bumi <i>Contribution to depletion of stratospheric ozone leading to increase ultraviolet radiation reaching the earth's surface</i>
<i>Human toxicity</i>	Kontribusi pada masalah kesehatan manusia melalui bahan toksik yang terdapat pada udara, air atau tanah <i>Contribution to human health problems through exposure to toxic substances via air, water or soil</i>
<i>Aquatic/terrestrial ecotoxicity</i>	Kontribusi pada masalah kesehatan manusia melalui tumbuhan dan hewan yang terekspos oleh bahan-bahan toksik <i>Contribution to human health problems in flora and fauna caused by exposure to toxic substance</i>
<i>Acidification potential</i>	Kontribusi terhadap adanya endapan asam dalam air dan tanah <i>Contribution to acid deposition onto soil and into water</i>
<i>Photochemical oxidant creation potential</i>	Kontribusi terhadap pembentukan ozon pada lapisan troposfer, yang termasuk photochemical smog <i>Contribution to formation of troposphere ozone within photochemical smog</i>
<i>Nutrification potential</i>	Kontribusi terhadap penurunan konsentrasi oksigen dalam air (atau tanah) melalui ketersediaan unsur hara yang menyebabkan peningkatan biomassa <i>Contribution to reduction of oxygen concentration in water (or soil) through providing nutrients which increase production of biomass</i>

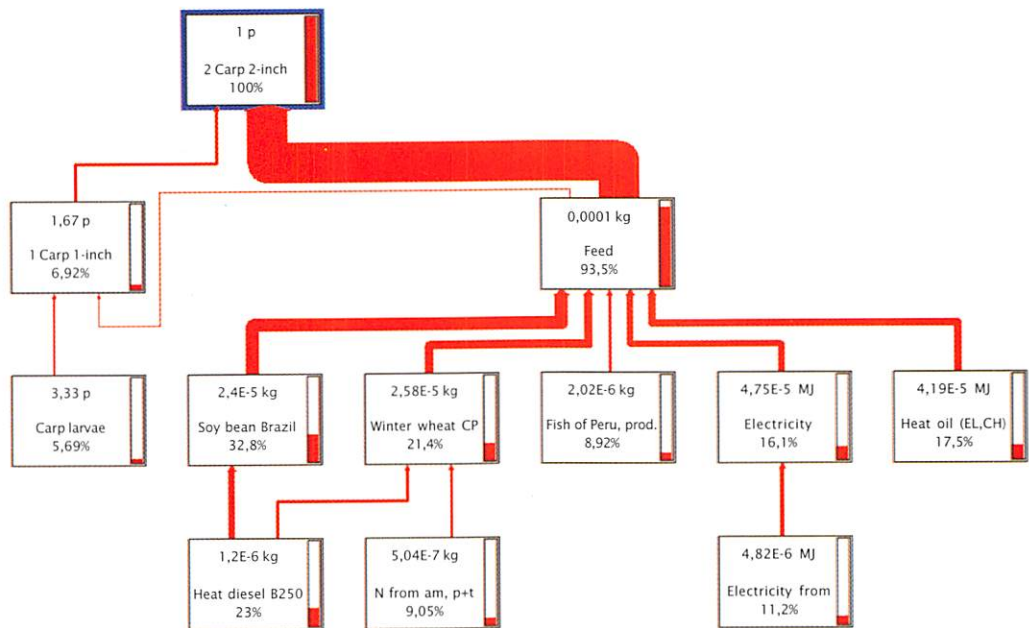
Sumber (Source): Cliff (2001)

Tabel 2. Besaran dan kategori dampak lingkungan yang dihasilkan dari KJA ganda
 Table 2. Quantity and environmental impact categories of double KJA

