

ANALISIS EMERGY AKTIVITAS NELAYAN SKALA KECIL DI KABUPATEN CILACAP

Emergy analysis of small scale fisheries activities in Cilacap district

Oleh

**Andreas D. Patria^{1)✉}, Luky Adrianto²⁾, Tridoyo Kusumastanto²⁾,
M. Mukhlis Kamal²⁾ dan Rokhmin Dahuri²⁾**

¹⁾Mahasiswa Pascasarjana Program S3 Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB

²⁾Staff Pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.

✉ad_patria@yahoo.com

ABSTRACT

This research described the application of emergy analysis to evaluate the sustainability of small scale fisheries activities. An advantage of emergy analysis is the ability to quantify environmental and economic inputs and outputs on a common basis. In this study, we constructed emergy accounts for the small scale Fisheries activities in Cilacap District. The result of EYR value indicates that small-scale fishing activities do not contribute to the balanced development of regional economy. The value of the ELR is very high, showing the large number of small-scale fishermen to the intensity of the use of fishing gear. The comparison between the results of the emergy environmental burden (ESI) fishing activities by small-scale fishermen in Cilacap regency potentially unsustainable.

Keywords: Emergy analysis, sustainable evaluation , small scale fisheries

ABSTRAK

Penelitian ini menjelaskan penerapan analisis emergy untuk mengevaluasi keberlanjutan kegiatan perikanan skala kecil. Keuntungan dari analisis emergy adalah kemampuan untuk mengukur input lingkungan dan ekonomi dan output secara umum. Dalam studi ini, kami merancang akun emergy untuk kegiatan perikanan skala kecil di Kabupaten Cilacap. Hasil nilai EYR menunjukkan bahwa kegiatan penangkapan ikan skala kecil tidak memberikan kontribusi terhadap perkembangan seimbang ekonomi regional. Nilai ELR sangat tinggi, menunjukkan sejumlah besar nelayan skala kecil dengan intensitas penggunaan alat tangkap. Perbandingan antara hasil dari beban lingkungan emergy (ESI) kegiatan penangkapan ikan oleh nelayan skala kecil di Kabupaten Cilacap berpotensi tidak berkelanjutan.

Kata kunci: Analisis emergy, evaluasi berkelanjutan, perikanan skala kecil

I. PENDAHULUAN

Sumber daya perikanan merupakan salah satu aset alamiah yang dapat diekstraksi untuk memberikan manfaat bagi kehidupan manusia, baik manfaat dari aspek ekologi, ekonomi maupun sosial. Sebagai sumberdaya yang dapat pulih, maka dalam pemanfaatan sumber daya perikanan dibutuhkan suatu tindakan yang bijaksana, agar sumber daya tidak mengalami kerusakan atau kepunahan.

Ekstraksi sumber daya perikanan merupakan aktivitas ekonomi yang menggunakan input seperti tenaga kerja, kapal, mesin, bahan bakar dan sebagainya. Komponen input ini membutuhkan biaya dalam penyediaannya. Nelayan sebagai agen ekonomi yang bersifat rasional dengan tujuan ekonomi tentunya akan memaksimalkan manfaat yang diperoleh dalam mengekstraksi sumber daya perikanan tersebut. Oleh karena itu nelayan dapat dikatakan telah melakukan proses produksi yang dilakukan melalui proses transformasi input, sumber daya perikanan dan manfaat ekonomi.

Proses produksi inilah yang kemudian akan mempengaruhi perilaku nelayan dan dinamika sumber daya ikan. Perilaku nelayan dalam memanfaatkan sumber daya ikan dan dinamika keberadaan sumber daya ikan merupakan hubungan timbal balik yang saling mempengaruhi. Pola pemanfaatan yang tidak terkendali akan menimbulkan tekanan terhadap sistem ekologi, dalam hal ini adalah sumber daya ikan. Sebaliknya, jika sumber daya ikan mengalami deplesi, maka nelayan tidak dapat memaksimalkan manfaat ekonomi yang menjadi tujuannya dalam memenuhi kebutuhan hidup.

Pengelolaan sumber daya perikanan ditujukan untuk menentukan alokasi sumber daya yang menjamin keberlanjutan produksi sumberdaya dan tujuan-tujuan pembangunan perikanan lainnya (FAO, 2001). Seiring dengan perkembangannya maka tujuan pengelolaan dapat dibedakan menjadi 4 kategori, yaitu yang berorientasi pada : (i) aspek biologi; (ii) aspek ekonomi; (iii) aspek sosial; dan (iv) aspek rekreasi (Murdiyanto, 2004). Dari pilihan tujuan yang ada mungkin saja beberapa jenis perikanan hanya menekankan pada satu atau dua tujuan saja, akan tetapi pada umumnya perlu mengusahakan terciptanya keseimbangan yang baik antara berbagai tujuan tersebut. Dengan demikian tujuan pengelolaan perikanan perlu mempertimbangkan tujuan ekonomi yang berkaitan dengan kondisi ekonomi, tujuan sosial berkaitan dengan kesejahteraan nelayan dan tujuan pemeliharaan lingkungan yang berkaitan dengan tingkat

pemanfaatan sumberdaya yang diiringi dengan pemeliharaan lingkungan perairan sebagai habitat sumberdaya perikanan tersebut.

Analisis *emergy* adalah bentuk analisis energi yang mengukur nilai input sumber daya alam dan ekonomi secara umum untuk mendapatkan kontribusi alam terhadap aktivitas perekonomian manusia (Odum, 1988). *Emergy* surya digunakan untuk menentukan nilai pekerjaan manusia dan lingkungan dalam sistem secara bersamaan untuk mengetahui jumlah akhir dari energi surya yang dibutuhkan dalam menghasilkan setiap barang dan jasa. Oleh karena itu analisis *emergy* merupakan alat yang dapat digunakan untuk menilai keberlanjutan sistem penangkapan ikan. Asumsi dasar dari analisis *emergy* adalah bahwa kontribusi sumber daya dalam suatu aktivitas ekonomi sebanding dengan jumlah total energi dari satu jenis yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk (Brown dan Herendeen, 1996). Asumsi ini didasarkan pada kenyataan bahwa sepanjang waktu, aktivitas yang terjadi secara selektif dan bertahap telah mengubah struktur dan fungsi suatu sistem sehingga komponennya dipertahankan melakukan aktivitas yang setara dengan aktivitas yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk (Campbell, 2001).

Berdasarkan hal di atas, maka tujuan analisis keberlanjutan pemanfaatan sumberdaya ikan oleh nelayan skala kecil melalui pendekatan analisis *emergy* adalah untuk melihat sudah sejauh mana variabel dalam aspek ekologi memberikan dampak atau pengaruh terhadap kegiatan perikanan skala kecil pada saat ini maupun di masa datang dan sebaliknya sudah seberapa besar tekanan aktivitas nelayan terhadap sumberdaya perikanan.

II. METODELOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah di wilayah pesisir Kabupaten Cilacap yang mencakup kecamatan pesisir di Kabupaten Cilacap, dengan objek penelitian terdapat di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) sebagai sentra nelayan skala kecil. Waktu penelitian dilaksanakan pada September 2012 sampai dengan Februari 2013.

Analisis Sintesis *Emergy*. Tahapan yang umum digunakan untuk melakukan analisis sintesis *emergy* dimulai dari mendefinisikan batas sistem dengan menggunakan diagram sistem energi untuk menggambarkan fitur sistem, input dan output. Langkah berikutnya membuat sebuah tabel yang merangkum nilai-nilai *emergy* dari stok sistem dan aliran. Stok dan aliran dikonversi dari unit energi atau massa yang

setara dengan menggunakan koefisien *emergy transformity*. Keberlanjutan sistem ini kemudian dapat dievaluasi dengan menggunakan sejumlah indikator emergy (Voora dan Thrift, 2010). Berikut adalah beberapa metode analisis sintesis emergy yang mengikuti format yang diberikan oleh Odum (1996) :

1. Batasan sistem yang didefinisikan sebagai daerah yang digunakan untuk produksi secara keseluruhan dan untuk subsistem individu (bidang manajemen). Dimensi dari batasan ini adalah dalam waktu satu tahun.
2. Semua sumber energi utama dan sumber daya material yang mengalir dan yang tersimpan di dalam sistem diidentifikasi dan ditabulasi menggunakan bahasa sistem energi dan kuantitas dicatat dan dikonversi menjadi unit energi (Joule), unit massa (gram) atau unit moneter.
3. Berbagai sumber daya yang mengalir baik yang diukur secara langsung atau diperkirakan dari catatan produksi, catatan keuangan dan data yang tersedia. Untuk memperoleh nilai emergy dari arus sumber daya, jumlahnya ditabulasi dan dikalikan dengan transformasi yang sesuai dari berbagai literatur yang tersedia.