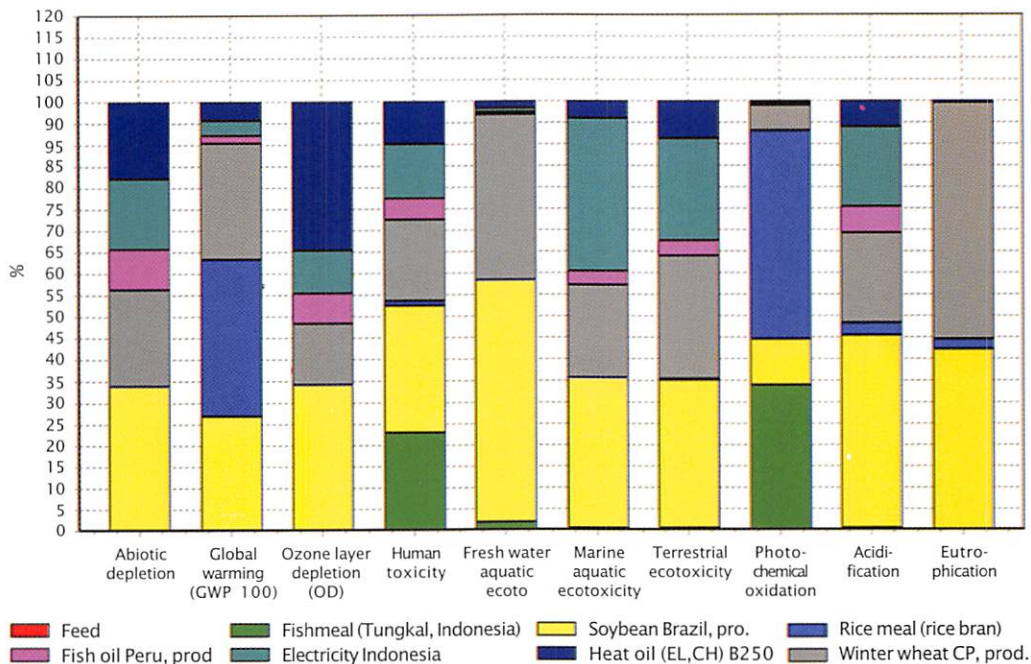
Impact category	Unit	Total	3 carp adult (medium farm) ¹⁾	Cage 3 (per cage, steel, bamboo with steel drums) ²⁾	2Carp 2-inchi fingerlings ³⁾	7 Tilapia 2-inchi fingerlings ⁴⁾	Feed B ⁵⁾	House (for living) ⁶⁾
Abiotic depletion	kg Sb eq	0.00256	0	0.000877	7.53E-08	1.03E-06	0.00138	0.0002
Global warming (GWP100)	kg CO2 eq	1.04	0	0.0394	4.91E-05	0.0365	0.9	0.0478
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1.05E-07	0	1.45E-09	5.17E-12	7.11E-11	9.07E-08	7.42E-10
Human toxicity	kg 1,4 DB eq	0.0509	0	0.00256	6.20E-06	0.000337	0.0427	0.00255
Fresh water aquatic ecotoxicity	kg 1,4 DB eq	0.0157	0	0.000182	1.74E-06	3.37E-05	0.0148	0.000382
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4 DB eq	52.2	0	12.9	0.00251	0.0523	33.9	4.72
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4 DB eq	0.000328	0	1.38E-05	2.37E-08	6.96E-07	0.000293	1.76E-05
Photochemical oxidation	kg C2H2	0.000269	0	9.10E-06	1.56E-08	1.09E-05	0.000218	1.80E-05
Acidification	kg SO2 eq	0.00196	0	0.000163	1.70E-07	1.77E-05	0.00133	0.000311
Eutrophication	kg PO4— eq	0.0145	0.0114	2.93E-06	3.60E-06	0.000242	0.00277	0.0001

Keterangan (Remark):

- ¹⁾ Angka 3, 2 dan 7 merupakan pengkodean pada software SimaPro
¹⁾ Produksi 1 kg ikan mas pada KJA dengan skala usaha sedang (Medium farm)
²⁾ KJA dengan komponen besi, bambu dan drum besi (Per cage, steel, bamboo with steel drums)
³⁾ Produksi 1 kg ikan mas ukuran 2 inch (Carp 2 inch fingerlings)
⁴⁾ Produksi 1 kg ikan nila ukuran 2 inch (Tilapia 2 inch fingerlings)
⁵⁾ Pakan komersial B (Commercial feed B)
⁶⁾ Rumah jaga pada KJA (House for living)

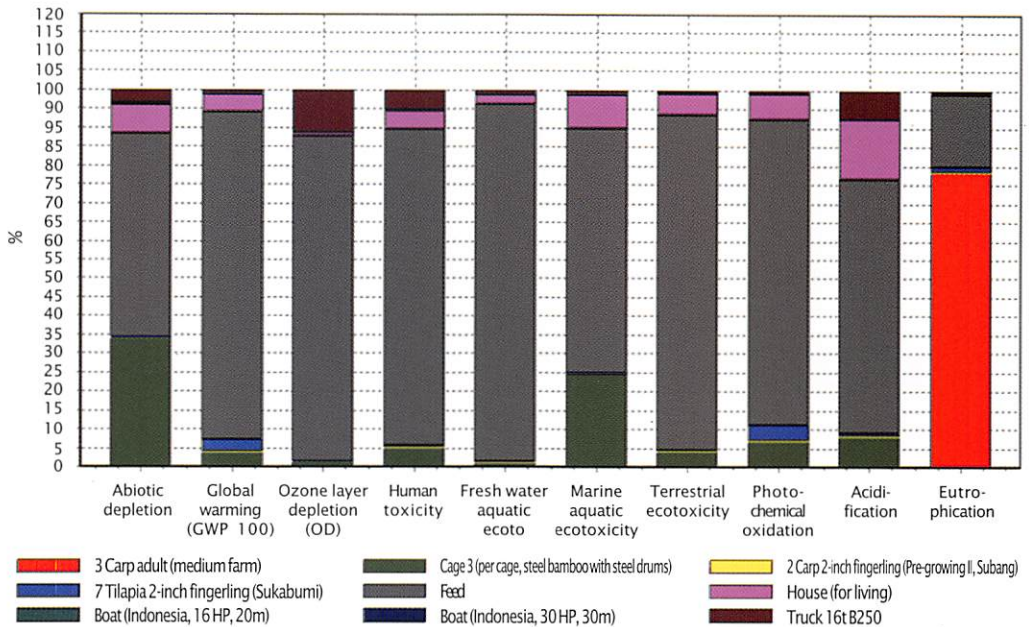


Gambar 1. Kontribusi beberapa komponen budidaya untuk menghasilkan ikan mas 2 inci
 Figure 1. Contribution of each aquaculture component to produce 2 inch carp



Analysing 1 kg material Feed A; Method: CML2 baseline 2000/world,1995/characterisation

Gambar 2. Pengaruh pakan komersial A terhadap kategori dampak lingkungan yang dihasilkan
 Figure 2. Effect of commercial feed A on production of environmental impact categories



Analysing 1 kg processing 3 Carp adult (medium farm); Method: CML2 baseline 2000/world,1995/characterisation

Gambar 3. Pengaruh berbagai faktor produksi terhadap kategori dampak lingkungan yang dihasilkan

Figure 3. Effect of production factors on production of environmental impact categories

Hasil analisis terhadap jenis KJA, didapatkan bahwa KJA yang terbuat dari bambu dengan pelampung *polystyren foam* merupakan KJA yang paling ramah lingkungan dibandingkan dengan KJA lainnya yang ada di Waduk Cirata (Gambar 4).

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa jenis KJA yang paling besar kontribusinya terhadap timbulnya berbagai dampak lingkungan yaitu KJA 1,2 dengan infrastruktur terdiri atas bambu dan drum plastik. Begitu juga dengan KJA 4 yang terdiri atas bambu, besi, dan drum plastik, yang tidak jauh berbeda pengaruhnya terhadap lingkungan. Hal ini disebabkan drum plastik mengandung kobal (Rattanawan, 2005). Rattanawan (2005) juga mengemukakan lebih lanjut bahwa jaring juga sangat berpengaruh terhadap dampak lingkungan. Ada berbagai jenis jaring yang tersedia di pasaran, untuk itu pemilihan bahan dasar jaring perlu ditelaah kembali.