Tabel evaluasi emergy. Hasil analisis emergy disajikan dalam dua bentuk yaitu bentuk diagram dan tabel. Analisis menggunakan tabel merupakan data aliran dan cadangan penyimpanan yang diubah menjadi unit emergy dan kemudian dijumlahkan untuk menghasilkan aliran emergy total dalam sistem.

Menghitung nilai emergy. Setelah tabel yang mengevaluasi semua masukan diperoleh, selanjutnya nilai-nilai emergy unit produk dapat dihitung. Output atau produk dievaluasi dalam unit energi, exergy, atau massa; kemudian input emergy dijumlahkan dan nilai unit emergy untuk produk dihitung dengan membagi emergy oleh unit output. Dengan demikian, adanya evaluasi emergy menghasilkan nilai emergy unit baru (Brown dan Ulgiati, 2004). Beberapa perbedaan yang dibuat untuk membedakan aliran energi sumber daya seperti yang dijelaskan oleh Odum dan Odum (2000) diantaranya adalah:

- a. Aliran terbarukan (R)
- b. Aliran tak terbarukan (N)
- c. Aliran umpan balik (F)

Data aliran energi setelah ditabulasi dan disesuaikan selanjutnya ditransformasi. Sejumlah emergy berbasis rasio dan indeks dihitung. Hasil agregat dari indikator-

indikator yang didapat akan sangat membantu dalam interpretasi dalam analisis. Indikator utama yang digunakan dalam analisis ini didefinisikan sebagai berikut (Ulgiati dan Brown 1998; Odum 1996) :

- a. Perbandingan hasil emergy (EYR) adalah rasio dari emergy output (Y) dibagi dengan emergi input (F). Perbandingan hasil emergy dari setiap output yang dihasilkan adalah ukuran dari berapa banyak proses yang akan memberikan kontribusi terhadap perekonomian.

$$\text{EYR} = \text{Y/F} \dots\dots\dots (1)$$

- b. Rasio beban lingkungan (ELR) adalah rasio emergi tidak terbarukan (N) dan emergi impor (F) untuk emergy terbarukan (R). Ini merupakan indikator dari jumlah tekanan dari proses produksi pada lingkungan setempat.

$$\text{ELR} = \text{F/R} \dots\dots\dots (2)$$

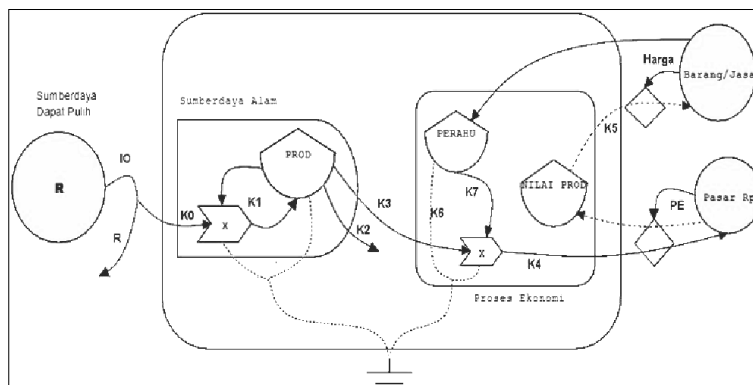
- c. Indeks keberlanjutan emergy (ESI) merupakan ukuran hasil dan keberlanjutan yang mengasumsikan bahwa fungsi tujuan untuk keberlanjutan adalah untuk mendapatkan rasio hasil tertinggi pada beban lingkungan terendah.