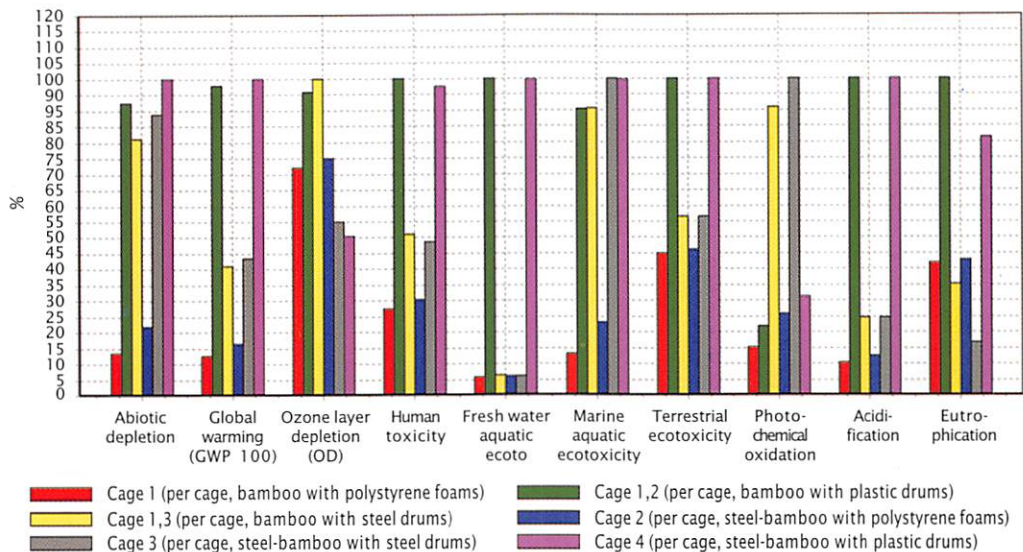
Akan tetapi untuk dampak eutrofikasi, KJA 4 lebih kecil kontribusinya terhadap lingkungan perairan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh *life time* dari besi yang lebih lama dibanding bambu yang lebih mudah lapuk

dan jatuh ke perairan yang dapat meningkatkan bahan organik di perairan. Hal lain yang perlu ditinjau kembali adalah meskipun *polystyrene foam* adalah yang terendah dalam menghasilkan dampak lingkungan namun *life time*-nya juga rendah, akibatnya pembudidaya harus lebih sering melakukan penggantian sehingga biaya yang dikeluarkan juga lebih besar.

Informasi secara kuantitatif terhadap besaran dampak lingkungan dari berbagai tipe KJA dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil analisis terhadap kategori dampak lingkungan yang dihasilkan dari berbagai skala kegiatan budidaya ikan mas di KJA menunjukkan bahwa kegiatan budidaya skala kecil adalah yang paling efektif atau paling sedikit menghasilkan dampak lingkungan dibandingkan dengan budidaya skala menengah dan besar (Gambar 5).

Secara umum dapat dikatakan bahwa untuk menghasilkan 1 kg ikan mas, budidaya skala kecil lebih efisien dibandingkan dengan yang lain. Hasil analisis secara kuantitatif dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 4. Perbandingan antar jenis KJA dan kategori dampak lingkungan yang dihasilkan
 Figure 4. Comparison of KJA types and each production of global environmental impact categories

Tabel 3. Besaran dan kategori dampak lingkungan yang dihasilkan dari berbagai jenis KJA
 Table 3. Quantity and environmental impact categories of some KJA types

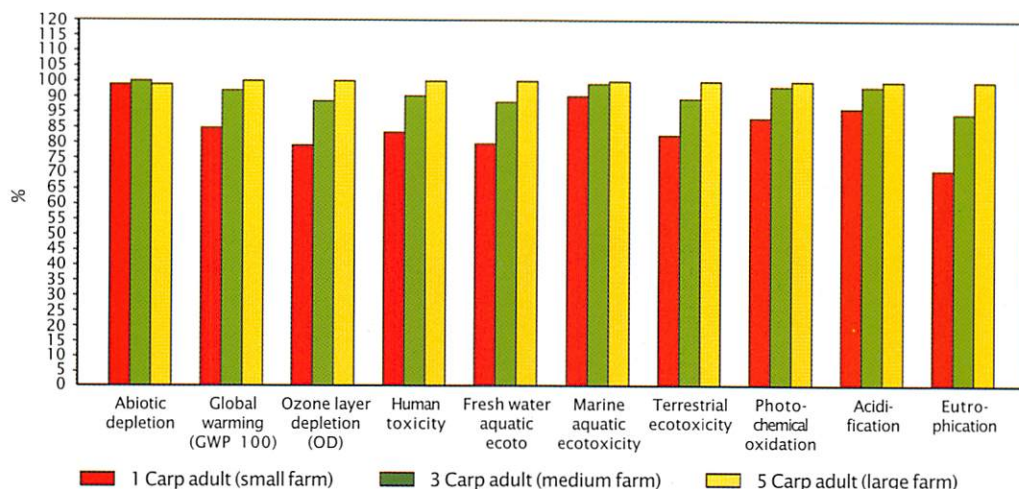
Kategori dampak Impact category	Unit Unit	KJA 1 Cage 1	KJA 1.2 Cage 1.2	KJA 1.3 Cage 1.3	KJA 2 Cage 2	KJA 3 Cage 3	KJA 4 Cage 4
Abiotic depletion	kg Sb eq	0.212	1.46	1.28	0.347	1.4	1.58
Global warming (GWP100)	kg CO2 eq	18.3	142	59.8	23.9	63.1	146
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3.05E-06	4.05E-06	4.23E-06	3.17E-06	2.32E-06	2.14E-06
Human toxicity	kg 1,4 DB eq	2.31	8.42	4.3	2.57	4.09	8.22
Fresh water aquatic ecotoxicity	kg 1,4 DB eq	0.288	4.91	0.311	0.304	0.291	4.89
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4 DB eq	2.68E+03	1.86E+04	1.87E+04	4.75E+03	2.07E+04	2.06E+04
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4 DB eq	0.0176	0.039	0.0221	0.0181	0.022	0.039
Photochemical oxidation	kg C2H2	0.00467	0.0067	0.0277	0.00786	0.0305	0.00952
Acidification	kg SO2 eq	0.108	1.06	0.261	0.133	0.26	1.06
Eutrophication	kg PO4--- eq	0.0117	0.028	0.00991	0.012	0.00469	0.0228

Keterangan (Remark):

- KJA 1 (Cage 1) : Per KJA, bambu dengan polystyrene foams (per cage, bamboo with polystyrene foams)
- KJA 1.2 (Cage 1.2) : Per KJA, bambu dengan drum plastik (per cage, bamboo with plastic drums)
- KJA 1.3 (Cage 1.3) : Per KJA, bambu dengan drum baja (per cage, bamboo with steel drums)
- KJA 2 (Cage 2) : Per KJA, baja bambu dengan polystyrene foams (per cage, steel-bamboo with polystyrene foams)
- KJA 3 (Cage 3) : Per KJA, baja bambu dengan drum baja (per cage, steel-bamboo with steel drums)
- KJA 4 (Cage 4) : Per KJA, baja bambu dengan drum plastik (per cage, steel-bamboo with plastic drums)

Seperti diketahui bahwa pada KJA jaring ganda, jaring yang dipasang di bagian bawah digunakan untuk memelihara ikan nila tanpa diberi pakan langsung, karena ikan nila akan

memakan pakan yang tak termakan oleh ikan mas, selain memakan plankton yang ada di sekitarnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk menghasilkan ikan nila, skala usaha



Comparing 1 kg processing '1 Carp adult (small farm)' with 1 kg processing '3 Carp adult (medium farm)' and with 1 kg processing '5 Carp adult (large farm)'; Method: CML2 baseline 2000/world,1995/characterisation

Gambar 5. Kategori dampak lingkungan dari beberapa skala budidaya ikan mas
 Figure 5. Environmental impact categories of several carp culture scales