$$\text{ESI} = \text{EYR/ELR} \dots\dots\dots (3)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis ini didasarkan pada teori sistem ekologi yang dikembangkan selama tiga dekade terakhir oleh Ht. Odum (Odum, 1971; Odum, 1983, 1988 ; Odum, 1996). Odum (1996), menjelaskan bagaimana konsep emergy dapat digunakan sebagai dasar untuk pendekatan neraca lingkungan yang mengukur dan mengevaluasi kontribusi relatif terhadap kondisi riil yang terbentuk dari lingkungan dan ekonomi. Odum (1996) juga menjelaskan definisi kondisi riil sebagai “... *is produced and maintained by work processes from the environment...*”, sedangkan emergy didefinisikan sebagai “... *available energy of one kind previously required directly or indirectly to make a product or service...*”. Selanjutnya juga digunakan varian emergy, yang disebut emergy surya sebagai unit ukuran utama. Emergy surya didefinisikan oleh Odum (1996) sebagai “...*the available solar energy used up directly and indirectly to make a service or product. Its unit is the solar emjoule (abbreviated sej)*”. Sedangkan menurut Voora dan Thrift (2010) emergy adalah ekspresi dari jumlah energi yang digunakan dalam proses kerja yang menghasilkan barang dan jasa dalam satuan energi.

Agregasi sistem keberlanjutan perikanan skala kecil menggambarkan proses aliran energi yang saling berinteraksi pada produksi perikanan skala kecil di Kabupaten Cilacap. Pada sistem diagram menunjukkan bagian utama dari aliran energi dengan menggunakan bahasa system energy (Chen, *et al.*, 2009). Analisis sintesis emergy produksi perikanan dalam penelitian ini menggunakan data rata-rata tahun 2007-2011, baik itu untuk sumberdaya terbarukan, sumberdaya yang dibeli, dan output yang dihasilkan. Tabel 1 menunjukkan aliran energi yang masuk yang terdiri dari sumberdaya terbarukan, sumberdaya yang dibeli, energi tenaga kerja serta aliran energi produksi perikanan yang telah diidentifikasi dan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Aliran Emergy dalam Produksi Perikanan di Kabupaten Cilacap

Nilai aliran dari setiap energi yang ada dihitung berdasarkan satuan baku (joule, sej/J, sej/yr). Nilai dari aliran ini dikalikan dengan nilai dari koefisien transformasi untuk menghitung kuantitas *emjoule* surya dari masing-masing aliran energi. Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi sintesis emergy dalam proses Produksi perikanan oleh nelayan skala kecil di Kabupaten Cilacap diperoleh hasil sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Evaluasi sintesis emergy produksi perikanan di Kabupaten Cilacap

Item	Unit	Data (unit/tahun)	Transformity (sej/unit)	Acuan	EMERGY (sej/tahun)
Sumberdaya dapat pulih (R)					
1. Matahari	J	$8,165 \times 10^{16}$	1		$8,165 \times 10^{16}$
2. Angin	J	$5,520 \times 10^7$	$2,45 \times 10^3$	a	$1,352 \times 10^{11}$
Input yang dibayar (F)					
3. Tenaga kerja (L)	J	$9,879 \times 10^{10}$	$1,67 \times 10^3$	b	$1,653 \times 10^{14}$
4. BBM (P)	J	$4,152 \times 10^{14}$	$5,30 \times 10^4$	b	$2,200 \times 10^{19}$
5. Biaya operasional (OC)	Rp	$1,200 \times 10^7$	$1,77 \times 10^8$	c	$2,118 \times 10^{15}$
6. Biaya modal (CC)	Rp	$2,937 \times 10^6$	$1,77 \times 10^8$	c	$5,184 \times 10^{14}$
Output (J)					
7. Produksi Udang	J	$9,16 \times 10^{12}$			
8. Nilai Tangkapan	J	$3,60 \times 10^{10}$			

Keterangan : (a)Odum *et al.*(2000), (b) Brown and Bardi (2001), (c) Bastiononi *et al.* (1996)

Sumberdaya dapat pulih (*Renewable resources*). Variabel input sumberdaya dapat pulih yang mempengaruhi produksi perikanan adalah matahari dan angin. Sinar matahari merupakan sumber energi bagi seluruh makhluk hidup. Pada perairan laut sinar matahari berperan dalam proses fotosintesis untuk menghasilkan oksigen yang dapat dimanfaatkan organisme perairan dari berbagai level rantai makanan seperti phytoplankton. Organisme ini berperan sebagai produser utama dalam rantai makanan di perairan. Sedangkan sumberdaya angin berpengaruh terhadap aktifitas penangkapan di laut, karena mempengaruhi terjadinya arus maupun gelombang, sebagai bagian dari energi pendorong atau pembatas pergerakan perahu di perairan.