Tabel 4. Besaran dan kategori dampak lingkungan dari beberapa skala budidaya ikan mas
 Table 4. Quantity and environmental impact categories of several carp culture scales

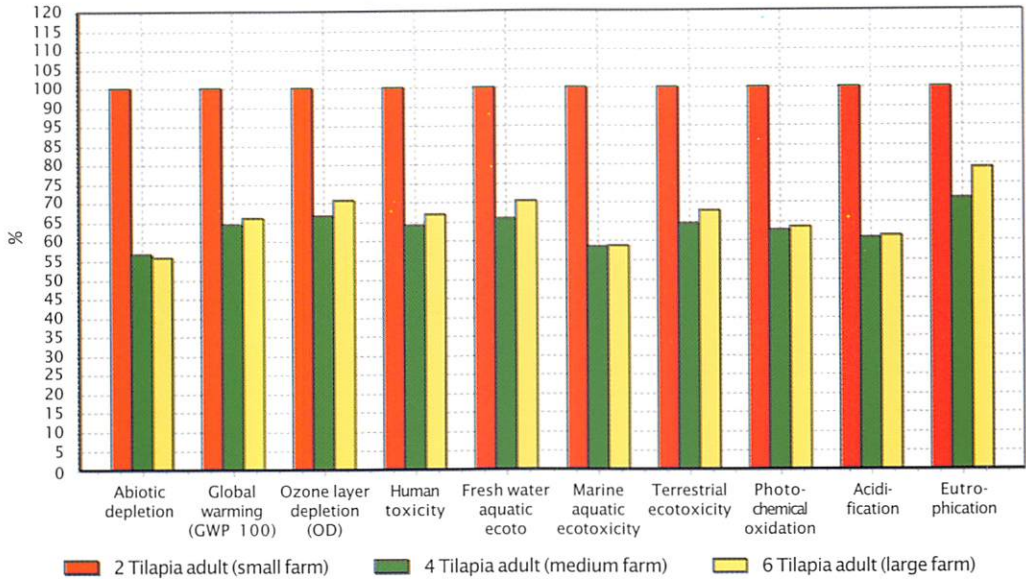
Kategori dampak Impact category	Unit Unit	Ikam mas ukuran konsumsi (skala kecil) 1 carp adult (small farm)	Ikam mas ukuran konsumsi (skala sedang) 3 carp adult (medium farm)	Ikam mas ukuran konsumsi (skala besar) 5 carp adult (large farm)
Abiotic depletion	kg Sb eq	0.00253	0.00256	0.00253
Global warming (GWP100)	kg CO2 eq	0.908	1.04	1.07
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	8.87E-08	1.05E-07	1.12E-07
Human toxicity	kg 1.4 DB eq	0.0446	0.0509	0.0535
Fresh water aquatic ecotoxicity	kg 1.4 DB eq	0.0133	0.0157	0.0168
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1.4 DB eq	50.2	52.2	52.7
Terrestrial ecotoxicity	kg 1.4 DB eq	0.000287	0.000328	0.000348
Photochemical oxidation	kg C2H2	0.00024	0.000269	0.000273
Acidification	kg SO2 eq	0.00182	0.00196	0.002
Eutrophication	kg PO4--- eq	0.0115	0.0145	0.0162

budidaya yang paling efektif adalah skala besar (Gambar 6).

Secara kuantitatif besaran dampak lingkungan yang dihasilkan dari berbagai tingkat kegiatan budidaya ikan nila dapat dilihat pada Tabel 5.

Dari hasil analisis diketahui bahwa budidaya ikan mas skala kecil menghasilkan dampak lingkungan yang terendah, namun budidaya ikan nila skala kecil menghasilkan

dampak lingkungan yang tertinggi. Berdasarkan hasil tersebut, perlu ditentukan bahwa skala budidaya yang terbaik dari segi usaha budidaya dan dalam menghasilkan dampak lingkungan adalah budidaya skala menengah (*medium farm*). Oleh karena itu, usaha budidaya yang ada sebaiknya dikelompokkan menjadi taraf yang *medium* agar dapat dampak lingkungan yang dihasilkan dapat diminimalisir.