Nilai emergy yang dihasilkan dari perhitungan radiasi matahari adalah sebesar $8,16E+16$ sej/tahun dengan nilai transformity 1 sej/unit (Odum, 1996, Odum *et al.*, 2000, Brown dan Ulgiati, 2004). Nilai aliran energi matahari ini didasarkan pada data luasan area, nilai insolasi (intensitas radiasi penyinaran matahari) dan nilai albedo dengan persamaan sebagai berikut : $Emergy\ Matahari = Area \times Insolasi \times (1 - Albedo) \times transformity$. Luas perairan Kabupaten Cilacap mencapai $5600\ km^2$ dan intensitas penyinaran matahari di Indonesia untuk kawasan Barat Indonesia berkisar sekitar $4,5\ kWh/m^2/hari$ dengan variasi bulanan sekitar 10%. Nilai ini lebih rendah dibanding distribusi penyinaran yang terjadi di Indonesia Timur yang mencapai $5,1\ kWh/m^2/hari$.

Untuk input sumberdaya angin juga merupakan agregasi dari data luasan, densitas udara dan rata-rata kecepatan angin selama 5 tahun dalam periode 2007-2011, dengan persamaan : $Emergy\ Angin = Area \times density \times drag\ coef \times (wind\ vel)^3 \times time \times transformity$. Dengan rata-rata kecepatan angin dalam 5 tahun sebesar 3,89 knot (BMKG Cilacap, 2012) atau setara dengan 2,001 m/detik maka perhitungan nilai emergy angin mencapai $2,65E+13$ sej/unit.

Sumberdaya yang dibayar. Input sumberdaya yang dibayar (*purchased resources*) berpengaruh pada aktifitas penangkapan ikan oleh perikanan skala kecil di Cilacap. Untuk dapat melaksanakan operasi penangkapan ikan, dibutuhkan dukungan tenaga kerja, tersedianya bahan bakar minyak (BBM), dan biaya operasional. Terutama sekali tentunya sudah dikeluarkannya biaya modal untuk membeli perahu, alat tangkap dan perlengkapan lainnya yang dibutuhkan dalam operasi penangkapan ikan.

Aktifitas penangkapan ikan oleh perikanan skala kecil di Kabupaten Cilacap dilakukan dengan menggunakan perahu motor tempel oleh satu atau dua orang nelayan.

Nilai energi untuk tenaga kerja dalam operasi penangkapan adalah sebesar $1,38E+11$ J dengan nilai transformasi sebesar $1,67E+03$ sej/J, yang dihitung berdasarkan biaya pengeluaran untuk melaut dikali rata-rata PDRB sub sektor perikanan tahun 2007-2011 dibagi dengan nilai metabolisme energi untuk tenaga kerja per tahun sebesar $5,35E+09$ J/tahun (Hadem, 2002).

Input sumberdaya lainnya yang dianggap berpengaruh dalam operasi penangkapan ikan oleh perikanan skala kecil di Kabupaten Cilacap adalah penggunaan BBM. Konsumsi rata-rata BBM setiap tahun dihitung berdasarkan volume konsumsi rata-rata tahunan jenis kapal dibawah 5 GT dan rata-rata jumlah kapal yang beroperasi dalam 5 tahun serta rata-rata harga BBM per liter. Nilai energi yang diperoleh adalah sebesar $3,42E+15$ J dengan nilai transformasi mengacu pada Brown dan Bardi (2001) sebesar $5,3E+04$ sej/J.

Selanjutnya biaya operasional merupakan input yang dibutuhkan dalam operasi penangkapan dihitung berdasarkan biaya operasional yang dikeluarkan dalam rata-rata setiap trip pada kurun waktu 2007-2011. Sedangkan nilai transformasi mengacu pada Bastiononi (2006) sebesar $2,22E+12$, sehingga diperoleh nilai energi biaya operasional sebesar $1,2E+07$ J. Untuk nilai biaya modal adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembelian perahu, alat tangkap dan peralatan lainnya, dengan masa pakai mencapai 6 tahun dan nilai transformasi juga mengacu pada Bastiononi (2006), sehingga diperoleh nilai energi biaya modal sebesar $1,06E+08$.

Output. Output yang dihasilkan berupa produksi hasil tangkapan diperoleh dari data produksi udang sebagai target tangkapan utama bagi nelayan skala kecil di kabupaten

Indeks energy. Untuk membandingkan hasil evaluasi energy, selanjutnya digunakan indeks energy. Indeks energy disusun dengan menjumlahkan masing-masing kelompok input energy yang dapat pulih dengan kelompok input energy yang dibayar. Selanjutnya baru dihitung Rasio hasil energy, rasio beban lingkungan dan indeks keberlanjutan energy sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Indeks Emery Produksi Perikanan di Kabupaten Cilacap

No.	Nama Indeks	Ekspresi	Jumlah (sej/tahun)
1.	Total Emery (sej/tahun)	$Y=R+F$	2,209E+19
2.	Aliran Emery dapat pulih (sej km ² /tahun)	R	8,165E+16
3.	Total Emery yang dibayarkan	$F= L+P+OC+CC$	2,201E+19
4.	Rasio Hasil Emery (EYR)	Y/F	1,00
5.	Rasio Beban Lingkungan (ELR)	F/R	269,52
6.	Indeks Keberlanjutan Emery (ESI)	EYR/ELR	0,0037

Rasio hasil emery (*Environmental Yield Ratio*). *Environmental Yield Ratio* (EYR) merupakan total nilai emery dibagi dengan emery tak terbarukan dan total input yang dibeli (*economic input*). EYR merupakan indikator dari proses hasil emery lokal dan proses tersebut menggambarkan proses eksploitasi sumberdaya lokal. Nilai terendah dari EYR adalah 1, yang menunjukkan bahwa suatu proses yang sama dengan emery yang tersedia dan dianggap tidak berkontribusi dalam mengeksploitasi suatu sumberdaya lokal. EYR lebih dari 1 atau kurang dari 2 tidak memberikan emery bersih yang signifikan bagi perekonomian dan hanya memproses sumberdaya lokal yang tersedia. Kisaran nilai EYR antara 2 dan 5 merupakan energi sekunder dan memberikan kontribusi yang seimbang terhadap perekonomian. Nilai EYR >5 menunjukkan sumber energi primer dan memiliki manfaat dan berkontribusi terhadap perekonomian (Brown dan Ulgiati, 1997; 2004a; Ulgiati dan Brown, 1998; Cao dan Fang 2007 dalam Zhang et al., 2010). Nilai indeks ini menunjukkan seberapa efisien sistem menggunakan sumberdaya lokal yang tersedia. Karena emery total adalah jumlah dari semua masukan emery lokal maka terlihat bahwa semakin tinggi emery sumberdaya lokal akan berdampak terhadap semakin tingginya kontribusi emery lokal terhadap sistem produksi perikanan

Nilai EYR pada sistem produksi perikanan di Kabupaten Cilacap sebesar 1,00 sej/yr, hal ini mengindikasikan bahwa kegiatan perikanan skala kecil di Cilacap tidak memberikan kontribusi yang seimbang terhadap perkembangan perekonomian daerah. Dengan membandingkan nilai EYR, maka dapat dipahami kemampuan kompetisi atau manfaat ekonomi dari sumberdaya. Nilai rendah EYR menunjukkan kemampuan kompetisi lemah dan manfaat ekonomi yang rendah ketika sumberdaya dikembangkan. Pada nilai EYR yang lebih tinggi menunjukkan kemampuan kompetisi yang kuat dan manfaat ekonomi yang tinggi.

Rasio beban lingkungan (*Environmental Loading Ratio*). *Environmental Loading Ratio* (ELR) adalah sebuah pendekatan untuk mengakses daya dukung sistem

produksi (Brown dan Ulgiati, 1997). ELR adalah rasio jumlah emergy sumberdaya tak terbarukan dan sumberdaya yang dibeli dengan emergy sumberdaya terbarukan. Nilai EYR merupakan indikator tekanan suatu proses pada ekosistem lokal dan dapat dianggap sebagai ukuran dari stress ekosistem akibat aktivitas produksi (Brown dan Ulgiati, 1997; 2004a; Ulgiati dan Brown, 1998).