Comparing 1 kg processing '2 Tilapia adult (small farm)' with 1 kg processing '4 Tilapia adult (medium farm)' and with 1 kg processing '6 Tilapia adult (large farm)'; Method: CML2 baseline 2000/world, 1995/characterisation

Gambar 6. Kategori dampak lingkungan dari beberapa skala budidaya ikan nila
 Figure 6. Environmental impact categories of several tilapia culture scales

Tabel 5. Besaran dan kategori dampak lingkungan dari beberapa skala budidaya ikan nila
 Table 5. Quantity and environmental impact categories of several tilapia culture scales

Kategori dampak Impact category	Unit Unit	Ikan nila ukuran konsumsi (skala kecil) 12 tilapia adult (small farm)	Ikan nila ukuran konsumsi (skala sedang) 4 tilapia adult (medium farm)	Ikan nila ukuran konsumsi (skala besar) 6 tilapia adult (large farm)
Abiotic depletion	kg Sb eq	0.0045	0.00256	0.00252
Global warming (GWP100)	kg CO2 eq	1.61	1.04	1.07
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1.58E-07	1.05E-07	1.11E-07
Human toxicity	kg 1,4 DB eq	0.0792	0.0509	0.0532
Fresh water aquatic ecotoxicity	kg 1,4 DB eq	0.0237	0.0157	0.0167
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4 DB eq	89.3	52.2	52.4
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4 DB eq	0.00051	0.000328	0.000346
Photochemical oxidation	kg C2H2	0.000428	0.000269	0.000271
Acidification	kg SO2 eq	0.00324	0.00196	0.00199
Eutrophication	kg PO4--- eq	0.0204	0.0145	0.0161

KESIMPULAN

Kegiatan budidaya ikan dalam KJA menghasilkan dampak lingkungan yang signifikan. Pakan ikan merupakan unsur yang paling dominan (>70%) dalam menghasilkan dampak lingkungan dari unsur *soybean* Brazil dan

winter wheat, seperti pemanasan global, penurunan jumlah sumberdaya abiotik, eutrofikasi, penipisan lapisan ozon, toksisitas pada manusia, serta pengurangan keanekaragaman hayati, dibandingkan unsur lainnya. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif bahan pakan lain untuk mensubstitusi kedua unsur tersebut.

KJA yang menggunakan drum plastik merupakan KJA yang menghasilkan dampak lingkungan paling besar, dan KJA yang terbaik adalah yang menggunakan bambu dan pelampung *polystyren foam*. Budidaya ikan nila skala kecil menghasilkan dampak lingkungan yang paling besar, namun pada budidaya ikan mas skala kecil dampak lingkungan yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan yang lainnya (*medium dan large farm*).

Untuk itu, perlu dipilih alternatif terbaik dalam melakukan usaha budidaya, serta dalam penggunaan sarana dan prasarana budidaya, sehingga dampak lingkungan yang dihasilkan dapat diminimalisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Cliff, R. 2001. Clean Technology and Industrial Ecology. In: Harrison, R.M. 2001. Pollution: Causes, Effect and Control (fourth ed.). The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK. p. 414—420.
- FAO (The Food and Agriculture Organisation of The United Nation). 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries. FAO. Rome. Italy. 87 pp.
- Goedkoop, M. and M. Oele. 2004. Introduction Life Cycle Assessment with Simapro. Pre-Consultant. 45 pp.
- Rattanawan, M. 2005. Shrimp Aquaculture in Thailand: Application of Life Cycle Assessment to Support Sustainable Development. Center for Environment Strategy. School of Engineering. University of Surrey. UK. 202 pp.
- Prihadi, T.H. 2003. Upaya Perbaikan Lingkungan untuk Menunjang Kestimbangan Budidaya Ikan dalam Keramba Jaring Apung (KJA). Pengembangan Budidaya Perikanan di Waduk. Suatu Upaya Pemecahan Masalah Budidaya Ikan dalam KJA. Pusat Riset Perikanan Budidaya. DKP. p. 45--56.