Dari hasil evaluasi emergy perikanan skala kecil di Kabupaten Cilacap menunjukkan bahwa hasil ELR sebesar 269 sej/yr. Nilai ini termasuk sangat tinggi, hal ini berhubungan erat dengan besarnya jumlah nelayan skala kecil dengan intensitas penggunaan alat tangkap yang cukup tinggi dan dampak dari aktivitas ini sudah memperlihatkan dampak yang cukup signifikan terhadap lingkungan. Vassalo, *et al.*, (2007) menjelaskan bahwa nilai indeks ini tinggi pada sistem dengan tingkat teknologi tinggi atau dengan kata lain semakin tinggi tingkat teknologi yang digunakan akan berpengaruh terhadap tingginya beban lingkungan.

Nilai ELR <2 menunjukkan dampak terhadap lingkungan rendah atau memiliki area yang luas untuk proses mencairkan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan. Ketika ELR >10 artinya beban atau dampak terhadap lingkungan tinggi dan ketika $3 < ELR < 10$ dampaknya dianggap seimbang. Untuk nilai ELR yang sangat tinggi masukan aliran sumberdaya terbarukan atau input yang dibeli mendominasi, menunjukkan bahwa input terbarukan lokal tidak cukup untuk memasok kebutuhan proses dari suatu sistem. Indeks ini akan tinggi untuk sistem dengan konsumsi sumberdaya tak terbarukan tinggi atau dengan emisi tinggi (Brown dan Ulgiati, 1997; 2004a; Cao dan Fang 2007 dalam Zhang *et al.*, 2010).

Indeks keberlanjutan emergy (*Emergy Sustainability Index*). *Emergy Sustainability Index* (ESI) merupakan ukuran perbandingan dari hasil emergy (EYR) terhadap beban lingkungan (ELR). Ukuran ini mengasumsikan bahwa fungsi dari tujuan keberlanjutan adalah untuk mendapatkan perbandingan produksi yang tinggi dengan meminimalkan beban terhadap lingkungan (Brown dan Ulgiati, 1998; Siche, *et al.*, 2008).

ESI <1 menjadi indikasi dari konsumen, produk atau proses, ESI >1 mengindikasikan bahwa produk memiliki kontribusi bersih terhadap masyarakat. Berkaitan dengan ekonomi ESI <1 berindikasi terhadap orientasi konsumen suatu sistem yang sangat berkembang. Sementara untuk ESI >10 berindikasi terhadap perekonomian yang

belum berkembang, sedangkan kisaran ESI antara 1 dan 10 merupakan indikasi suatu negara atau sistem sedang berkembang. Menurut Cao dan Feng (2007) yang dikutip oleh Zhang, *et al.*, (2010, 2011) bahwa nilai $ESI < 1$ menunjukkan bahwa produk dan proses suatu sistem tidak berkelanjutan. Nilai suatu sistem dengan $1 < ESI < 5$ menunjukkan bahwa sistem produksi atau suatu proses memiliki keberlanjutan dan berkontribusi terhadap perekonomian untuk jangka menengah, dan produk atau proses dengan $ESI > 5$ dapat dianggap berkelanjutan jangka panjang.

Dari hasil perbandingan antara nilai hasil emergy dengan beban lingkungan didapatkan nilai sebesar 0,0037 sej/yr (Tabel 7). $ESI < 1$ menjadi indikasi dari konsumen, produk atau proses. Dengan nilai ESI 0,0037 sej/yr, ini mengindikasikan bahwa kegiatan penangkapan ikan berpotensi tidak berkelanjutan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas dapat disimpulkan terhadap keberlanjutan kegiatan perikanan skala kecil di perairan pesisir Kabupaten Cilacap. Berdasarkan nilai EYR pada sistem produksi perikanan di Kabupaten Cilacap mengindikasikan bahwa kegiatan perikanan skala kecil tidak memberikan kontribusi yang seimbang terhadap perkembangan perekonomian daerah. Selanjutnya berdasarkan nilai ELR yang sangat tinggi, menunjukkan besarnya jumlah nelayan skala kecil dengan intensitas penggunaan alat tangkap yang cukup tinggi dan dampak dari aktivitas ini sudah memperlihatkan dampak yang cukup signifikan terhadap lingkungan serta hasil perbandingan antara nilai hasil emergy dengan beban lingkungan (ESI) kegiatan penangkapan ikan oleh nelayan skala kecil di Kabupaten Cilacap berpotensi tidak berkelanjutan. Kontribusi dari lingkungan dan ekonomi harus dievaluasi secara kuantitatif secara umum menggunakan emergy. Evaluasi ekonomi semata tidak bisa menangkap nilai sebenarnya dari jasa lingkungan atau modal alam.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Bastiononi, S dan Marchettini, N., 1996. Ethanol Production from Biomass: Analysis of Process Efficiency and Sustainability. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 11, No.5, pp 411-418.
- Brown MT, Ulgiati S. 2004. Encyclopedia of energi. A environmental accounting. Emergy and environmental decision making. John Wiley & Sons, New York
- Brown, M.T. & Herendeen, R.A., 1996. Embodied energy analysis and

- EMERGY analysis: a comparative view. *Ecological Economics* 19, pp. 219-235.
- Brown, M.T. and E. Bardi. 2001. Handbook of Emergy Evaluation Folio 3: Emergy of Ecosystems. Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville. 90p
- Brown, M.T., Ulgiati, S., 1997. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecol. Eng.* 9 (1/2), 51–69.
- Campbell, D. 2001. Proposal for including what is valuable to ecosystems in environmental assessments. *Environmental Science and Technology*. 35: 2867-2873.
- Chen H, Chen J, Luo Z, Lv Zhuwu. 2009. Emergy evaluation of the natural value of water resources in Chinese rivers. Springer science+Business Media, LLC. *Environmental management*. 44: 288-297.
- FAO, 2001. Managing fishing capacity: A Review of Policy and Technical issues, FAO Technical Papers 409, FAO, Rome: 63 p.
- Haden AC. 2002. Emergy Analysis of food production at S&S homestead farm. S&S center for sustainable agriculture 2143 Lopez Sound Rd. Lopez Island. WA USA
- Murdiyanto, B. 2004. Pelabuhan Perikanan, Fakultas Perikanan & Ilmu Kelautan IPB, Bogor.
- Odum HT, Odum EC. 2000. Modelling for all scales: An introduction system simulation. University of Florida. Academic Press, San Diego. California.
- Odum, H.T. 1983. *Systems Ecology*. John Wiley, NY, 644 pp; revised in 1994. *Ecological and General Systems: An Introduction to Systems Ecology*. Univ. Press of Colo., P.O. Box 849, Niwot, 80544.
- Odum, H.T. 1996. *Environmental Accounting, Emergy and Decision Making*. J. Wiley, NY, 370 pages. ISBN-471-11442-1
- Odum, H.T. & Odum, E.C., 1976. *The Energy Basis for Man and Nature*. McGraw-Hill, New York.
- Odum, H.T., 1971. *Environment, Power and Society*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Odum, H.T., 1988. Self-Organization, Transformity, and Information. *Science*, 242, pp. 1132-1139.
- Odum, H.T., Brown, M.T. & Ulgiati, S., 2000. Ecosystems as Energetic Systems. In Jørgensen, S.E., Müller, F., (eds.) *Handbook of Ecosystems Theories and Management*. Lewis Publishers. London.
- Siche J R, Agostinho F, Ortega E, Romeiro A. 2008. Sustainability of nations by indices: comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emergy performance indices. Elsevier. *Ecology economics*. 66: 628-637.
- Ulgiati, S. & Brown, M.T., 1998. Monitoring patterns of sustainability in

natural and man-made ecosystems. *Ecological Modelling* 108, pp. 23-36.

Vassalo P, Bastianoni S, Beiso I, Ridolfi R, Fabiano M. 2007. Emergy analysis for the environmental sustainability of an inshore fish farming system. Elsevier. *Ecological indicators*. 7: 290-298.

Voorra, V. and Thrift C. 2010. Using emergy to value ecosystem goods and services. International institute for sustainable development. Winnipeg, Manitoba Canada

Zhang X et al., 2011. Emergy evaluation of the impact of waste exchanges on the sustainability of industrial systems. Elsevier. *Ecological engineering*. 37: 206-216.

Zhang X, Deng S, Wu J, Jiang W. 2010. A sustainability analysis of a municipal sewage treatment ecosystem based on emergy. Elsevier. *Ecological engineering*. 36: 685-696.